

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

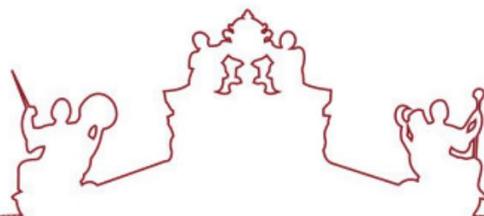
Estudo da característica físico-químicas do musculo peitoral maior  
em frango do campo vs. industrial

Marta dos Santos

**Orientador(es)** | José Alberto Feijão Macedo Neves

Évora 2020





Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

Estudo da característica físico-químicas do musculo peitoral maior  
em frango do campo vs. industrial

Marta dos Santos

**Orientador(es)** | José Alberto Feijão Macedo Neves

Évora 2020





A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Fernando Paulo de Sousa e Sá Correia Marques (Universidade de Évora)

Vogais | José Alberto Feijão Macedo Neves (Universidade de Évora) (Orientador)  
José Manuel Mota Ruivo Martins (Universidade de Évora) (Arguente)

## **Dedicatório**

*À minha Terra amada Timor-Leste, através de Ministério Ensino Superior, Ciência e Cultura, pela oportunidade de conseguir mais esta vitória*

*Em especial aos meus pais, Daniel os Santos e Alda de Jesus e aos meus irmãos,*

*Ao meu namorado, Otavio Hornay, pelo incentivo, Amor, Carinho e companheirismo para que eu conseguisse mais esta conquista vocês foram e são muitos importantes por todas as conquistas obtidas.*

*A vocês dedico.*

## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves pela tão estimada orientação, comprometimento, disponibilidade, ensinamentos, dedicação e paciência que teve ao longo no desenvolvimento deste trabalho, minha eterna gratidão e respeito.

Ao Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins que se dedicou com paciência e tempo me ajuda na parte de análise estatística dos resultados do trabalho.

Ao professor Doutor Fernando Paulo de Sousa e Sá Correia Marques pelo seu auxílio, contribuição e sugestões na escolha de título da dissertação que servem para utilizar no nosso país.

A todo o pessoal, do laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora em Núcleo Mitra, pelo vossa ajuda, trabalho e dedicação, minha gratidão.

Ao governo de Timor-Leste, em especial aos Ministério do Ensino Superior, Ciência e Cultura (MESCC) e Fundos Desenvolvimento Capital Humano (FDCH) pelos apoios financeiros ao longo do meu estudo.

Aos professores e colegas de mestrado pelo incentivo e amizade demonstrados, em especial aos meus amigos e amigas Timorenses, em especial aos Celso e Abílio que me ajudam ao longo tempo desde início de estudo até terminei o meu estudo.

A toda a minha família, em especial aos meus pais e meus irmãos Joanico dos Santos e Zelito dos Santos pelo amor e apoio que me deram ao longo da minha vida.

Ao meu namorado Otavio Hornay pelo amor e carinho demonstrados ao longo do meu estudo sem sua amor e ajuda com certeza não teria sido possível a obtenção deste grau de Mestrado.

## Índice

Dedicatório .....	i
Agradecimentos.....	ii
Índice .....	iii
Índice de Figuras.....	v
Índice de Quadros .....	vi
Lista de abreviaturas .....	vii
Resumo .....	viii
Abstract.....	ix
1. Introdução .....	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Sistema de produção .....	3
2.1.1. Sistema convencional.....	3
2.1.2. Sistema orgânico (Frango do campo) .....	5
2.2. Qualidade de carne .....	8
2.3. Fatores que influenciam a qualidade da carne .....	9
2.4. Tecido da carne.....	17
2.5. Características físico-químicas da carne .....	18
2.5.1. pH.....	18
2.5.2. Cor.....	20
2.5.3. Capacidade de retenção da água.....	24
2.5.4. Dureza .....	26
2.6. Pigmentos de carne.....	26
2.7. Efeitos dos pigmentantes na carne .....	27
2.7.1. Pigmentantes artificiais na alimentação.....	28
2.7.2. Suplementação dietética de pigmento .....	30
3. Material e Métodos .....	32
3.1. Local e período de realização do estudo.....	32
3.2. Recolha de amostras .....	32

<b>3.3. Procedimento analítico</b> .....	33
<b>3.3.1- Parâmetros físicos</b> .....	33
<b>3.3.2. Parâmetros químicos</b> .....	34
<b>3.4. Análises estatísticas</b> .....	38
<b>4. Resultados e Discussão</b> .....	39
<b>4.1. Parâmetros físicos</b> .....	39
<b>4.2. Parâmetros químicos</b> .....	45
<b>5. Conclusão</b> .....	49
<b>6. Referências Bibliográficas</b> .....	50

## Índice de Figuras

Figura 1- Pavilhão dos frangos industrial em Valverde, Évora, Portugal. ....	3
Figura 2. Produção em convencional/ sistema intensivo.....	4
Figura 3- Produção em sistema orgânico/tradicional. ....	6
Figura 4- variação dos valores pH e L* avaliados na carne de peito de frangos de corte representando a carne PSE, DFD e normal. ....	19
Figura 5 – Interconversões da cor na superfície da carne; 1- oxigenação; 2a e 2b - oxidação, 3 - redução; 4 - carboxilação .....	22
Figura 6- Aspecto visual da cor de pés de frangos de corte submetidos às dietas de sorgo (A), milho (B) e sorgo com a inclusão de carotenoides (C). ....	29
Figura 7- Carcaça de peitoral do frango do campo. ....	32
Figura 8- Carcaça do peitoral do frango industrial .....	32
Figura 9 – Espaço de cor CIELAB .....	33
Figura 10- determinação da CRA. ....	34
Figura 11- Coloração do teor de hidroxiprolina. ....	36
Figura 12- Coloração do teor amostra.....	37
Figura 13- pH de carcaça peitoral do FI e FC. ....	41
Figura 14 – Cor de carcaça peitoral do FI e FC.....	45

## Índice de Quadros

<b>Quadro 1. Caraterísticas tecnológicas e cor de músculo peitoral de frango industrial e do campo .....</b>	<b>39</b>
<b>Quadro 2. Composição química do músculo peitoral maior de frango do campo e industrial .....</b>	<b>46</b>

## Lista de abreviaturas

ATP	Trifosfato de adenosina
CIELab	<i>The Commission Internationale de L'Eclairage</i>
CRA	Capacidade Retenção de Água
CROMA	Cromatocidade
CT	Colagénio Total
CS	Colagénio Solúvel
DFD	<i>Dark, Firm, Dry</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LN	Lípidos Neutros
LP	Lípidos Polares
LT	Lípidos Totais
MDA	Malonaldeído
MUFA	Ácidos gordos monoinsaturados
NP	Norma Portuguesa
pH	Potencial hidrogeniónico
PSE	Pálida, mole e exsudativa ( <i>Pale, Soft, exsudative</i> )
PUFA	Ácidos gordos polinsaturados
SFA	Ácidos gordos saturados
TAG	Triacilglicerol
TBA	Ácido tiobarbitúrico
TBARS	Substância reativa ao ácido tiobarbitúrico
TONO	Tonalidade

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo a avaliação da qualidade físico-química do músculo peitoral maior (*Pectoralis major*) em frango do campo e industrial.

Foram utilizadas 8 amostras: 4 amostras de carne do peito de frango do campo e 4 amostras de carne do peito de frango industrial. As amostras foram compradas em lojas, portanto não defini as origens de raças, tipo sexual, idade e caracterização das linhagens. E normalmente são usadas estirpe de penas brancas na produção de frango industrial e de cor castanha no frango do campo.

Foram avaliados os parâmetros físicos e químicos: cor, pH, capacidade de retenção de água (CRA), humidade, lípidos intramusculares (neutros e polares), colagénio total e solúvel e pigmentos totais. Foi observada maior CRA no frango industrial enquanto que o frango do campo apresentou uma cor mais amarela (maior cromatocidade associada à tonalidade/tono amarelo).

No que respeita às análises químicas, não foram observadas diferenças entre frango do campo e industrial, quanto ao teor de humidade, matéria seca, pigmentos totais, colagénio total e solúvel (em mg/g MS). No entanto o frango industrial registou uma maior solubilidade do colagénio (teor do colagénio solúvel em percentagem do colagénio total) e um teor de colagénio total numericamente maior.

Quanto ao teor de lípidos o frango industrial registou um conteúdo de lípidos neutros 50% superior e ainda um teor de lípidos polares significativamente maior.

A composição química revelou um maior teor de lípidos neutros, polares e teor de colagénio solúvel em percentagem do colagénio total no frango industrial. Esta diferença na composição química sugere maior potencial de qualidade sensorial ao frango industrial (maior suculência associada ao maior teor de lípidos neutros mais de 50%; e menor dureza associada ao maior teor de colagénio solúvel).

**Palavras-chaves:** Qualidade da carne, físico-químicas, músculos, peitoral maior, frango do campo e industrial.

## Abstract

The present study aimed to evaluate the physical-chemical quality of the pectoralis major muscle in free-range chicken and industrial chicken.

Eight samples were used: 4 samples of free-range chicken breast meat and 4 samples of industrial chicken breast meat. The samples were purchased in stores, so we did not define the origins of races, sexual type, age and characterization of the strains. And white feather strains are normally used in the production of industrial and brown colored chicken in the field chicken.

Physical and chemical parameters were evaluated: color, pH, water holding capacity (CRA), humidity, intramuscular lipids (neutral and polar), total and soluble collagen and total pigments. Higher CRA was observed in the industrial chicken while the field chicken showed a more yellow color (greater chromatocity associated with the yellow tone / tone).

With regard to chemical analysis, no differences were observed between free-range chicken and industrial chicken, in terms of moisture content, dry matter, total pigments, total collagen and soluble collagen (in mg / g DM). However, industrial chicken recorded a higher collagen solubility (soluble collagen content as a percentage of total collagen) and a numerically higher total collagen content.

Regarding the lipid content, industrial chicken had a 50% higher level of neutral lipids and a significantly higher polar lipid content.

The chemical composition showed a higher content of neutral, polar lipids and soluble collagen content as a percentage of the total collagen in industrial chicken. This difference in chemical composition suggests a greater potential for sensory quality of industrial chicken (greater juiciness associated with a higher content of neutral lipids over 50%; and less hardness associated with a higher content of soluble collagen).

**Keywords:** Meat quality, physical-chemical, muscles, pectoralis major, free-range and industrial chicken.



## **1. Introdução**

Desde no tempo passado, a procura de carne tem-se demonstrado como uma das principais preocupações alimentares do ser humano. A produção da carne das aves é uma atividade muito importante para a economia portuguesa, assumindo papel de notoriedade na alimentação humana (Amorim, 2013).

De acordo com (Veiga et al. (2009) citado por Amorim (2013) apesar das crises alimentares, que habitualmente interromper o setor avícola (caso dos nitrofuranos e gripe das aves), a importância da aquisição e consumo da carne de aves domésticas, como o frango e o peru, tem vindo a crescer em integridade dos fatores de natureza económica, mas também devido ao seu valor nutricional.

Entretanto, de acordo com FAO (2010) dizendo que a carne de frango é considerada um alimento muito importante na nutrição humana, pois constitui uma fonte importante de proteína animal, de fósforo entre outros minerais e vitaminas do B complexo. Tem um baixo teor de gordura, sendo rica em ácidos gordos mono e polinsaturados e também substâncias com efeitos benéficos para o organismo.

Segundo o DIPOA (Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal) citado por Venturini et al. (2007) a carne de frango é obtida a partir de aves domésticas, possui coloração branca, fornecendo os nutrientes necessários, como proteínas, lípidos, vitaminas e minerais, os quais, variam de acordo com o tipo, idade e condições de higiene do animal.

A cor da carne varia de espécie para espécie e está também, relacionada com a atividade física dos animais. O principal componente que confere coloração à carne é a mioglobina e, portanto, quanto maior o tamanho da atividade dos músculos dos animais, maior o teor de mioglobina, conferindo-lhe uma cor mais escura, que pode ser afetada ainda pela idade, sexo, alimentação e habitat dos animais (Venturini et al., 2007).

Desde 1960, a carne de aves é responsável por cerca 30% do consumo mundial de carne e a média mundial de consumo da carne de frango per capita, quase que quadruplicou, sendo atualmente de 12,41 kg. Nos anos 60, o principal foco das produções avícolas mundialmente, eram as produções de carcaças inteiras. Contudo, as alterações no estilo de vida das pessoas, como o aumento dos problemas de saúde e a procura por produtos mais económicos, forçaram a indústria avícola a evoluir para melhor

corresponder às expectativas do consumidor e a satisfazer as suas necessidades (Chang, 2007).

O motivo de escolha do **Estudo das características físico-químicas do músculo peitoral maior (*Pectoralis major*) em frango do campo vs. Industrial**, está relacionada ao potencial de crescimento e desenvolvimento dessas duas atividades, com a necessidade de aumentar o consumo de proteína animal por parte da população e com o desejado aumento na produção, qualidade de carne de frango para o consumo.

Embora neste caso de estudo tenha sido realizado em Portugal, mas este estudo fornecerá informações complementares ao governo Timor Leste para ajudar a superar os problemas enfrentados pelo consumo de carne do frango industrial e frango do campo para melhorar a qualidade e segurança alimentar, autossuficiência, consumo e bem-estar da população.

O objetivo deste trabalho pretende-se avaliar a característica físico-químicas do músculo peitoral maior em frango do campo vs. Industrial.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Sistema de produção

#### 2.1.1. Sistema convencional

É o sistema utilizando em criação de animal como o frango industrial criado em sistema intensivo. " Os frangos industriais são os resultados de alguns cruzamentos entre raças puras que tem vindo a ser selecionadas pela sua produtividade, surgindo novas linhagens. De acordo com Brito (2017) frango industrial apresentada a carne cor branca, pele fina, pouco tenra e macia".

O segundo Lazia (2012) sistema da criação de frango industrial é um sistema intensivo. Este sistema fornece as condições necessárias para o desenvolvimento das aves, que são criadas em confinamento (Figura 1), durante todo o ciclo de produção, existindo alguns requisitos essenciais a ter em consideração como:

- Lote sempre mantido saudável;
- Cama seja em boas condições, sempre seca e na altura ideal;
- Utilizar sempre material apropriados.



Figura 1- Pavilhão dos frangos industrial em Valverde, Évora, Portugal.

Fonte: Autor próprio em avicultura Valverde, Évora, Portugal.

Para colocar os frangos, tem a ver com a capacidade de pavilhões e os equipamentos como bebedouros, comedouros e ventiladores devem ser suficientes para satisfazer as necessidades ideais da gestão; realiza-se também o controlo de pragas e de doenças periodicamente, bem como, o programa de vacinação. Estas são as medidas que garantem para uma melhor produtividade nesse sistema de criação (Lazia, 2012).

Na criação industrial, o produtor caracteriza-se pelo crescimento acelerado das animais em condições controladas, sendo que grande parte dos produtores nacionais se dedica à produção intensiva de frango industrial (Figura 2). Constitui uma estirpe em que o crescimento é rápido e o abate acontece entre os 28 e os 40 dias de idade, o que, permite aos produtores produzirem cerca de seis criações por ano, ou até um pouco mais de acordo com a procura do mercado (Lopes, 2014).



Figura 2. Produção em convencional/ sistema intensivo

Fonte : <https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/pecuaria/aves/avicultura-brasileira-e-seus-desafios-entram-em-debate-em-sp-620c4lewf6h7z1fjlq10mdv1/>, acesso em dia 21-09-2019.

Este sistema depende fortemente de raças exóticas importadas que exigem input intensivos, como alimentação, instalações, saúde e sistema de gerenciamento moderno. Este sistema caracteriza-se pelo maior nível de produtividade, onde a produção avícola é inteiramente orientada para supermercado demanda da carne dos frangos nas principais cidades.

A existência de melhores práticas de biossegurança é uma forma de minimizar a taxa de mortalidade dos pintos em apenas 5% (Bush, 2006). Esses sistemas são usados

por empresas comerciais de média a grande escala, e também são a nível familiar. As aves são totalmente confinadas em pavilhões ou gaiolas. O gasto de capital é maior e por todos das necessidades dos frangos são totalmente dependentes de seus proprietários; no entanto a produção é maior.

### **2.1.2. Sistema orgânico (Frango do campo)**

É o sistema utilizado em criação de animal como o frango do campo. De acordo com FAO (2010) a criação do frango de campo, geralmente aplica-se em sistema extensivo ou ar livre e semi-intensivo. No sistema extensivo, os frangos têm um crescimento mais lento, comportando, assim, um maior custo de produção. No entanto, essa diferença reflete-se no maior valor acrescentado do produto final, que atinge peculiaridades do consumidor relacionado com as questões de bem-estar e sustentabilidade ambiental no qual os bandos são criados. De facto, em comparação com a produção intensiva, os frangos no sistema extensivo, são abatidos com uma idade consideravelmente superior e vivem em pavilhões com um baixo nível de densidade animal, existindo, em alguns casos, a possibilidade de acesso ao exterior (Lopes, 2014). O frango de campo é criado ao ar livre e acesso em área de pastejo, com baixa densidade. As idades ao abate variam entre 80 – 90 dias (Lima, 2005, citado pelo Faria, 2007).

Considerando que, para alimentar outros setores da atividade pecuária, o desempenho da zootecnia dos frangos e a qualidade dos produtos finais estão intimamente relacionados ao manejo alimentar. Adicionalmente, 60% dos custos totais associados à criação avícola correspondem à alimentação, pelo que esta desempenha ainda um papel económico relevante (FAO, 2012).

O regulamento para a produção de frango do campo, (CE) n.º 543/2008 estabelece critérios relativos ao tipo de alimentação a que os frangos devem ter acesso. Assim, quando os modos de criação impliquem o acesso a parques exteriores, nomeadamente na produção em Semi liberdade e ao ar livre, a fórmula alimentar utilizada deve conter, pelo menos, 70 % de cereais no período de engorda.



Figura 3- Produção em sistema orgânico/tradicional.

Fonte: <https://www.olx.pt/anuncio/frango-do-campo-IDDfdCW.html> acesso em dia 21-09-2019.

Na criação do “frango do campo” os alimentos compostos usados variam com a fase de crescimento, mas é geralmente fornecido em regime *ad libitum* e na forma de granulado. Na fase de crescimento e acabamento, quanto à sua composição nutricional, a proteína total varia entre 16,5% e 19,0% e a energia metabolizável entre 2920 e 3020 kcal. Essa proporção é significativamente menor do que a utilizada em sistemas intensivos, em que a promoção de um crescimento rápido constitui um objetivo primordial (Field, 2004).

As formulações de rações, para criação de aves em regime não intensivas envolvem a consideração de vários parâmetros zootécnicos para além dos regularmente usados na avicultura industrial. Refira-se, por exemplo, as necessidades de otimizar a fórmula de nutrição de acordo com a época do ano. Ao contrário do espaço de produção intensivo, onde as condições ao redor, incluindo a temperatura, são cuidadosamente controladas, como aqueles que ocorrem, por exemplo, no inverno, os "frangos de campo" sentem sempre desconforto térmico comparável às variações sazonais na temperatura ambiente. Isto é principalmente devido à possibilidade de acesso a parques ao ar livre, mas também devido à menor capacidade de isolamento térmico suportada pelo pavilhão.

Nessa condição, os mecanismos de compensação fisiológica das aves, obriga a consumir mais de energia para manter a temperatura corporal. Por sua vez, essas necessidades adicionais de energia, são atendidas por um aumento no consumo de alimentos que, além de fornecer energia, requer o consumo de elementos plásticos, como aminoácidos ou nutrientes importantes, como vitaminas cujas necessidades não aumentam a influência do frio. Desta forma, é necessária uma composição alimentar adequada para que estes elementos não sejam inutilmente desperdiçados, o que comprometeria os índices de conversão alimentar e a rentabilidade económica (Portsmouth, 2000).

A agressividade é os outros aspetos inerentes às variedades de genéticas usadas para a criação do frango de campo. Aquando da inspeção sanitária, de facto, a vivacidade e a excitabilidade, destas aves podem estar associadas à ocorrência de episódios de canibalismo tendo um forte impacto para o crescimento, na homogeneidade do bando e na taxa de mortalidade (Zupan et al., 2003). Estes comportamentos têm normalmente uma origem multifatorial, portanto, ser pilares essencial para a prevenção destes comportamentos agressivos, parecem a seleção de matérias-primas de elevada qualidade, nomeadamente das proteaginosas, o equilíbrio eletrolítico da dieta e o ajuste do teor dietético em fibra e em aminoácidos essenciais como o triptofano (Nielsen et al., 2003).

Um dos principais elementos diferenciais para o tipo de produção da criação do "frango de campo" são o modelo de alojamento e o manejo. De facto, a dimensão de lotes, a densidade vital e as condições de acesso aos parques exteriores devem obedecer aos critérios estabelecidos no Reg. n.º 543/2008, que inclui algumas das regras descritas abaixo. Para otimizar o número e o tipo de equipamentos de criação, bem como as necessidades de mão-de-obra, a maior parte da integração avícola em país Portugal, organizou a sua produção para realizar as fases de cria e de recria em exploração separada, que diferem entre si sobretudo na dimensão, se há de um parque exterior ou não, nos níveis de isolamento térmico e na capacidade dos meios de produção de calor.

Buijs et al. (2009) relatam que a densidade animal é um dos fatores mais importantes de produção com um efeito direto no bem-estar animal e que, portanto, deve ser protegido. Para a criação de frango em sistema extensivo ao ar livre, a densidade de ocupação dentro do pavilhão com ventilação estática deve ser de, no máximo, 25 kg de peso vivo/ m<sup>2</sup>, o que é significativamente inferior ao praticado em regime intensivo (36 kg/m<sup>2</sup>).

Na criação semi-intensivo é mais direcionada para a criação de frango do campo e a sua principal característica é uma mistura de criação em galinheiro com a criação solta, para isso necessita-se de movimentos livres no pastejo. O manejo neste sistema é mais complexo, devido da utilização do programa de vacinação, rações equilibradas e gaiolas para pastejo. Os frangos de campo produzem a carcaça magra e com pouca gordura. E os frangos do campo apresenta a carne mais cor amarelada, tenra, firme e os ovos avermelhados. Esse frango do campo é menos produtivo do que as galinhas brancas de alta linhagem, mas a carne é mais biológica e de melhor qualidade, tornando o preço do produto um pouco mais caro (Brito, 2017).

## **2.2. Qualidade de carne**

Segundo Fung et al. (2001) e Grandin (2001) o conceito de qualidade da carne não apresenta uma definição objetiva, devido à heterogeneidade intrínseca deste produto e ao nível de subjetividade dos atributos que se considera comercialmente é importantes, tornando-se num tema complexo, pois pode variar conforme a área geográfica, classe socioeconómica, cultura do consumidor ou a etapa de desenvolvimento tecnológico deste setor.

De acordo com Bliska (2000) citado por Ganeco (2016) a qualidade de um produto de carne pode ser definida como o conjunto de atributos que satisfazer o consumidor ou até mesmo que superem suas expectativas iniciais. Esse conceito pode, portanto, sofrer variações de acordo com o mercado ao qual o produto se destina. Desta forma, a qualidade do produto de carne tem definição complexa, pois varia com o consumidor e tem variáveis que vão desde sua composição nutricional à facilidade em sua utilização. A perda de qualidade da carne é mais evidenciada em alimentos ricos em proteínas e ácidos gordos como as carnes e seus derivados.

Ganeco (2016) relata que os principais atributos para avaliar em qualidade de carne das aves são aparência, cor, textura, suculência, propriedades funcionais e nutricionais. Normalmente as variações que afetam a qualidade da carne são mais complexas e podem ocorrer em toda a cadeia produtiva. É importante a compreensão de todos os pontos críticos aliados às tecnologias que reduzam os fatores de risco em toda a cadeia produtiva, assim como o investimento na resolução dos problemas críticos, que

poderão levar ao melhor controle e gestão das operações, com conseqüente redução de perdas e produção de carne de melhor qualidade.

A qualidade da carne pode ser avaliada com base em diferentes parâmetros (higiênicos, tecnológicos, nutritivos e sensoriais). Contudo, para os consumidores as qualidades sensoriais são muito importantes, pois são estas que irão influenciar a positividade da sua experiência de consumo, que irá ter repercussões tanto nos preços, como nas futuras decisões de compra (Rodrigues, 2007).

O bem-estar, boas práticas de manejo e o processamento adequado da carne de frango devem ser observados em todos os momentos da produção para se obter a eficiência e garantia da qualidade do produto avícola (Baracho et al., 2006 citado por Ganeco, 2016).

As exigências pela qualidade da carne de frango são cada vez maiores, tanto em relação ao mercado interno como o externo, pois o consumidor está cada vez mais atento aos atributos de qualidade em relação a carne (Ganeco, 2016).

No caso dos frangos do campo criadas com acesso ao ar livre, a influência do ambiente tem se mostrado relevante, como as mudanças de temperatura e fotoperíodo, que podem tornar a produção variável (Fanático et al., 2005 citado por Ganeco, 2016).

### **2.3. Fatores que influenciam a qualidade da carne**

Os fatores principais que afetam a qualidade de carne podem ser controlados em diferentes etapas de produção e podem ser intrínsecos como a idade, sexo, genética, estado fisiológico e dietas ou extrínsecos como, condições sanitárias e ambientais, técnicas de alimentação, manejo, transporte, pré-abate, abate, pós-morte e processamento de carne (Sañudo et al., 1998; Qiao et al., 2002; Heyer, 2004 e Salinas, 2004).

Os fatores que podem determinar a qualidade estão relacionados com:

- Características organolépticas como: cor, sabor, odor, dureza e conteúdo em gordura intramuscular;
- Nutrientes como: ácidos gordos, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais;
- Higiênicos como: concentração de microrganismos patogênicos.

- Parâmetros físico-químicos como: valor de pH, capacidade de retenção de água, potencial de oxidação, quantidade de gordura aceitável, entre outros. Desta forma, não são maiores produções de carne, mas, maior qualidade da carne (Rodrigues, 2007).

Segundo Fletcher (2002) os principais atributos que determina da qualidade da carne são aparência, textura, frescor, sabor e propriedades funcionais. No caso de suculência, a quantidade de gordura intramuscular é um dos fatores significativos na medida em que ambas as variáveis estão positivamente relacionadas (Huffman et al., 1996). O pH, cor, resistência ao corte (CR) e as capacidades de retenção da água (CRA) da carne são, os parâmetros objetivos determinados pela instrumentação e influenciam as características sensoriais da carne tais como maciez, frescor, aroma e sabor.

Para avaliar as características organolépticas, são realizados testes subjetivos, como o uso de painéis de degustação (Huallanco, 2004). Sobre as qualidades sensoriais, é uma das combinações entre os sabores, suculência, textura, macia e cor, são os elementos que estão diretamente relacionados à aceitação dos consumidores, cujo grau de satisfação depende de respostas psicológicas e sensoriais inerentes a cada indivíduo, por isso de um modo geral, as aceitações da carne pelos consumidores são motivadas pelas suas de resposta aos sabores, à suculência e à tenrura do produto (Amorim, 2013).

As características organolépticas ímpares do “frango do campo” aparecem principalmente devido a dois fatores zootécnicos: idade ao abate e atividade física. Há mudança clara no sabor que se acompanha de variações ao nível da coloração e firmeza da carne desde a idade de 10 semanas. Melhor vascularização devido a possibilidade de exercício potenciada pela menor densidade e pelo acesso aos parques exteriores ao ar livre contribui para uma textura de músculo mais firme e uma cor mais escura (Briz, 1998).

As carnes que a indústria precisa para usar em produtos processados deve possuir excelentes propriedades funcionais com padrões de qualidade estável que podem garantir o produto final com boa qualidade e lucro (Bressan, 1998). No entanto, segundo Dirinck et al. (1996), para a indústria de carnes, um dos maiores desafios é oferecer os produtos que são maciez e frescos, com cores e sabor agradável.

Em sistema de criação como sistema extensivo ou semi-intensivo os principais fatores de controle que estão relacionados às características organolépticas da carne de

frangos são vários tais como: a idade de abate, o sexo, as linhagens e a alimentação (Sauveur, 1997; Berri et al., 2001 e Rizzi et al., 2007). Esses aspectos contribuem para as diferenças de textura, sabores, quantidades de gordura da barriga, pH, capacidade de retenção de água e cor. Essa diferença está relacionada devido à maturidade sexual dos frangos, diferente potencial de crescimento e com maior ou menor capacidade de crescimento muscular ou capacidade de engorda (Farmer et al., 1997; Toldrá, 2003; Bihan-Duval, 2004 e Santos et al., 2005).

A textura é um dos critérios de qualidade que muito importantes em todos os tipos de carne, pois no fim está associada à satisfação do consumidor. A textura também considerada como um conjunto de sensações toque, que resulta da interação dos sensoriais com as propriedades físicas e químicas da carne (firmeza, humidade, elasticidade, suculência, mastigação, entre outras) (Amorim, 2013).

Os fatores que afetam a dureza da carne que são: a gordura intramuscular, a estrutura do tecido conjuntivo, o tamanho do feixe muscular, o estado de rigidez e a capacidade de retenção de água (Amorim, 2013).

A textura de carne dependendo do tamanho do feixe de fibras onde os músculos são divididos longitudinalmente pelos septos de tecido conjuntivo que forma o perimísio. O tamanho do feixe depende da quantidade de fibras que contém, como também do diâmetro dessas, de modo geral, a textura tende a aumentar com o avanço da idade do animal (Ordóñez et al., 2005). A textura de carne pode ser influenciada pelos fatores ante morte (idade, sexo, nutrição, exercício, stress de pré-abate, tecido conjuntivo, espessura e comprimentos dos sarcómeros) e pós-morte (estimulações elétricas, *rigor-mortis*, pH final, velocidade de arrefecimento de carcaças, maturação, métodos e temperaturas de cocção) (Ordóñez et al., 2005).

O fator que mais influencia na transformação do músculo em a carne e na sua qualidade é o processo de desenvolvimento do *rigor-mortis*. A maior capacidade de retenção de água está de acordo com maior suculência, maior palatabilidade e percepção sensorial aumentando assim a textura de carne (Huallanco, 2004).

Segundo Fletcher (2002), uma carne muito firme pode dar aos consumidores, a sensação duma carne vem de animais mais velho, quando, no entanto, além dessa possibilidade, a textura pode estar associada com os fatores de stresse.

Uma alimentação rica em concentrados, produz numa carne com alto teor de gordura, mais a sua suculência e tenra. As carcaças com alto de gordura, normalmente são mais maciez por causa de sua proteção contra os efeitos negativos das temperaturas de arrefecimento pós-abate (Bonagurio et al., 2003).

Dentre os métodos objetivos conhecidos para avaliar, a tenrura da carne, a força de cisalhamento é a mais utilizada. Esta metodologia, usa um texturómetro acoplado a uma lâmina *Warner-Blatzler*, que mede a pressão precisa para que a lâmina corte a porção do músculo, que mede a força precisa para cortar um cubo de carne de um centímetro de aresta, quanto maior é a força, a carne é mais dura (Amorim, 2013). Na determinação da textura, existem vários fatores que influenciam como: uniformidade da amostra a analisar, sentido da fibra muscular, quantidade e distribuição do tecido conjuntivo, quantidade de gordura, temperatura da amostra no momento da análise e velocidade da célula *Warner-Blatzler* (Amorim, 2013).

Como refere Serrano (2002) os lípidos são os principais constituintes da dieta, pois além do seu valor energético superior, fornecem ainda, vitaminas lipossolúveis e ácidos gordos essenciais. O teor de gordura no músculo é mais variado, pois é influenciado pela idade e linhagem do animal, pela composição dos alimentos e pelo ambiente (Cobos et al., 1994 e Valsta et al., 2005). De acordo com Cobos et al. (1994) os ácidos gordos encontrados na natureza, são geralmente constituídos por cadeias lineares com números pares de átomos de carbono, podendo a cadeia ser saturada ou insaturada. São caracterizados pelo número de ligações duplas e ainda a posição exata dessas ligações, o que vai afetar a reatividade biológica dos ácidos gordos na molécula. Estes são classificados como saturados (SFA), mono-insaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA).

Os ácidos gordos saturados com cadeias de carbono maiores que o esteárico (C18:0), incrementam o aumento dos graus plasmáticos de colesterol LDL, abrandando a atividade do recetor LDL. O ácido esteárico (C18:0) tem uma função neutra, porque se transforma imediatamente em ácido oleico (C18:1) no organismo (Cobos et al., 1994). Segundo Cobos et al. (1994) o ácido oleico (C18:1) é o mono-insaturado mais abundante em carnes, seguido pelo palmitoleico (C16:1). Os ácidos, linoleico (C18:2), linolénico (C18:3) e araquidónico (C20:4) são os principais poli-insaturados. Os ácidos saturados e mono-insaturados predominam na composição dos triglicerídeos da carne. Os PUFA são

de importância e relevantes para o crescimento e desenvolvimento dos organismos, no metabolismo energético, na reprodução e no sistema imunológico, bem como no desenvolvimento do cérebro e tecido nervoso (Cobos et al., 1994).

Em termos de armazenamento, a gordura presente no músculo define-se por:

- extramuscular;
- Intermuscular;
- Intramuscular.

A extra-muscular designa-se por gordura externa, a intermuscular corresponde à gordura entre os músculos e a intramuscular é a que está no interior do músculo (Da Paz, 2009). Este tipo de gordura (intramuscular) é a última a ser depositada, sendo necessário um maior grau de concentração energética no alimento.

A análise de percentagem de gordura na carne é feita através da análise da gordura intramuscular, também chamado de “marmoreio”. A gordura intramuscular pode afetar a textura, a sua dureza, e a suculência da carne. Contribui também para a formação de aroma e dá tenrura à carne (aumenta com o aumento de gordura), afetando a taxa de secagem da carne, que diminui o aumento da proporção da gordura. As principais fontes de suculência da carne são a humidade e a gordura intramuscular (Amorim, 2013).

Segundo Jahan et al. (2004) e Valsta et al. (2005) a carne do peito dos frangos, tem um baixo teor de gordura devido à sua reduzida necessidade de armazenar energia. Por outro lado, depósitos de gordura subcutânea, na cavidade abdominal e nas coxas são suficientemente acentuados, caracterizando áreas onde a reserva de energia é importante para o isolamento térmico e também para permitir a atividade física de longo tempo. Contudo, a carne de frango, comparada a outros animais, é relativamente abundante em ácidos gordos poli-insaturados.

De acordo com Novelo (2005) os lípidos são macronutrientes, em alimentos, de diferentes compostos (carbono, oxigénio e hidrogénio, alguns possuem fósforo e azoto), que tem diversas funções orgânicas. Por exemplo, reserva de energética em situações de jejum (cada grama dá 9 kcal quando oxidada no organismo), funções hormonais, funções estruturais (fazem parte das membranas celulares), absorção de vitaminas lipossolúveis, aumento do tempo de digestão em seres humanos, entre outros. Os lípidos desempenham

um papel importante na qualidade de alguns produtos alimentares, especialmente em relação às propriedades sensoriais que os tornam desejáveis como (sabores, odor, cor e textura).

A oxidação dos ácidos gordos insaturados é superior a dos PUFA, representando um papel importante na regulação da “vida de prateleira” da carne. A reação com o oxigénio de oxidação é a principal responsável na deterioração causada pela oxidação lipídica. No entanto, este aspeto é importante no sabor desenvolvido durante a cocção (Da Paz, 2009). Como refere Gray et al. (1996) oxidação lipídica, conhecida como rancificação, é o processo principal pelo qual ocorre a perda da qualidade da carne e seus produtos, só superado pela deterioração microbiana. Este é um fator determinante na vida útil do produto, porque produz qualidades sensoriais indesejáveis e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos gordos essenciais (Aguiar 2006, citado por Amorim, 2013), mas também promove a formação de compostos, potencialmente tóxicos, que comprometem a qualidade da carne prejudicando os consumidores.

Como refere Kranner (1994) a oxidação lipídica (além da alteração de odor, aroma e sabores) também está relacionada à oxidação de pigmentos da carne que causam descoloração. A oxidação lipídica promove a modificação da cor de carne por transformação do pigmento oximioglobina, de coloração vermelho brilhante, em meta mioglobina, tornando a carne castanha-acinzentada.

A composição dos fosfolípidos, os conteúdos de ácidos gordos poli-insaturados (PUFA) na carne, e a presença de iões de metais livres são os fatores principais que influenciam a oxidação lipídica (Kranner, 1994).

De acordo com Rule et al. (2002) a composição de ácidos gordos da carne dos animais monogástricos, é refletida pelas composições dos alimentos, porque são ingeridos e passam através do trato gastrointestinal sem sofrer alterações.

Quanto maior o nível de insaturação dos ácidos gordos, os PUFA, maior a suscetibilidade à oxidação lipídica, o que leva à formação primária de hidroperóxidos, que são muito instáveis porque são decompostos em aldeídos, hidrocarbonetos, álcoois, cetonas, ácidos, ésteres entre outros, também influenciando a cor, sabores, textura e valor nutricional, com efeito na qualidade total durante o armazenamento (Jahan et al., 2004).

A maneira para retardar os processos de oxidação, é recorrendo à adição de antioxidantes, ou continuar a embalar o produto em condições de vácuo (Amorim, 2013).

Os produtos principais de oxidação lipídica são principalmente hidroperóxidos, rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). Especialmente carbonilos, sendo o malonaldeído (MDA) o elemento mais importante. O MDA é o produto secundário da oxidação lipídica, sendo um aldeído bifuncional, altamente reativo, capaz de interagir através de ligações cruzadas com o DNA e proteínas, causando alterações cromossômicas e redução da capacidade de síntese proteica. Desta forma a quantidade de MDA é usada como índice de oxidação nos músculos da carne (Amorim, 2013).

O teste das substâncias reativas ao ácido tio barbitúrico (TBARS) quantifica o malonaldeído (MDA). Este teste é chamado de TBARS, porque o MDA é a maior substância reativa, embora outros produtos de oxidação possam reagir com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) (Amorim, 2013). Baseando-se na reação colorimétrica entre malonaldeído (MDA) e o ácido 2tiobarbitúrico (TBA), esse método permite medir o estado de oxidação lipídica dos alimentos, resultam um composto de cor vermelha, medido por espectrofotometria a 532 nm. A quantificação do MDA é feita a partir de curva de calibração construídas com concentrações conhecidas (Amorim, 2013).

A principal fonte de proteína na alimentação humana é a carne (Amorim, 2013).

De acordo com Sañudo et al. (2000) e Baracho et al. (2006), a água, proteína, gordura e minerais são os elementos principais que podem determinar a análise química da carne de frango.

Na carne encontra-se uma percentagem de água de 70%, sendo um dos constituintes principais, que pode ter influência na suculência, cor e sabores. Em cada alimento a água tem um teor característico, dependendo do número, localização e orientação, portanto a água é muito importante no processo vital e afeta intimamente a estrutura, aparência e sabores dos alimentos (Amorim, 2013).

As proteínas, são as principais responsáveis para retenção de humidade na carne, pois contribuem diretamente no rendimento, na estrutura, na qualidade e no aspeto sensorial e nutricional. Quando a humidade se perde, compromete a qualidade da carne, proporciona uma textura dura, seca e fibrosa, bem como predisposição a rancificação e

outras alterações físico-químicas indesejáveis (Amorim, 2013). As proteínas derivadas de tecidos animais são consideradas de alto valor biológico, porque contêm todos os aminoácidos essenciais e quantidade equivalente às necessidades do corpo humano. A proteína pode ser classificada de acordo com a sua solubilidade como, a proteína solúvel em água ou em soluções salinas diluídas; a proteína solúvel em solução salina concentrada ou proteína miofibrilar (actina, miosina, tropo miosina, troponina, entre outras) e a proteína não solúvel em solução salina concentrada (colagénio, elastina e reticulina). As proteínas são nutrientes orgânicos azotados, necessários para o crescimento, reprodução e produção (Amorim, 2013).

As principais proteínas estruturais no tecido conjuntivo são a elastina seguida do colagénio. Estas proteínas não são solúveis em solução salina concentrada e estão presentes na carne entre 2 a 3 % da sua composição total. Os teores de colagénio das carnes são obtidos pela quantidade detetada de hidroxiprolina, aminoácido presente quase exclusivamente no colagénio (Amorim, 2013).

As cinzas (resíduos inorgânicos) produzidas da queima da matéria orgânica, possuem como os principais constituintes: potássio, sódio, cálcio e magnésio, além de pequenas quantidades de alumínio, ferro, cobre e zinco. Durante a queima da matéria orgânica, devido à volatilização ou interação entre os constituintes do alimento durante a incineração, alguns minerais que estavam originalmente no alimento não serão encontrados na própria cinza (Amorim, 2013).

Geralmente, a carne magra contém 75% de água, 21-22% de proteína, 1-2% de gordura, 1% de substância mineral. Esses valores podem variar com o estado de engorda do animal, resultando numa diminuição da percentagem de proteína e água e um aumento do teor de gordura na carne, porque o teor de gordura é inversamente proporcional à de água. Quando se obtém maiores pesos de animais para abate, há uma tendência para aumento do conteúdo de gordura e redução do teor de água na carne (Amorim, 2013).

Quando a dimensão do peso corporal aumenta, todos os elementos químicos do corpo aumentam em valor absoluto, mas, em valor relativo não são iguais, porque a percentagem de proteína e cinza permanece relativamente constante, com um aumento de gordura, enquanto a água diminui (Amorim, 2013).

## 2.4. Tecido da carne

De acordo com Teichmann (2000) citado por Grácia (2011) a carne é definida como a musculatura dos animais utilizados para a alimentação humana, composta de cinco tipos básicos de tecidos: muscular, epitelial, adiposo, nervoso e conjuntivo, sendo que os músculos são os principais componentes.

O tecido muscular é composto de células que possuem a propriedade da contractilidade desenvolvida ao mais elevado nível, sendo mesmo exclusiva. As células que dão origem ao tecido muscular são longas, designadas mioblastos, contêm filamentos citoplasmáticos e estão relativamente juntas. O tecido muscular está relacionado a uma enorme gama de processos do corpo humano, nomeadamente funções essenciais como a respiração, a contração do coração, movimentos viscerais, movimentos físicos dos membros, entre outros (Évora, 2012).

O tecido conjuntivo é composto de células e de uma matriz composta por fibras e outros elementos não celulares, ao qual se dá o nome de substância intercelular amorfa. O tecido conjuntivo pode ser classificado em tecido conjuntivo propriamente dito ou em tecido conjuntivo especializado (Évora, 2012).

O tecido epitelial ou epitélio é o tecido que cobre a superfície do corpo, reveste cavidades ou canais e toma parte da formação de glândulas. É constituído por células mais ou menos poliédricas cujas membranas estão em contacto íntimo; isto é, sem que haja aparentemente algum tipo de substância intersticial ou fundamental entre elas. O tecido epitelial pode ser subdividido em tecido epitelial de revestimento e tecido epitelial glandular (Évora, 2012).

O tecido nervoso apresenta dois componentes principais: os neurónios, células geralmente com longos prolongamentos e vários tipos de células da glia ou neurógliã, que sustentam os neurónios e participam noutras funções importantes (Carneiro et al., 2004).

O tecido adiposo é considerado o principal reservatório de energia do organismo. Os adipócitos são as únicas células especializadas no armazenamento de lípidos na forma de triacilgliceróis (TAG) em seu citoplasma, sem que sua integridade funcional seja prejudicada (Carneiro et al., 2004).

## 2.5. Características físico-químicas da carne

### 2.5.1. pH

Os músculos vivos têm um valor de pH de 7,2. Após o abate, o músculo continua com processos bioquímicos e através da ação de várias enzimas, o glicogénio do músculo é convertido em ácido láctico. O pH da carne de frango é reduzido devido à formação desse ácido, onde a carne do peito deve ter um pH final entre 5,7 e 5,9 (Venturini et al., 2007).

Após 24 horas, se o pH for maior que 6,2, a carne de frango terá grande retenção de água, obtendo uma cor escura, o que implica um menor tempo de conservação, o que caracteriza a carne DFD (escura, firme e seca). Caso o pH seja menor de 5,8, em menos de 4 horas, é caracterizada por má retenção de água, para além do seu aspeto pálido e macio, o que caracteriza a carne PSE (pálida, mole e exsudativa) (Venturini et al., 2007).

Entretanto segundo Lourenço (2009) a medição do pH é muito necessária porque tem impacto na transformação tecnológica, a glicólise muscular intensa antes ou depois do abate resultará em carne com má qualidade, com pH elevado (acima de 6,0) em DFD difícil preservar e processar tecnologicamente.

Como refere Lourenço (2009) citado por Amorim (2013) quando existe uma queda repentina do pH, em altas temperaturas (antes que a carcaça possa ser refrigerada), obtendo-se valores iguais ou abaixo de 5,8 a 45 minutos depois de abate o animal, com oscilação entre 5,3 e 5,4 origina carne PSE (*pale, soft, exsudative*), pálida, macia e exsudativa, de menor capacidade de retenção de água e de baixo rendimento tecnológico.

Segundo Wiegand (2007) as carnes com alto pH final (carne DFD) apresentam pouca exsudação, dando uma coloração escura, levando à rejeição por parte dos consumidores sendo associada com carne de animais velhos e com muito dureza. Pelo contrário, a palidez está associada à desnaturação proteica causada pelo decréscimo do pH e pela alta temperatura da carcaça (carne PSE). Com o decréscimo do pH, a desnaturação proteica e a expulsão da água, aumentam a interação entre as proteínas e consequentemente aumenta o nível de exsudação, com menos luz transmitida pela fibra e mais luz sendo dispersa (Muchenje et al., 2009) (Figura 4).

PSE	Normal	DFD
		
pH = 5,87 ± 0,09 L* = 57,54 ± 4,20 Razão a*/b* = 0,28 ± 0,12	pH = 5,95 ± 0,11 L* = 49,11 ± 1,96 Razão a*/b* = 0,58 ± 0,17	pH = 6,10 ± 0,12 L* = 43,74 ± 1,03 Razão a*/b* = 0,67 ± 0,14

Figura 4- variação dos valores pH e L\* avaliados na carne de peito de frangos de corte representando a carne PSE, DFD e normal.

Fonte : <http://mshoje.com/noticias/19162-inspecao-sanitaria-alcanca-87-da-carne-de-frango-produzida-no-brasil>.

O pH constitui um dos principais fatores que afetam a qualidade da carne e está relacionada aos processos bioquímicos de transformação muscular na carne (Amorim 2013), pois, a evolução pós-morte e os valores finais afetarão, as características organolépticas da carne.

O tecido muscular in vivo tem um pH próximo da neutralidade (cerca de 7,2). Quando o animal é abatido, o transporte sanguíneo de oxigênio e nutrientes para os músculos cessa, o que leva ao uso das reservas da energia para sintetizar ATP, com o fim de manter a temperatura e a integridade estrutural. Quando os níveis de ATP minimizar forma-se fosfato inorgânico, que por sua vez estimula a degradação de glicogênio em ácido lático pela glicólise anaeróbia. A formação de ácido lático e de outros ácidos orgânicos causará uma diminuição do pH muscular que continua a diminuir até que terminem as reservas de glicogênio ou até que ocorra a inativação das enzimas que controlam o metabolismo celular (Lawrie, 1998).

Segundo Rodrigues (2007) a presença do alto valor de pH ou declínio rápida do mesmo são condições que modificam em grande medida a cor da carne. Quando se verifica um declínio muito rápido de valor do pH, nos primeiros momentos após o abate, provoca uma grande desnaturação proteica que produzirá um tipo de carne com grande exsudação de água, uma coloração muito clara e uma textura muito macia.

Como referem Huff-Lonergan e Lonergan (2005) o valor final do pH (determinado 24 horas após o abate), assim como a velocidade da diminuição do pH durante a transformação muscular na carne, modificam quer as características sensoriais quer as características tecnológicas da carne. O pH muscular pode ser influenciado por fatores intrínsecos aos animais (tipo muscular, espécie, linhagem, idade e sexo) e extrínsecos (condições climáticas, alimentação, tempo de jejum, stresse, estimulação elétrica e refrigeração) (Brossi, 2007).

No período pós-morte, a diminuição do pH pode afetar a cor, CRA, maciez, sabor, aroma, conservação da carne, entre outros. O pH também tem consequências para o aroma e sabor da carne, quando alto provoca um aumento da produção de compostos da proveniente oxidação lipídica, o que promove o aroma e sabor desagradável da carne cozida (Young e Braggins, 1993; Priolo et al. 2001, citados por Amorim, 2013) e compostos sulfurados aromáticos durante a cocção da carne (Silva et al., 2007, citados por Amorim, 2013).

Quando as condições do bem-estar animal (ante- morte) estão bem controladas, o pH após o abate de animal, diminui de aproximadamente 7 fixando-se em 5,5 para 5,8 no final (Bonagurio et al., 2003; Sobrinho et al., 2005). O valor de pH final em carne normal de peito do frango, geralmente encontra-se entre 5,75 e 5,96 (Castellini et al., 2002; Qiao et al., 2002).

Segundo Teixeira et al., (2009), a determinação do valor do pH é importante e decisiva, deve ser acompanhada com caracterização física e química, a fim de obter produtos de qualidade para responder à crescente procura por parte dos consumidores.

### **2.5.2. Cor**

De acordo com Fletcher (1999), a cor é um dos fatores mais importante na percepção do consumidor sobre a qualidade da carne pois é uma característica que influencia a escolha inicial dos produtos pelos consumidores e a aceitação no momento do consumo.

Segundo Olivo et al. (2001), a cor observada na superfície da carne é o resultado da absorção seletiva de luz pela mioglobina e outros componentes importantes, como fibras musculares e proteínas, e é também influenciada pela quantidade de líquido livre

presente na carne. A mioglobina é uma proteína complexa, semelhante em função ao pigmento sanguíneo, a hemoglobina, na medida em que ambas se ligam ao oxigênio, o que é necessário para a atividade metabólica de um animal. Embora suas funções sejam semelhantes, seus papéis são diferentes: a hemoglobina atua como um transportador de oxigênio na corrente sanguínea, enquanto a mioglobina é essencialmente um mecanismo de armazenamento de oxigênio no músculo (carne). A cor da carne de várias espécies, como carne de aves, suína e bovina, geralmente difere em vermelhidão, e uma das causas dessa diferença é a quantidade de mioglobina (Olivo et al., 2001).

Os parâmetros que são usados na avaliação da cor de carne utilizados baseiam-se no sistema colorimétrico denominado CIELab (Commission Internationale de L'Eclairage, em 1976) e sua escala de cores (luminosidade, representada por L\*, conteúdo vermelho, representado por a\* e conteúdo amarelo, representado por b\*).

Quando os consumidores escolhem qual a carne para comprar, a cor da carne do frango *in natura* é uma das características que afetam a compra. A cor da carne está relacionada à fibra muscular, pigmento da mioglobina e da hemoglobina presente no sangue. Ambas as substâncias são proteínas que se encontram ligadas ao ferro e reagem com o oxigênio, alterando a cor da carne (Olivo et al., 2001).

Segundo Hedrick et al. (1994) as quantidades de mioglobina variam com a espécie, sexo, idade, localização anatômica dos músculos e atividades físicas, por exemplo. Em animais em que a sangria foi realizada corretamente, os níveis de mioglobina constituem 80 a 90% dos pigmentos totais. A cor da carne do frango varia da tonalidade cinza a vermelho pálido.

A cor da carne também é um dos fatores mais importantes que podem determinar o valor do produto no momento da sua comercialização e depende da concentração de pigmentos da carne (especialmente mioglobina), do estado químico da mioglobina na superfície, da estrutura e do estado físico das proteínas musculares e da proporção de infiltração de gordura (Alberti, 2000).

Os fatores que afetam a cor da carne são: enzimas, a dieta, idade dos animais e também os eventos de ante morte (Mancini e Hunt, 2005; Muchenje et al., 2009). E além disso, há mais fatores que também pode afetar a cor da carne, tais como: conteúdo em mioglobina (intrínseco aos músculos, dependendo do tipo de músculos, raça, sexo e o

estado nutritivo dos animais), período pré-abate, abate e operações subsequentes que alteram a cor do músculo, afetando assim os valores de pH e a temperatura decrescente) (Honikel, 1998). E além disso, a duração do armazenamento, a distribuição e exposição, o processo de oxigenação e oxidação influenciam também a cor da carne.

A figura 5 apresenta a interconversão dos vários estados da mioglobina na superfície de carne. A mioglobina é o principal pigmento da carne sendo esta uma proteína composta por 153 aminoácidos, que contém no meio o grupo prostético *heme*. O estado químico da mioglobina depende da valência do íon de ferro localizado no grupo *heme*. O grupo *heme* contém um íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ) que possui a capacidade de ligação reversível com  $O_2$ ,  $CO_2$  e  $NO$  (Ostermann et al., 2000).

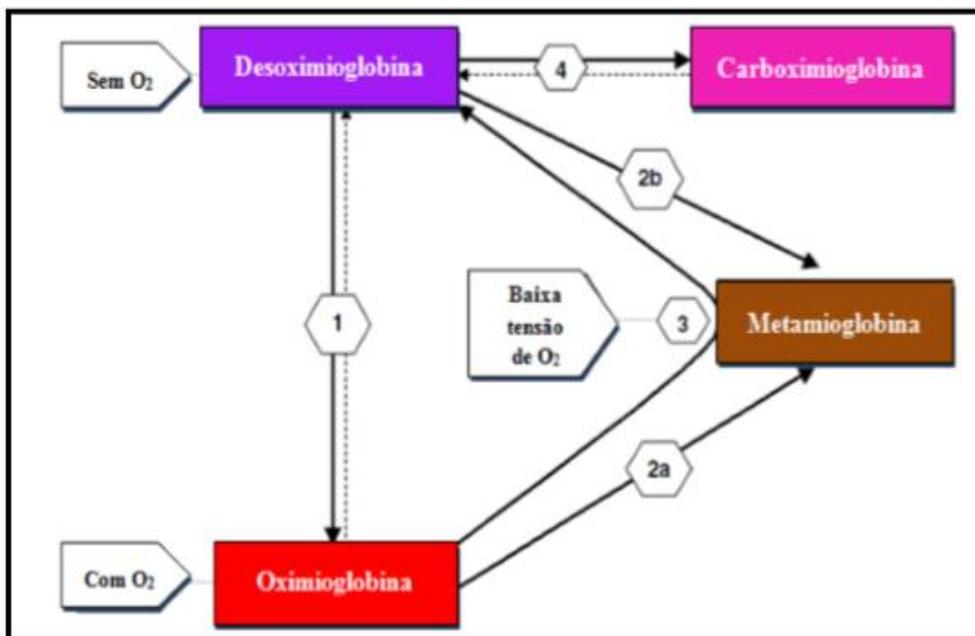


Figura 5 – Interconversões da cor na superfície da carne; 1- oxigenação; 2a e 2b - oxidação, 3 - redução; 4 - carboxilação (Mancine e Hunt, 2005).

No músculo o ferro na mioglobina é encontrado na forma de íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ), e nessa forma encontrada na carne fresca. Na presença de oxigênio o íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ) do grupo heme, liga-se ao oxigênio atmosférico (oxigenação), formando a oximioglobina que possui coloração vermelho brilhante, desejável e atrativa do ponto de vista dos consumidores, que é observada na parte exterior da carne. Quando há falta de oxigênio, a mioglobina muda para desoximioglobina, que possui uma cor roxo púrpura que é mais

forte e mais escura que a oximioglobina. Essas duas reações são trocadas dependendo da pressão de oxigênio e, na prática, da superfície de contato da carne com o ar (Amorim, 2013).

Segundo Mancini e Hunt (2005) a oxidação do ião ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) à forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e a sua ligação com uma molécula de água, que ocorre naturalmente durante o armazenamento da carne fresca na presença de oxigênio, produzem a formação da meta mioglobina, que tem coloração acastanhada, indesejável na perspectiva do consumidor. No caso da exposição prolongada à luz e ao oxigênio, a redução da forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ) para ião ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) não será possível (Amorim, 2013).

A cor da carne pode ser avaliada em diferentes maneiras: por um métodos laboratoriais que avaliam a cor por meio da determinação da concentração de mioglobina por técnicas de espectrofotometria, sabendo que a uma alta concentração de pigmento corresponde um vermelho mais forte na carne; com método mais utilizado para avaliação da cor que recorre a colorímetros, é possível caracterizar a cor com base em parâmetros objetivos que podem ser determinados em diversos sistemas, sendo o sistema proposto pela *Comition International de L'Eclairage* (CIE) muito utilizado. Segundo Alberti et al. (2005), a CIE, define a cor percebida, como o atributo visual que se compõe de uma combinação de conteúdos cromáticos e acromáticos. A cor de um produto resulta da capacidade de reflexão das diferentes radiações do espectro visível (Amorim, 2013).

Os atributos são: - Luminosidade (lightness –  $L^*$ ): representam a luminosidade do estímulo que é valorizada em relação à luminosidade de outro estímulo que aparece como branco ou transparente. As variações de  $L^*$  que varia de 0 (preto) a 100 (branco). Esses atributos estão relacionados com avaliação visual do consumidor (Amorim, 2013).

- Tom ( $H^*$ ): representa o atributo da sensação visual segundo a qual a estimulação aparece iguais a uma das cores sentidas como: vermelho, amarelo, verde ou azul ou uma certa proporção de ambas. Em termos de carne, o tom é determinará o estado químico da mioglobina. O tom fica definido pela relação entre o índice de amarelo-azul ( $b^*$  que se for superior a 0 nos dá o amarelo e  $b^*$  se for inferior a 0 nos dá o azul) e vermelho-verde ( $a^*$  que se for superior a 0 nos dá o vermelho e  $a^*$  se for inferior a 0 nos dá o verde). O tom relacionado com fatores pós-morte e variam de 0 a 360 graus (Amorim, 2013).

- Cromo (C\*): consiste em uma cor do estímulo que é considerada em proporcional à luminosidade de outro estímulo que aparece como branco ou transparente, dando as sensações de cores vivas ou apagadas. Isso está relacionada com fatores ante morte (como linhagem, raça, sexo, quantidade de mioglobina, entre outros) a qual determina a saturação da cor. O valor de croma varia de 0 a 200 (Amorim, 2013).

As medições de cor podem ser feitas de várias maneiras. Uma das maneiras mais usados é o uso de um colorímetro para determinar a medida dos parâmetros da escala de referência CIELAB - L\*, a\* e b\*, os quais determinam as cores numa escala tridimensional usando três parâmetros tais como: luminosidade (L\*), índice de vermelho (a\*) e índice de amarelo (b\*) (Amorim, 2013).

### **2.5.3. Capacidade de retenção da água**

A capacidade de retenção de água (CRA) é um termo originalmente usado para descrever a capacidade dos musculares e dos produtos cárneos manterem a água presa a ele (Fennema, 1990). A água nos músculos é amplamente mantida intracelularmente e também entre miofibrilas (Offer & Knight, 1988). A CRA é também, uma das propriedades funcionais mais importantes da carne (Anadón, 2002), pois afeta a sua aparência, sua delicadeza e está diretamente relacionada à perda de água antes e durante a cocção (Bressan, 1998).

A CRA é a capacidade da carne para reter a água durante o aquecimento, corte, moagem (trituração), prensagem. A capacidade de retenção de água do tecido musculares tem um efeito direto durante o armazenamento. Quando o tecido tem fraca capacidade de retenção de água, a perda de humidade e conseqüentemente o peso durante o armazenamento torna-se grande. A capacidade de retenção de água afeta diretamente a qualidade da carne, pois afeta algumas características importantes necessárias para a carne de frango (Venturini et al., 2007). A CRA é pode ser entendida como sendo a capacidade que a carne reter toda ou parte da sua própria água ou, às vezes, a água é adicionada durante a tecnologia de processamento (Ordóñez et al., 2005). Portanto, essa é a capacidade de manter o teor de água, mesmo quando o uso de forças externas, como corte, moagem, prensagem, cozimento, entre outras coisas, tem considerável importância, pois que interfere no seu processamento e armazenamento.

A capacidade de retenção de água (CRA) é também um parâmetro importante pois pode afetar a aceitação da carne, já que pode afetar seu valor nutricional, pois no exsudado libertado está presente proteína solúvel, vitaminas e minerais. A quantidade de exsudação irá afetar a cor, textura e firmeza da carne crua e sabores, cheiro e suculência da carne cozida, que é proporcionalmente menor, a CRA mais superior (Ordóñez et al., 2005). De acordo com Brossi (2007), isso pode ser determinado pela metodologia usando a força de gravidade (perda por gotejamento, PPG - Drip Loss), aplicação de força (pressão de papel filtro ou centrifugação - CRAc) e por tratamento térmico (perda de peso por cocção, PPC - Cooking Loss). Segundo Silva et al. (2007), citado por Amorim (2013) a redução da CRA de carne durante a cocção (até temperaturas cerca de 75°C), deve-se à desnaturação proteica, resultando em alterações estruturais como a destruição de membranas celulares. A estrutura muscular consiste em inúmeros compartimentos que retêm a água, como o espaço intermiofibrilar, extramiofibrilar, extracelular e entre os feixes musculares (Huff-Lonergan e Lonergan, 2005). Nos músculos, a água fortemente ligada encontra-se em pequena quantidade, correspondendo a menos de 10% da água total, porque é muito resistente às forças físicas extremas, sendo esta fração aquosa difícil de ser removida e afeta as temperaturas de congelamento ou aquecimento.

Segundo Zeola et al. (2002), a CRA é um parâmetro indicador da qualidade de carne, traduzindo a sensação de frescura pelos consumidores no momento da mastigação e quanto diminui afeta o valor nutritivo através de exsudado libertados, resultando em carne mais seca e com menos maciez. E também uma vez que a quantidade de água que existe na carne pode influenciar o seu valor comercial além de estar diretamente relacionada às propriedades sensoriais de suculência, textura e sabor. A suculência e maciez estão firmemente relacionadas, quanto mais macia a carne, mais rapidamente se libertam os sucos pela mastigação e a quantidade dos mesmos é maior para a carne macia.

Os fatores que podem influenciar a CRA são: as espécies de animais, idade e função do músculo, além do pH. O pH é um dos fatores principais que influencia a CRA, com capacidade de retenção mínima no ponto isoelétrico das proteínas de carne (pH 5,0-5,5). Lawrie (2005), define como ponto crítico o pH 5,5, que seria o ponto isoelétrico das principais proteínas dos músculos, significando assim, que a perda de água é consequência inevitável da morte do animal e a magnitude da queda do pH pós-morte irá, portanto, afetar a CRA, e maior o pH final, menor a perda de água.

Em geral a nível industrial o manuseamento de carne com baixa CRA causa grandes perdas quantitativas e qualitativas, tornando-a indesejável para a comercialização. A exsudação de líquidos produz uma preocupação comercial, porque isso está relacionado com perda económica (Amorim, 2013).

#### **2.5.4. Dureza**

Um dos critérios de qualidade mais importantes em qualquer tipo de carne é a maciez, pois está associada à satisfação final do consumidor. Isto são parâmetros sensoriais que possuem como atributos principais, maciez, coesão, viscosidade e elasticidade, e como secundários, gomosidade, mastigação e suculência (Duarte et al, 2010).

Os dois fatores que afetam a maciez da carne de frango são:

- A maturidade do tecido conjuntivo que é uma função da ligação química cruzada do colagénio no músculo;

- O estado contrátil das proteínas miofibrilares, juntamente com o stresse ambiental, idade das aves, taxa de desenvolvimento do *rigor mortis* e taxa de arrefecimento, considerando que depende da taxa e gravidade do desenvolvimento do *rigor mortis* (Mir et al., 2017).

A textura e o nível de firmeza da carne são uma função da quantidade de água que reter intramuscular. A água que está fortemente ligada com as proteínas musculares tem um efeito inchaço nas proteínas musculares, ocupando os espaços entre as miofibrilas e dando uma estrutura da carne mais firme (Anadon, 2002).

#### **2.6. Pigmentos de carne**

A pigmentação é um fator importante na aceitação do consumidor e na qualidade percebida dos frangos de corte em muitos países (Castañeda et al., 2005 e Ouart et al., 1988). Segundo Fletcher (1999), a preferência do consumidor pela cor da pele dos frangos de corte varia em diferentes partes do mundo e são geralmente baseadas em suprimentos históricos e regionais. Por exemplo, enquanto no norte da Itália os consumidores preferem frangos de pele amarela, pois nesta região é cultivado maioritariamente o milho (*Zea mays L.*), rico em pigmentos amarelos, no sul da Itália é

cultivado o trigo com falta de pigmentos e os consumidores desta região preferem frangos brancos ou de pele clara.

Segundo Bilgili et al., (1998); Fletcher (1989, 2002); Petracci e Fletcher (2002) as principais linhagens de frangos modernos criados em todo o mundo exibem a capacidade de depositar pigmentos na pele; embora outros fatores possam desempenhar um papel na pigmentação da pele dos frangos, a pigmentação da pele é influenciada pela genética, bem como pela quantidade e tipo de pigmentos da dieta, estado de saúde das aves, sexo e processamento.

Maioritariamente para os consumidores que preferem o frango do campo, a indústria de rações normalmente adiciona pigmentos aos ingredientes usados na produção de frangos industrial respondendo à procura dos consumidores. Devido aos diferentes fatores que influenciam a cor da pele, as carcaças dos frangos caracterizam-se por grandes variações de cor, mas, por outro lado, os consumidores tendem a avaliar de maneira positiva produtos uniformes e negativamente, ou com defeito, produtos não homogêneos. Por esse motivo, os retalhistas solicitam lotes de aves com uma pigmentação uniforme da pele Bilgili et al., (1998); Fletcher (1989, 2002); Petracci e Fletcher (2002).

Na verdade, embora uma quantidade crescente de frangos seja vendida como produtos crus sem pele ou produtos processados, uma grande quantidade de aves ainda é vendida como carcaça inteira ou partes da pele com respeito principalmente a coxas e baquetas. Recentemente, Bianchi et al. (2007) também provam que quanto mais amarela é a cor da pele, mais amarela é a cor da carne crua do peito.

## **2.7. Efeitos dos pigmentantes na carne**

As aves que saudáveis ingerem pigmentos provenientes da sua dieta base, que são transportados no sangue e depositados nos tecidos adiposos subcutâneos e na pele. Este processo é prejudicado em aves afligidas por doenças, especialmente infecções intestinais e infestações parasitárias (Tyczkowski et al., 1991).

Pigmento laranja-II é uma substância orgânica que tem sido usada em todo o mundo como um corante laranja em tintas, papel, tintas e plásticos. O pigmento laranja-II não é produzido naturalmente no meio ambiente e existe como uma partícula sólida, que não é solúvel em água e não é volátil. Além disso, este pigmento acumula-se,

provavelmente, em tecidos com alto conteúdo lipídico devido à solubilidade de análogos conhecidos. Na China, o uso de pigmentos mudou gradualmente de corantes naturais para sintéticos. Isso levou certos comerciantes e produtores de aves irresponsáveis a comprarem corantes proibidos nos mercados locais a baixo custo e misturarem o corante com dietas de frangos de corte para melhorar a cor amarela da pele das aves. No entanto, vários estudos sugerem que o laranja II é um carcinogéneo humano suspeito (Stylidi et al., 2003) e, portanto, os corantes sintéticos não autorizados adicionados às dietas de frangos de corte seriam inaceitáveis a qualquer nível.

As pigmentações das carnes de frangos são fortemente influenciadas pelas presenças de carotenoides na alimentação, conhecidos como xantofilas, que contribuem para a pigmentação (Pérez-Vendrell et al., 2001).

A canta-xantina apresentou melhores graus de pigmentação em diferentes partes do frango. Este estudo também sugere que os pigmentos sintéticos autorizados são absorvidos melhor do que os pigmentos naturais. Além disso, os resultados histológicos indicam que a inclusão de laranja-II nas dietas de frangos de corte causa deterioração na qualidade da carne. Portanto, o uso frequente de pigmentos sintéticos não autorizados deve ser evitado em dietas de aves e, em vez disso, devem ser usados pigmentos antioxidantes de alta qualidade. No entanto, o desempenho de frangos de corte pode ser afetado por pigmentos naturais e sintéticos presentes em dietas de frangos de corte em altas concentrações (ou seja, > 300 mg / kg). São necessárias mais pesquisas para determinar com precisão os efeitos de pigmentos sintéticos não autorizados em carne de frango, pele e ração (Tunio et al., 2013).

### **2.7.1. Pigmentantes artificiais na alimentação**

Segundo Harder et al. (2007), o urucum é amplamente usado como pigmento para a indústria avícola. A importância do urucum deve-se principalmente às limitações a utilizar corantes artificiais em alimentos, levando a indústria alimentícia a optar pela exploração de corantes naturais, em especial os extraídos da semente de urucum: bixina e norbixina (Tonami, 1995; Franco et al., 2002; Franco et al., 2008).

A integração de urucum na natureza e dos seus resíduos industriais na alimentação dos animais ruminantes e não ruminantes tem sido estudada desde 1955, e

estudos mais recentes de Tonami (1995), Utiyama (2001) e Harder (2005) incorporaram urucum em alimentação de bovinos, suínos e poedeiras, mas apenas Harder (2005) associou o corante urucum com a coloração (gema dos ovos produzidos por poedeiras). Concluiu-se que o urucum atua eficientemente na integração de carotenoides em gema do ovo, fator esse que, segundo Rodrigues e Salay (2001), afeta diretamente a qualidade do produto aos consumidores.

Harder et al., (2010) relatam que, a utilização de urucum na alimentação dos frangos de corte apresentou tendência a aumentar a cor da carne, fato este provado com o acréscimo de 3% do aditivo na nutrição animal, o urucum pode ser utilizado como agente pigmentação para melhorar a coloração da carne dos frangos.

As dietas comerciais de aves típicas à base de milho e soja não fornecem a quantidade e o tipo de xantofilas necessárias para produzir o amarelo e o amarelo alaranjado da pele preferida pelos consumidores (Saha et al., 1999) (Figura 6). Portanto, a fim de alcançar a cor desejada, os produtores de aves e rações, geralmente combinam um carotenoide amarelo na dieta adicionando luteína natural (apo-éster, luteína ou zeaxantina), uma vermelha sintética (canta-xantina) e laranja-II, que é um corante proibido pertencente a uma classe de compostos orgânicos conhecidos como azo-corantes (Mollah et al., 2004).



Figura 6- Aspecto visual da cor de pés de frangos de corte submetidos às dietas de sorgo (A), milho (B) e sorgo com a inclusão de carotenoides (C).

Fonte: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24930/1/TESE%20FERNANDA%20LITZ%20pdf-a.pdf>

### 2.7.2. Suplementação dietética de pigmento

A luteína, um tipo de carotenoide, é uma xantofila encontrada em grandes concentrações nas pétalas de flor da calêndula asteca (*Tagetes erecta*). A luteína tem a capacidade de se acumular na pele e na gordura do frango e por isso, é muito utilizada como pigmento amarelo natural na indústria de frangos de corte (Hadden et al., 1999, Kotake-Nara e Nagao, 2011).

Cuca et al. (1996) relatam que, geralmente no México para alcançar carne de frango com coloração amarela intensa na pele e nas hastes os produtores incluem 80 mg / kg de xantofila em dietas de frangos de corte nas últimas 4 semanas antes do abate.

A canta-xantina aumenta significativamente a escala de pigmentação em frangos quando usada na dieta contendo carotenoides amarelos (Marusich e Bauernfeind, 1981). A pétala de flores de malmequeres (*Tagetes erecta*), que contém até 2.000 mg / kg de carotenoides são as fontes de pigmentos amarelos mais utilizada na dieta (Tyczkowski e Hamilton, 1986).

Tunio et al., (2013) relatam que, a canta-xantina apresentou melhores níveis de pigmentação em diferentes partes dos frangos. O pigmento sintético oficial é absorvido melhor do que o pigmento natural.

O açafrão (*Curcuma longa*), conhecido no Brasil como “açafrão da terra”, apresenta bom potencial para ser usado nas rações animais. Tratam-se de plantas medicinais nativas do subcontinente asiático, conhecidas no mercado internacional como “turmeric” e com interesse econômico devido às características distintivas dos rizomas (Cecilio Filho et al., 2000). Os rizomas maduros desta planta contêm amido, óleos essenciais e pigmentos de coloração, incluindo a curcumina, de cor amarelo alaranjada (Maia et al., 2004). Além de ser usado como corante e condimento, o açafrão apresenta outras substâncias com propriedades antioxidantes (Gowda et al., 2008) e antimicrobianas que podem suportar os desempenhos dos animais (Abd El-Hakim et al., 2009; Namagirilakshmi et al., 2010; Eevuri & Putturu, 2013). É também, uma fonte potencial de proteção contra a coccidiose (Abbas et al., 2010), e, portanto, pode funcionar como um impulsionador do crescimento em alimentação para os frangos de corte.

A utilização de açafrão até 2% em rações para os frangos de corte contendo sorgo aumenta a coloração da coxa sem interferir no desempenho e nas características de

carcaça. Quando a alimentação dos frangos contém 1,5% de açafrão, existe uma boa aceitação por parte destes (Botelho et al., 2017).

A pigmentação carotenoide em aves também está envolvida no metabolismo do crescimento e fertilidade (Scheldt, 1998). Vários carotenoides funcionam como antecessores para a síntese de vitamina A (Surai e Speake, 1998), enquanto outros têm mecanismos de proteção no corpo e atuam como antioxidantes fisiológicos (Burton, 1989), reforçando assim o sistema imunológico (Bendich, 1989; e Blanch, 1999).

Os carotenoides digeridos são absorvidos em diferentes partes do intestino, enquanto a absorção da luteína ocorre no duodeno e no jejuno, enquanto a canta-xantina é absorvida no intestino delgado e transportada para o fígado (Tyczkowski e Hamilton, 1986). Após a absorção, os carotenoides são rapidamente depositados nos tecidos adiposos dos frangos de corte, peito e haste.

A canta-xantina pode melhorar significativamente a escala de pigmentação em frangos quando utilizada em dietas contendo carotenoides amarelos (Marusich e Bauernfeind, 1981). A fonte de pigmentos amarelos mais utilizada é a pétala de flores de malmequeres (*Tagetes erecta*), que contem até 2.000 mg / kg de carotenoides (Tyczkowski e Hamilton, 1986).

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Local e período de realização do estudo

O presente trabalho de pesquisa foi decorreu na Universidade de Évora. As determinações das qualidades da carne do frango foram realizadas no laboratório de Nutrição e Metabolismo na Herdade da Mitra.

#### 3.2. Recolha de amostras

Os estudos foram utilizados 8 amostras que são 4 amostras de carne do peito de frango do campo (Figura 7) e 4 amostras de carne do peito de frango industrial (Figura 8). As amostras foram compradas em lojas, portanto não defini as origens de raças, sexos, idades e caraterização linhagens.



Figura 7- Carcaça de peitoral do frango do campo.

Fonte: Autor próprio.



Figura 8- Carcaça do peitoral do frango industrial

Fonte: Autor próprio.

### 3.3. Procedimentos analíticos

#### 3.3.1- Parâmetros físicos

##### 3.3.1.1. Cor

A cor foi determinada através do sistema CIELAB. Foram obtidos os valores de  $L^*$ , que representa a luminosidade e que varia de 0 (preto) a 100 (branco),  $a^*$ , que se for superior a 0 nos dá o vermelho (+a) e se for inferior nos dá o verde (-a), e o  $b^*$  que se for superior a 0 nos dá o amarelo (+b) e se for inferior nos dá o azul (-b) (figura 9). Através destes parâmetros podemos calcular os seguintes atributos psicométricos: ângulo de tono ( $\arctg b^* / a^*$ ), cromatocidade ( $\sqrt{a^2 + b^2}$ ) e saturação (cromatocidade/ $L^*$ ).

A tonalidade permite-nos tirar conclusões sobre o tom da cor que é perceptível, por exemplo amarelo, verde, etc. A cromatocidade dá-nos a cor de percepção humana. Por fim a saturação indica-nos a intensidade da tonalidade, isto é, da coloração (por ex., vermelho intenso).

Para a determinação foi utilizado um colorímetro Minolta CR-400, com o iluminante D65, sendo realizadas 6 medições na zona interna do músculo, depois deste estar descongelado. Os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram dados pela média aritmética destas medições.

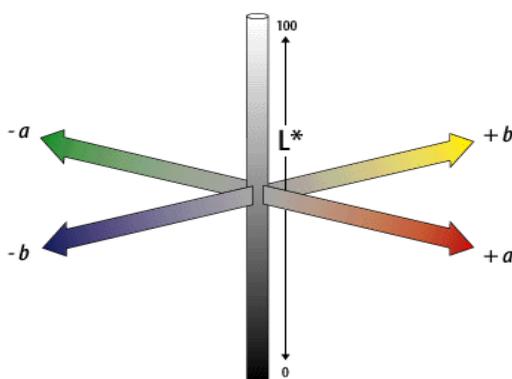


Figura 9 – Espaço de cor CIELAB  
Fonte: Special Chem

### 3.3.1.2. pH

As medições do pH foram feitas diretamente no músculo, após a descongelação e trituração da amostra. Foi feita através de um eletrodo penetrante Ingold, modelo Lot406-M6-DXK-S7 ligado a um potenciômetro, sendo as medições corrigidas para a temperatura da amostra (NP 3441).

O valor do pH foi dado pela média aritmética das medições (8 medições por amostra).

### 3.3.1.3. Capacidade de retenção de água (CRA)



A capacidade de retenção de água foi determinada segundo a técnica de pistometria. De acordo com o procedimento descrito por Goutefongea (1996), 5g de amostra triturada foram colocadas entre dois pedaços de papel de filtro, e sujeitas a uma pressão constante durante 2 minutos, com um pistão (2250g).

Figura 10- determinação da CRA.

O resultado é expresso em percentagem de água perdida pela amostra, sendo obtida pela diferença de peso antes e após a realização do método,  $((\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial} * 100)$ . Foram efetuados dois testes, correspondendo o valor de CRA à respetiva média aritmética.

## 3.3.2. Parâmetros químicos

### 3.3.2.1. Humidade

A humidade foi calculada a partir de uma porção de 10g de amostra triturada que se colocavam num cadinho previamente identificado. A amostra era depois misturada com areia tratada e etanol, sendo de seguida colocada na estufa a  $102 \pm 2$  °C até haver uma estabilização do peso. A primeira pesagem efetuou-se após decorrerem 2 horas e as posteriores após 30 minutos. As operações de secagem, arrefecimento e pesagem foram

efetuadas para duas repetições. Considera-se que o peso é estável, quando a diferença entre pesagens é inferior a 10mg.

O resultado é determinado em função da perda de massa quando submetida à secagem, e pela média aritmética das duas repetições, sendo expresso em percentagem do produto (NP-1614 (1979)).

### **3.3.2.2. Lípidos intramusculares**

Esta análise foi realizada segundo o método de Marmer e Maxwell (1981). Através deste método foram separadas as duas frações lipídicas. A fração neutra, constituída essencialmente por triglicéridos e a fração polar constituída por fosfolípidos.

O enchimento da coluna de vidro (35 mm  $\square$ , com ponta gotejante) efectua-se com lã de vidro no nível inferior, 10g da mistura de celite 545: fosfato bicálcico, na proporção de 9:1 no nível intermédio, e uma mistura de 10g de celite 545 + 5g de sulfato de sódio anidro + 2,5g de amostra liofilizada, no nível superior.

Para fazer a separação das duas frações, utilizaram-se dois solventes com polaridades distintas. Para arrastar a fração neutra (triglicéridos), procedeu-se à eluição com 100ml de diclorometano e para a fração polar (fosfolípidos) com 100ml da mistura de diclorometano: metanol na proporção de 9:1.

Os eluídos das diferentes frações, foram recolhidos para balões de fundo plano de 200ml e levados ao evaporador rotativo para se retirar o solvente, colocando-se de seguida no exsiccador durante 24 horas.

A determinação é feita através da diferença de pesos dos balões antes e após a eluição, sendo o resultado expresso em percentagem de produto.

A fração de lípidos neutros é utilizada para a determinação dos ácidos gordos por cromatografia gasosa.

### 3.3.2.3. Teor em colagénio

#### Colagénio total

Em primeiro lugar procedeu-se à hidrólise ácida, pesando 150mg da amostra liofilizada e triturada para um tubo com rolha (em triplicado), juntando 10ml de HCl 6N. Fecham-se e agitam-se os tubos, incubando 18 horas numa estufa ventilada a 115 °C.

Tiraram-se os tubos e deixaram-se arrefecer à temperatura ambiente, ajustando de seguida com HCl 6 N, se tiver ocorrido evaporação. Juntou-se 100 mg de carbono ativo aos tubos e agitaram-se. Procedeu-se à filtração, após terem repousado 2 min. Em seguida fez-se a diluição de 200 µl do filtrado + 800 µl de água destilada, para tubos de 10 ml, e guardaram-se a 4 °C no máximo 1 mês.

#### Determinação do teor em hidroxiprolina

Preparou-se uma gama de hidroxiprolina:



branco (1 ml de HCl 1,2 N),

tubo 1 (990 µl de HCl 1,2 N + 10 µl de hidroxiprolina),

tubo 2 (980 µl de HCl 1,2 N + 20 µl de hidroxiprolina),

tubo 3 (960 µl de HCl 1,2 N + 40 µl de hidroxiprolina),

tubo 4 (940 µl de HCl 1,2 N + 60 µl de hidroxiprolina), tubo 5 (920 µl de HCl 1,2 N + 80 µl de hidroxiprolina).

Figura 11- Coloração do teor de hidroxiprolina.



Figura 12- Coloração do teor amostra

Em cada tubo da gama e em cada tubo da amostra juntou-se: 1 ml NaOH 1,2 N (agitou-se), 1 ml de Cloramina T (agitou-se e contacto durante 20 min sob a hotte), 1 ml de ácido perclórico (agitou-se e contacto durante 5 min sob a hotte) e 1 ml de pDAB (rolhou-se e agitou-se).

Levaram-se os tubos a incubar durante 20 min, a um banho-maria a 60 °C, e após terem arrefecido sob água corrente, leu-se a densidade óptica a 557 nm.

### **Colagénio solúvel**

Pesaram-se 300 mg de músculo liofilizado (em duplicado para cada amostra) para um tubo de centrífuga de 20 ml com rolha e juntou-se 7 ml de Líquido de Ringer. Rolharam-se os tubos e colocaram-se num agitador rotativo durante 1 hora.

Colocaram-se em seguida num banho-maria durante 1 hora, a 77 °C, agitando frequentemente os tubos.

Procedeu-se à centrifugação a 4000 rpm., durante 30 min à temperatura ambiente. Recuperou-se depois o sobrenadante para tubos de 20 ml. O precipitado de cada tubo foi lavado com 3 ml de Líquido de Ringer e recolocaram-se os tubos na centrífuga durante mais 30 min. Recuperou-se o sobrenadante e juntou-se ao já recolhido.

Depois de agitar, retiraram-se 5 ml para um tubo com rolha e adicionaram-se 5 ml de HCl 12 N, agitando novamente.

Realizou-se a hidrólise ácida e a dosagem de hidroxiprolina, como para o colagénio total.

#### **3.3.2.4. Pigmentos totais**

O conteúdo em pigmentos totais foi determinado pelo método de Hornsey (1956). Neste método, procede-se à separação do grupo heme da globina, de uma amostra de 10g de músculo triturado. Adicionaram-se 40 ml de acetona e 1 ml de ácido clorídrico (12N), agitou-se e deixou-se em repouso durante 1 hora na obscuridade a 4 °C. Seguidamente procedeu-se à filtração com papel de filtro Watman n.º 40, fazendo-se depois a leitura num espectrofotómetro à absorvância de 640 nm. O resultado é expresso em partes por milhão (ppm) de hematina e obtêm-se multiplicando a densidade ótica registada por 680.

#### **3.4. Análises estatísticas**

Os pressupostos necessários para a análise estatística foram verificados através do teste para as variáveis que apresentavam distribuições não normais foram realizadas as transformações necessárias. A análise estatística foi realizada pela comparação das médias através de um teste t-student para amostras independentes, com o software estatístico IBM SPSS Statistics 20, e com o animal como unidade experimental. Os resultados são apresentados como Média ± Erro padrão, e a diferença entre médias foi considerada significativa quando  $P < 0,05$ .

#### 4. Resultados e Discussão

##### 4.1. Parâmetros físicos

No quadro 1 são apresentados os resultados relativos aos parâmetros físicos do músculo peitoral.

**Quadro 1. Características tecnológicas e cor de músculo peitoral de frango industrial e do campo**

	Frango do campo		Frango industrial		Significância
	Média	EP	Média	EP	
<b>pH</b>	5.90	0.05	5.91	0.03	NS
<b>Capacidade de retenção de água (%)</b>	9.0	0.2	11.5	0.8	*
<b>L*</b>	54.3	1.1	50.9	1.0	0.07
<b>a*</b>	2.95	0.54	4.10	0.48	NS
<b>b*</b>	11.7	0.6	5.3	1.1	**
<b>TONO</b>	75.7	2.7	50.1	8.2	*
<b>Croma</b>	12.1	0.6	6.9	0.8	**
<b>Saturação</b>	0.22	0.01	0.14	0.02	**

Significância: \*\*\*P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05, NS - P≥0.05.

De acordo com os valores apresentados no (quadro 1) para a característica tecnologia e cor de músculo peitoral verificaram-se diferenças significativas (P<0,05) na capacidade de retenção de água (CRA) sendo que o frango do campo registou a perda da água 21.7% inferior ao frango industrial.

Nos parâmetros relacionadas com a Cor b\*, tono, croma e saturação verificam-se diferenças significativas. Na coordenada cromática b\* (amarelo) o frango de industrial registou um valor 54.7 % inferior (P<0.01) ao frango do campo.

No parâmetro tono ou tonalidade, o frango industrial registou 33.8% inferior ( $P < 0.05$ ) ao frango do campo e no croma (cromatocidade) e saturação, o frango industrial registou 43% e 36.4%, respetivamente, inferior ( $P < 0.01$ ) ao frango do campo.

Em relação aos valores médios do pH, resultados distintos foram encontrados por Jones e Grey (1989) citados por Sanfelice et al. (2010), que observaram valores médios de 5,6-5,8 em análise de peito de frangos de corte. Mas, segundo Sanfelice et al. (2010), os resultados médios de pH se encontram na faixa de 5,8 – 5,9. Entretanto, Qiao et al. (2001) e Sanfelice et al. (2010) obtiveram o valor médio de 5,96 para o pH medido em peito de frangos de corte e Mendes et al. (2003) citado por Garcia et al. (2012), apresenta que a carne de peito de frangos de corte apresenta pH final entre 5,70 e 5,96. Mas, Sams & Mills (1993) citado por Bressan (1998) reportaram os resultados entre 5.78 a 5.86. Entretanto, Mellor et al. (1958), citado por Bressan (1998) observaram valores médios mais elevados entre 5,9 a 6,2. E de acordo com o estudo de Amorim (2013) o resultado de valores do pH em carne fresca, 24 horas após o abate, a do peito de frango o pH está em 5,82, este valor é de normalidade.

Castellini et al. (2002a) relataram o efeito do sistema de criação sobre os valores de pH da carne do peito do frango, com médias de 5,96 e 5,98 para os frangos criados no sistema convencional e de 5,75 e 5,80 nos frangos criados no sistema orgânico, respetivamente, nas idades de 56 e 81 dias. E de acordo com o resultado do estudo de Faria (2007) apresenta que os valores médios de pH do peito em função idade de abate são de (65, 75, 85 e 95 dias) o pH de 5,91, 5,81, 5,84 e 5,86, respetivamente.

Entretanto, para Castellini et al., (2002a), os valores normais de pH no final do processo de post-mortem estão entre 5,75 a 5,96, então resultados semelhantes obtidos no presente estudo (quadro 1) para o pH médio medido na carne do peito de frango industrial e frango de campo encontram-se dentro da normalidade (5.91 e 5.90).

A não observação de diferenças de pH pode ser explicada pelo fato deste parâmetro ser afetado pelas condições pré abate que terão sido semelhantes nos dois tipos de carne e não pelo sistema de produção. O pré-abate é o período que começa com a separação do lote e termina com a sangria do animal. O stresse durante essa etapa resulta em diminuição da qualidade da carne, podendo ocorrer o aparecimento de carnes PSE e DFD (Silva 2017) citado por (Limoni et al., 2017).

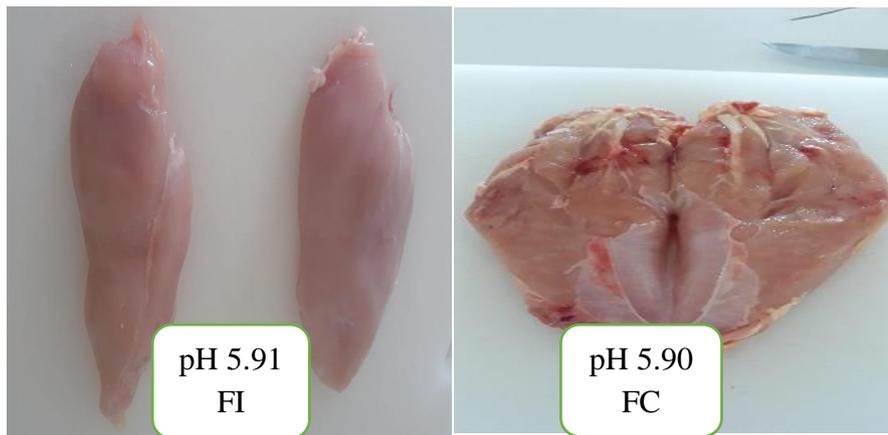


Figura 13- pH de carcaça peitoral do FI e FC.

Fonte: Autor próprio.

A capacidade de retenção de água é definida como a capacidade da carne em reter sua humidade ou água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem e/ou centrifugação (Fernandes de Sá, 2004). Esta propriedade influencia no aspecto, na palatabilidade e está diretamente relacionada às perdas da água antes e durante o cozimento (Bressan, 1998, Mendes, et al., 2003).

Neste estudo na análise estatística do parâmetro CRA os resultados obtidos para média em frango do campo e industrial foram 9.0 e 11.5, respetivamente. Mas, resultados distintos foram encontrados por Sanfelice et al. (2010), que obtiveram o valor médio de 26,45 foi utilizando a metodologia descrita por Hamm (1960), em análise realizada em peitos de frangos de corte. Entretanto, Roque-Specht (2009) observou que nos valores de pH próximos de 5,5 e 5,8 a capacidade de retenção de água é máxima.

No quadro 1, encontram-se os resultados médios para os parâmetros cor objetiva ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). Para o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ), a média dos valores para o frango de campo e industrial foram de 54.3 e 50.9, respetivamente. Porém, resultados médios distintos foram encontrados por Sams e Dzuik (1999) citado por (Sanfelice et al., 2010) para o valor  $L^*$  (54,86) em medições realizadas com 24 horas pós-morte para carne de peito de frangos de corte. Valores muito elevados de  $L^*$  não são bons, pois indicam um aumento na palidez da carne, o que influencia diretamente o consumidor no momento da compra. Entretanto, de acordo com Qiao et al., (2001), o valor da Luminosidade ( $L^*$ ) para carne normal encontra-se entre 48-53 pelo que os valores obtidos se enquadram neste grupo. E de acordo com (Amorim,

2013) verifica-se que o valor de  $L^*$  varia entre 47,36 para perna e 51,95 para asa e 50,94 para peito.

Berri et al. (2001), avaliando o metabolismo da carcaça de peito do frango de diferentes linhagens, de acordo com a capacidade de crescimento corporal e rendimento de peito, verificaram que as linhagens que apresentaram maiores valores de pH (5,90 e 6,03) apresentaram os maiores valores de  $L^*$  (49,8 e 49,7, respectivamente).

Castellini et al. (2002a) não encontraram influência da idade de abate para animais abatidos aos 56 e 81 dias nos valores de  $L^*$ ; entretanto, maiores médias de luminosidade foram verificadas em aves criados no sistema orgânico (60,74 e 60,39) em relação ao sistema convencional (59,23 e 58,95), nas respectivas idades de abate.

Fanatico et al. (2005) encontraram valores superiores em frangos de crescimento lento em sistema criação semi-intensivo, o valor de  $L^*$  com média de 49,6, em relação aos frangos de crescimento médio e rápido nos dois sistemas de (intensivo e semi-intensivo), que apresentaram os valores  $L^*$  com médias variando de 48,00 a 48,02. Resultado inverso foi verificado por (Quentin et al., 2003), indicando menores valores de  $L^*$  em frangos de crescimento lento, e por (Castellini et al., 2002b), que citam maiores valores de  $L^*$  (60,03) na linhagem Ross, seguido pela linhagem Robusta Maculata (57,67) e Kabir (51,68).

De acordo com os resultados de (Faria, 2007) os valores médios de  $L^*$  para carcaça de peito em função de idade de abate (65,75,85 e 95 dias) foram de 48,27, 48,73, 47,70 e 47,32, respectivamente.

O parâmetro  $a^*$  apresentou os valores médios para o frango do campo e industrial de 2,95 e 4,10, respectivamente. Porém resultados distintos foram encontrados por Qiao et al. (2002) citados por Sanfelice et al. (2010), que obtiveram o valor de 4,38 para  $a^*$  em análises da carne de peito de frangos de corte.

De acordo com os resultados de (Faria, 2007) apresentando os valores médios para carcaça de peito em função de idade de abate (65,75,85 e 95 dias) o parâmetro  $a^*$  de 4,88, 4,75, 5,10 e 5,03, respectivamente. Verificaram menores médias para aves de crescimento lento, independentemente do sistema de criação. Entretanto, Berri et al., (2005) e Quentin et al., (2003) encontraram maiores médias de índice de vermelho em aves com taxas de crescimento lento e Castellini et al., (2002b) verificaram maiores valores de índice de  $a^*$  em aves de crescimento médio e lento (5,75 e 5,71), em comparação

à linhagem de crescimento rápido (4,71). Por outro lado, de acordo com Souza., (2004) e Santos et al., (2005) observaram os resultados semelhantes entre linhagens.

Em relação ao efeito do sexo, os frangos machos apresentaram maior índice de a\* no peito (5,25) do que os frangos fêmeas (4,63). Os resultados da literatura, em geral, não mostram influência do sexo sobre os índices de vermelho (Fanatico et al., 2005; Lonergan et al., 2003; Santos et al., 2005; e Souza, 2004). Valores inferiores aos relatados por (Fanatico et al., 2005), com médias de índice de a\* de 3,92 e 3,94; e (Santos et al., 2005), com média de 3,49 e 3,40 foram reportados, respectivamente para frangos machos e fêmeas.

Para idade de abate, não foi verificada influência nos índices de vermelho, que variaram de 4,75 a 5,10. Comportamento semelhante foi encontrado por (Castellini et al., 2002a), cujas médias variaram de 4,59 a 5,02. Entretanto, Souza, (2004) reportou interação entre os fatores linhagem e idade de abate, com redução dos índices de vermelho em função do aumento da idade na linhagem Pescoço Pelado, com média aos 70 dias de 5,24 e de 4,10 aos 110 dias; na linhagem Paraíso Pedrês, não houve diferença entre as idades de abate (70, 85 e 110 dias), com médias variaram de 4,16 a 4,97.

De acordo com Amorim (2013) a região anatômica afeta o valor de b\* entre 10,52 e 12,13 para peito e perna, respectivamente. Através da análise dos resultados pode-se observar que o peito apresenta uma cor pálida e mais luminosa comparativamente à perna que apresenta uma cor mais escura e vermelha (Miguel et al., 2008; Volk et al., 2011), a asa apresenta uma cor menos intensa que a perna. Entretanto, os resultados de (Faria, 2007) apresentam os valores médios de b\* para carcaça de peito em função de idade de abate (65,75,85 e 95 dias) de 5.74, 6.10, 5.70 e 5.76, respectivamente.

Analisando os resultados dos valores obtidos através no presente estudo (quadro 1), observa-se que o peito de frango do campo é mais amarela que o frango industrial. De acordo com (Faria, 2007) esses resultados ocorreram em virtude da diferença de comportamento entre as aves, em que os animais de crescimento lento teriam uma maior atividade de pastejo em relação às aves de crescimento rápido. Silva et al., (2003), confirmando esse comportamento, verificaram que os frangos de crescimento lento apresentam uma maior frequência de acesso ao pasto (9,6 frango por dia) em comparação à linhagem de frango crescimento rápido (6,6 frango por dia), o que representaria um maior consumo de forragens que são fontes de carotenoides.

Esse resultado também foi verificado por Castellini et al., (2002a), que reportaram efeito significativo do sistema de criação, com maiores médias de índice de b\* nos animais criados no sistema orgânico (5,76 a 6,01), em relação ao sistema criação de convencional (4,38 a 5,16). No entanto, Souza, (2004) verificou aumento de índice de b\* com a idade de abate, com média de 8,57 e 7,87 aos 70 e 85 dias, que não diferiram entre si em relação aos 110 dias.

No que diz respeito aos valores de TONO e Croma e analisando estes dois parâmetros (quadro 1), verifica-se que os frangos de campo apresentam uma carne com maior valor de TONO e de Croma (75.7 e 12.1) e mostrando por isso uma cor mais viva em relação à carcaça do peito de frango industrial (50.1 e 6.9), respectivamente. Tal poderá ser explicado pela maior quantidade de pigmentos amarelos veiculados pela alimentação, nomeadamente Beta carotenos. As aves não são capazes de sintetizar carotenoides por isso, estes devem ser ingeridos via alimentação e a concentração na dieta está relacionada diretamente a sua concentração nos tecidos com capacidade de associar-se principalmente aos lipídios teciduais e células de origem animal, incluindo membranas (Bendich e Olson, 1989). As quantidades e disponibilidade de carotenoides nos ingredientes das rações de aves flutuam consideravelmente. Por isso, tornou-se prática comum na indústria avícola adicionar carotenoides à ração para assegurar a quantidade necessária para a pigmentação (Hencken, 1992). Ainda de acordo com (Scheldt, 1998) a cor da pele das aves é gerada a partir de pigmentos carotenoides presentes na dieta das aves e são depositadas tanto na pele quanto na gordura subcutânea. Na avicultura utiliza-se os carotenoides para pigmentação, além disso estas substâncias também estão envolvidas com o metabolismo do crescimento e fertilidade das aves.

Com relação ao índice de amarelo no músculo do peito, observou-se que com a inclusão dos carotenoides atingiu-se o mesmo valor quando nas rações de milho e superiores as demais rações de sorgo (SM e SI), comprovando assim o efeito do carotenoide como um pigmentante. Este aspecto de coloração amarela pode ser considerado um dos pontos primordiais no questionamento de uso de sorgo nas rações avícolas, comprovando que com a inclusão de um carotenoide sintético consegue-se alcançar a mesma tonalidade ou tom amarelo de peitos de aves alimentados com ração à base de milho, além disso, ressalta-se que os consumidores preferem carne de frango com uma pele mais pigmentada (Englert, 1998).

Da mesma forma, Garcia et al., (2013) observaram que o peito de frango de animais alimentados com rações à base de 100% sorgo incluídos de carotenoides sintéticos atingiram o mesmo padrão para tonalidade ou tom de índice de amarelo do que aqueles alimentados com dietas à base de milho.

De acordo com os resultados do estudo de Amorim, (2013) o peito mostra uma cor menos viva e mais ténue, apresentando maior valor de TONO (61,46) e menor de Cromo (13,34). Pode-se averiguar que quando aumenta o valor de índice de a\* o valor de TONO diminuiu e o valor de CROMA aumenta. Por tanto constatando que os resultados dos valores obtidos no presente estudo (quadro 1), o peito de frango do campo e frango industrial desconcordo com o resultado deste autor. Como foi possível verificar anteriormente, a cor vermelha está associada ao frango de campo, diminui o valor de índice de a\*, aumentando o valor de TONO e aumenta a croma também, para o frango de industrial, aumenta o valor de índice de a\*, diminui o valor de TONO e diminui croma também.

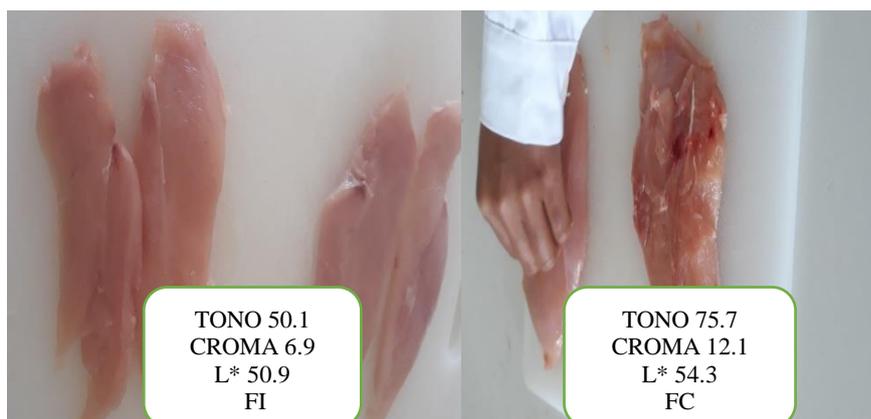


Figura 14 – Cor de peito do FI e FC.

Fonte: Autor próprio.

#### 4.2. Parâmetros químicos

No quadro 2 são apresentados os resultados relativos aos parâmetros químicos do músculo peitoral.

**Quadro 2. Composição química do músculo peitoral maior de frango do campo e industrial**

	Frango do campo		Frango industrial		Significância
	Média	EP	Média	EP	
Humidade (%)	74.3	0.2	74.5	0.3	NS
Matéria seca (%)	25.7	0.2	25.5	0.3	NS
Lípidos neutros (% carne fresca)	0.24	0.06	0.57	0.08	0.07
Lípidos polares (% carne fresca)	0.66	0.03	0.85	0.03	*
Lípidos totais (% carne fresca)	0.90	0.3	1.41	0.07	**
Pigmentos totais (ppm)	13.2	1.1	15.8	1.6	NS
Colagénio total ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ )	17.0	2.8	14.9	1.0	NS
Colagénio solúvel ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ )	2.12	0.23	2.71	0.20	0.10
Colagénio solúvel (% colagénio total)	12.8	0.8	18.4	1.6	*

Significância: \*\*\* $P < 0.001$ , \*\* $P < 0.01$ , \* $P < 0.05$ , NS -  $P \geq 0.05$ .

De acordo com os valores apresentados no Quadro 2 para a composição química do músculo peitoral maior verificaram-se diferenças significativas apenas no teor de lípidos polares e totais, e na percentagem do colagénio solúvel. No entanto, foi registado um teor de lípidos neutros superior em mais de 50% no frango industrial ( $P=0.07$ ) que registou também um teor de LP 22.4% superior ( $P < 0.05$ ) ao frango do campo. Em resultado das diferenças nas frações lipídicas LN e LP o teor de LT no frango industrial foi 36.2% superior ( $P < 0.01$ ) ao frango do campo.

Relevante também a maior percentagem de CS observada no frango industrial que registou um teor 30.4 % superior ( $P < 0.05$ ) ao frango do campo, enquanto que por outro lado se observou um teor de CT numericamente inferior nestes animais.

Os lípidos desempenham um papel importante na qualidade de alguns produtos alimentares, especialmente em relação às propriedades sensoriais que os tornam desejáveis como sabor, odor, cor e textura (Novelo, 2005).

Os valores obtidos neste trabalho realçam um menor teor de lípidos totais (maioritariamente influenciada pela diminuição dos lípidos neutros) no frango de campo, estão de acordo com obtidos por Brito (2017) que observou que os frangos de campo produzem uma carcaça descarnada e com pouca gordura. Outros autores relatam que o teor de gordura no músculo é muito variado, pois é influenciado pela idade e linhagem do animal, pela composição dos alimentos e pelo ambiente (Cobos et al., 1994; Valsta et al., 2005) e vai ao encontro com o demonstrado por Andrés et al., (2001), Bee et al., (2004), Lebret et al., (2002), Millet et al., (2005) e Sather et al., (1997). Estes autores relatam que os animais em criação sistema extensivo, e com o mesmo nível de alimentação e idade que os animais em sistema intensivo, gastariam maior proporção da dieta em atividades físicas e ou termorregulação, tendo assim menores teores de Lípidos totais. Mas por outro lado, é contrário aos resultados obtidos por (Cava et al., 2000<sup>a</sup>) em estudos sobre o porco Ibérico, que observou que o teor de lípidos totais foi similar entre sistemas de produção, ou por Daza et al., (2009) e Ventanas et al., (2008) em que os lípidos totais aumentaram nos animais em criação de sistema extensivo.

A análise global do teor de lípidos na carne de frango mostra que os teores são baixos e que segundo o Jahan et al., (2004) e Valsta et al., (2005) a carne do peito dos frangos, tem um baixo teor de gordura devido à sua reduzida necessidade de armazenar energia.

As diferenças encontradas entre as partes anatómicas devem-se essencialmente ao tipo de fibra muscular, que afetam o valor de  $a^*$  (Lonergan et al., 2003). O músculo do peito não exerce atividade motora, sendo este constituído por fibras brancas, por sua vez, a perna é constituída por fibras vermelhas responsáveis pelo movimento, existindo assim transporte de sangue para as células conduzindo ao aumento de pigmentos hémicos responsáveis pela obtenção de valores de  $a^*$  superiores.

Em relação ao frango de campo, o valor de  $a^*$  (índice de vermelho) é menor valor do encontrado para frango de industriais, o que proporcionada uma carne mais escura e vermelho (geralmente se, o valor de  $a^*$  aumenta o valor de  $L^*$  diminui). Podendo estar associado ao esta frango de campo uma maior composição em fibras vermelhas, maior concentração de

mioglobina nos músculos, logo uma maior concentração de pigmentos hemínicos no sangue, responsável pelo valor de  $a^*$  causando uma coloração mais vermelha e escura na carne do frango de campo. Os frangos industriais apresentaram maior teor de mioglobina que explica a diferença significativa no ângulo de tono ou tonalidade ( $75,7^\circ$  vs.  $50,1^\circ$ ). Tal significa que a tonalidade do frango industrial é menos amarela e mais rosa e poderá ser explicado teor de pigmentos totais (13,2 vs. 15,8 ppm). Já a maior cromatocidade na carne do frango do campo é devido aos pigmentantes de cor amarela e explicada pelo maior valor da coordenada cromática  $b^*$  (amarelo).

No frango do campo, o teor de colagénio solúvel (em % do colagénio total) foi menor, o que demonstra que o sistema de produção influencia este parâmetro. Tal poderá ser explicado pelo facto de que os frangos do campo no sistema extensivo são abatidos com uma idade consideravelmente superior e vivem em pavilhões com um baixo nível de densidade vital, existindo, em alguns casos, a possibilidade de acesso ao exterior (Lopes, 2014). As idades ao abate do frango de campo variam entre 80 - 90 dias enquanto que o frango industrial tem idade de abate entre 30 a 45 dias Lima (2005) citado pelo Faria (2007).

Wattanachant et al., (2004), obtiveram valores para colagénio de 0,37% e 0,87%, para o músculo *Pectoralis major* e 0,51% e 1,29% para a sobrecoxa, em “frango comercial” e raça autóctone Thai, respetivamente. Contudo, Franco et al., (2012a); Franco et al., (2012b), relatam valores de colagénio no músculo *Pectoralis major* de 1,17% e 1,06% para raça Mos e de 0,7% e 0,77% para raça T-44.

O colagénio total não aumenta e inclusivamente diminui devido ao aumento da idade, no entanto aumenta o número de ligações termo estáveis entre as moléculas de colagénio conferindo-lhe insolubilidade, sendo que os músculos locomotores (com maior atividade física) possuem mais ligações termo-estáveis do que os posturais (Jorge, 2016), isto é, os músculos da perna e coxa serão tendencialmente mais duros que os restantes.

Entretanto, Ganeco, (2016), observou que houve diferença entre os sistemas de produção para a percentagem de colagénio na carne do peito das aves no período de armazenamento. Assim, os animais em produção em sistema caipira apresentaram maior percentagem de colagénio total na carne obtida em sistema caipira e refrigeradas (21,13%) e após congelação (em 3 meses, 17.43, em 6 meses 16.67, em 9 meses, 11.26% e em 12 meses 10.17 %) e sistema orgânico e refrigeradas (21,13%) e após congelação (em 3 meses, 19.77%,

em 6 meses 15.29%, em 9 meses, 8.88 % e em 12 meses 5.65 % respectivamente. O sistema Convencional apresentou um teor de colagénio total em amostras refrigeradas (16,44%) e após de congelação (em 3 meses; 10.89%; em 6 meses 11.73%; em 9 meses, 9.32% e em 12 meses 7.18 %). Assim verifica-se que neste trabalho o frango do campo possui maior teor de colagénio comparado aos frangos industriais. Ainda de acordo com (Ganeco, 2016), o colagénio pode estar relacionado à atividade física, idade e localização no músculo e, nos sistemas caipira e orgânico o frango tem acesso ao campo durante a produção o que pode ter levado a utilização maior da musculatura.

## **5. Conclusão**

O estudo das características físico-químicos do músculo peitoral maior de frango do campo e frango industrial permite concluir que o frango industrial tem menor CRA e evidencia uma cor menos cromática (rosa claro) enquanto que o frango do campo evidencia um maior tono e maior cromatocidade, ou seja, uma tonalidade amarela e mais intensa. Tal sugere a influencia do uso de pigmentos amarelos na alimentação do frango do campo como elemento diferenciador.

A composição química revelou um maior teor de lípidos neutros, polares e teor de colagénio solúvel em percentagem do colagénio total no frango industrial. Esta diferença na composição química sugere maior potencial de qualidade sensorial ao frango industrial (maior suculência associada ao maior teor de lípidos neutros mais de 50%; e menor dureza associada ao maior teor de colagénio solúvel).

## 6. Referências Bibliográficas

- Abbas, R. Z.; Iqbal, Z.; Khan, M.N.; Zafar, M.A.; Zia, M.A. (2010). Anticoccidial Activity of *Curcuma longa* L. in Broilers. *Braz Arch Biol Technol*, 53: 63-67.
- Abd El-Hakim, A.S.; Cherian, G.; Ali, M.N. (2009). Use of organic acid, herbs and their combination to improve the utilization of commercial low protein broiler diets. *Int J Poultry Sci*, 8:14-20.
- Alberti P. (2000). 4.3. Medición del color. In: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria M. d. C. y. T., editor. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, España. p 157-166.
- Amorim, A.F..da S. (2013). Estudo comparativo das características físico-químicas e sensoriais de carne de capão, galo, "frango comercial" e "frango do campo". Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar. [Online]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9212/1/Andr%C3%A9%20Silva%20Amorim.pdf> acesso em dia 6 de março de 2019. Página 8, 19 e 50.
- Anadón, H. L. S. (2002). Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers. 171f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Andrés, A.I., Cava, R., Mayoral, A.I., Tejeda, J.F., Morcuende, D., Ruiz, J. (2001). Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science* 59, 39– 47.
- Baracho, M.S., Camargo, G.A., Lima, A.M.C., Mentem, J.F., Moura, D.J., Moreira, J., NAAS, I.A. (2006). Variables impacting poultry meat quality from production to preslaughter: a review. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.8, n°4, p. 201-12.
- Bee, G., Guex, G., Herzog, W. (2004). Free-range rearing of pigs during the winter: adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *Journal of Animal Science* 82, 1206–1218.

- Bendich, A. (1989). Carotenoids and the immune response. *J. Nutr.*, 119: 112-115.
- Bendich, A.; Olson, J. A. (1989). Biological actions of carotenoids. *Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology – FASEB*, v. 3, n. 8:1927-1932.
- Berri, C., wacrenier, N., Millet, N. and 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*, v. 80, p. 833-838.
- Berri, C; Debut, M.; Santé-Lhoutellier, V.; Arnould, C.; Boutten, B.; Sellier, N.; Baéza, E.; Jehl, N.; Jégo, Y.; Duclos, M. J.; Bihan-Duval, E. L.E. (2005). Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. ***British Poultry Science***, v. 46, n.5, p.572-579.
- Bianchi, M., M. Petracci, F. Sirri, E. Folegatti, A. Franchini, and A. Meluzzi. (2007). The influence of the season and market class of broiler chickens on breast meat quality traits. *Poult. Sci.* 86:959–963.
- Bihan-Duval, E. (2004). Genetic variability within and between breeds of poultry technological meat quality. *World’s Poult. Sci. J.*, v.60, p.331-340.
- Bilgili, S. F., D. E. Conner, J. L. Pinion, and K. C. Tamblyn. (1998). Broiler skin color as affected by organic acids: Influence of concentration and method of application. *Poult. Sci.* 77:751–757.
- Blanch, A. (1999). Getting the color of yolk and skin right. *World’s Poult. Sci. J.*, 15:32-33.
- Bonaguri, S., Pérez, J.R.O., Garcia, I.F.F. (2003). Qualidade da carne de cordeiros Santos Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n6, p. 1981-1991, supl. 2.
- Botelho, L.F.R.; Maciel, M.P.; Silva, M.L.F.; Reis, S.T.; Alves, E.E.; Aiura, F.S.; Moura, V.H.S. e Silva, D.B. (2017). Níveis de açafrão (*Curcuma longa*) em rações para frangos de corte contendo sorgo em substituição ao milho. *Arch. Zootec.* 66 (253): 35-43.

- Bressan, M. C. (1998). Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. 201p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP
- Brito, G. L.R. (2017). Plano de negócios: criação de frango caipira melhorado. Projeto Final apresentado como trabalho de conclusão do Curso Técnico em Agronegócio, do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR da Regional de Palmas – TO. Publicação em 01 de agosto de 2018. [Online]. [file:///C:/Users/Asus/Downloads/TCC\\_Agronegocio\\_2017\\_F%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/TCC_Agronegocio_2017_F%20(1).pdf) acessado em 5 de março de 2019. Página 9.
- Briz, R. C. (1998). El pollo de campo: calidad, rentabilidad y futuro comercial. In: Jornadas Técnicas Progalter, Expoaviga 98.
- Brossi, C. (2007). Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Brasil
- Buijs, S., Keeling, L., Rettenbacher, S., Van Poucke, E. & Tuytens, F. A. (2009). Stocking density effects on broiler welfare: identifying sensitive ranges for different indicators. *Poult Sci*, 88, 1536-43.
- Carneiro, J., & Junqueira, L. C. (2004). G. K. S.A. (Ed.), *Histologia Básica* 10th ed., pp. 1-22.
- Castañeda, M. P., Hirschler, E. M. and Sams, A. R. (2005). Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. *Poult. Sci.* 84:143–147.
- Castellini, C., Mugnai, C. e Dal Bosco, A. (2002a). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, v. 60 n. 3, p. 219-225.
- Castellini, C.; Mugnai, C.; Dal Bosco, A. (2002b). Meat quality of three chicken genotypes reared according to the organic system. *Italian Journal of Food Science*, v. 14, p.401-424.

- Cava, R., Ventanas, J., Ruiz, J., Andrés, A.I., Antequera, T., (2000<sup>a</sup>). Sensory characteristics of Iberian ham: influence of rearing system and muscle location. *Food Science and Technology International* 6, 235–242.
- Cecilio Filho, A.B.; Souza, R.J.; Braz, L.T.; Tavares, M. (2000). Cúrcuma: planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. *Cienc Rural*, 30: 171-175.
- Chang, H. (2007): Overview of the world broiler industry: implications for the philippines. *Asian Journal of Agriculture and Development*. Vol 4 no 2, 67-82.
- CIE, (1976). Commission Internationale de l'Eclairage, 18th Session, CIE Publication.
- CIELAB, (2011). Color models - technical guides [WWW Document]. URL [http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/cielab.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html) (accessed 1.7.16). Covas, A., 1993. A agricultura Portuguesa para os anos noventa. *Economia e Sociologia* 55, 23–38.
- Cobos, A., de la Hoz, L., Cambero, M.I., Ordóñez, J.A. (1994). Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 34: 35-51.
- Cuca, G. M., Ávila, G. E. and Pro, M. A. (1996). Alimentación de las aves. 8<sup>a</sup> ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México, México.
- Da Paz, M.F. (2009). Características Gerais da Carne Bovina e Defeitos Relacionados ao Declínio do pH post mortem. Universidade Federal de pelotas, Brasil
- Daza, A., Rey, A.I., Olivares, A., Cordero, G., Toldrá, F., López-Bote, C.J. (2009). Physical activity-induced alterations on tissue lipid composition and lipid metabolism in fattening pigs. *Meat Science* 81, 641–6.
- Dirinck, P., De Wine, A., Casteels, M. and Frigg, M. (1996). Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, v. 44, p. 65-68.
- Duarte, K.F.; Junqueira. O. M. e Borges, L.L. (2010). Qualidade e segurança na produção de carne de aves. Departamento de Zootecnia, FCAV UNESP/Jaboticabal, SP. Publicação

- em 2010. [Online]. <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/qualidade-seguranca-producao-carne-de-aves-t36862.htm>, acesso em dia 6 de março de 2019.
- Eevuri, T.R. Putturu, R. (2013). Use of certain herbal preparations in broiler feeds – A review. *Vet World*, 6: 172-179.
- Englert, S. I. (1998). *Avicultura: tudo sobre raças, manejo e alimentação*. 7. ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária. 238 p.
- Évora, U. de (2012). *Textos de apoio, Disciplina de Histologia e Embriologia*.
- Fanatico, A. C.; Cavitt, L. C.; Pillai, P. B.; Emmert, J. L.; Owens, C. M. (2005). Evaluation of slower-growing broiler genotype grown with and without outdoor access: meat Quality. *Poultry Science*, v. 84, p. 1785-1790.
- FAO. (2012). *Statistical Yearbook. World Food and Agriculture*. Rome.
- FAO., (2010): *Agribusiness Handbook: Poultry Meat & Eggs*. Itália.
- Faria, P.B (2007). *Desempenho e qualidade de carcaça e carne de frangos criados em sistema alternativos*. Tese doutorado em Universidade Federal de Lavras – Brasil, UFLA, 2007. Pg.7.[Online].[http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3336/1/TESE\\_Desempenho%20e%20qualidade%20de%20carca%C3%A7a%20e%20carne%20de%20frangos%20criados%20em%20sistema%20alternativo.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3336/1/TESE_Desempenho%20e%20qualidade%20de%20carca%C3%A7a%20e%20carne%20de%20frangos%20criados%20em%20sistema%20alternativo.pdf), acesso em dia 9/9/2019.
- Farmer, L. J.; Perry, G. C. and Nute, G. R. (1997). Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities of conventional UK and Label Rouge. *J. Poult. Sci.*, v.5, p.566-568.
- Fennema, O. R. (1990). Comparative water holding properties of various muscle food. *Journal of Muscle Foods*, n. 1, p. 363-381.
- Fernandes De Sá, E.M. (2004). A influência da água nas propriedades da carne. *Revista Nacional da Carne*, n.325, p.51-54.
- Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., Lebret, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat — 1. Composition of the lipid

fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. *Meat Science* 53, 67–72.

Field, T.G. (2004). *Scientific farm animal production: an introduction to animal science* (8th edition). Pearson Education. New Jersey.

Fletcher, D. L. (1999). Broiler breast meat color variation, pH and texture. *Poultry Science*, v. 78, p. 1323-1327.

Fletcher, D. L. (2002). Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal*. v. 58, n.2, p. 131-145.

Fletcher, D. L. 1989. Factors influencing pigmentation in poultry. *CRC Crit. Rev. Poult. Biol.* 2:149–170.

Fletcher, D. L. 1999. Poultry meat colour. Pages 159–174 in *Poultry Meat Science*. R. I. Richardson and G. C. Mead, ed., CAB International, Oxon, UK.

Fletcher, D. L. 2002. Poultry meat quality. *World's Poult. Sci. J.* 58:131–145.

Font-i-Furnols, M., Tous, N., Esteve-Garcia, E., Gispert, M. (2012). Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science* 91, 448–453.

Franco, C. F. de O.; Silva, F. de C. P. da; Cazé Filho, J.; Barreiro Neto, M.; São José, A. R.; Rebouças, T. N. H.; Fontinelli, I. S. C. (2002). *Urucum: agronegócio de corantes naturais*. João Pessoa: SAIA, 120 p.

Franco, C. F. O. et al. (2008). *Urucum: sistemas de produção para o Brasil*. João Pessoa: EMEPA, 2008. 112 p.

Franco, D., Rois, D., Vázquez, J. A., Purriños, L., González, R., Lorenzo, J. M. (2012a). Breed effect between Mos rooster ( Galician indigenous breed ) and Sasso T-44 line and finishing feed effect of commercial fodder or corn. *Poultry Science* 91: 487–498.

Franco, D., Rois, D., Vázquez, J. A., Purriños, L., González, R., Lorenzo, J. M. (2012b). Comparison of growth performance, carcass components, and meat quality between

Mos rooster (Galician indigenous breed) and Sasso T-44 line slaughtered at 10 months. *Poultry Science* 91: 1227–1239.

Fung, D. Y. C., Hajmeer, M.N., Kastner, CL., Kastner, J.J. Marsden, J.L., Penner, K.P., Phebus, R.K., Smith, J.S., Vanier, M.A. (2001). Meat safety. *Meat science and applications*, Y.H. Hui, Wai-Kit Nip, R.W. Rodgers e O. A. Young (editors), Marcel Dekker, New York, p.171-206.

Ganeco, A. G. (2016). Características qualitativas da carne de frango de corte proveniente de diferentes sistemas de produção. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade De Ciências Agrárias E Veterinárias Campus De Jaboticabal. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Garcia, R. G. et al. (2013). Implications of the use of sorghum in broiler production. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 15, n. 3, p. 257-262. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v57n5/26912>.

Garcia, R. G., Santos, V. M. O., Caldara, F. R., Paz, I. C. de L. A., Nääs, I. de A., Simm, S., Borille, R. and Royer, A. F. B. (2012). Qualidade de filés de peito de frango de corte marinados e maturados. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Rod. Dourados-Itahum, km 12, CEP: 79804-970, CP 533. DOI: 10.30612/agrarian. v5i16.1319.

Goutefongea, R., (1966). Étude comparative de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. *Annales de Zootechnie* 15, 291–295.

Gowda, N.K.S.; Ledoux, D.R.; Rottinghaus, G.E.; Bermudez, A.J.; Chen, Y.C. (2008). Efficacy of turmeric (*Curcuma longa*), containing a known level of curcumin, and hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the adverse effects of aflatoxin in broiler chicks. *Poult Sci*, 87:1125-1130.

Grácia, M.de A. (2011) Parâmetros indicadores de qualidade de carne moída utilizada em restaurantes de coletividade. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção

do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos. Curitiba. [Online]. Disponível em: <https://id.scribd.com/document/93361653/DissertMARILICE>. Acedido no dia 6 de março de 2019.

Grandin, T. (2001). Antemortem handling and welfare. Meat science and applications, Y.H. Hui, Wai-Kit Nip, R.W. Rodgers e O.A. Young (editores), Marcel Dekker, New York, 221-254.

Gray, J.L., Goma, A.E.A., Buckley, D.J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. Meat Science, 43: 111-113.

Hadden WL, Watkins RH, Levy LW, Regalado E, Rivadeneira DM, et al. (1999). Carotenoid composition of Marigold (*Tagetes erecta*) flower extract used as nutritional supplement. J Agric Food Chem 47, 4189-4194.

Hamm, R. (1960). Biochemistry of meat hydration: advances in food research. Cleveland, v. 10, n. 2, p. 335-443.

Harder, M. N. C. (2005). Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba 74 p.

Harder, M. N. C. Canniatti-Brazaca, S.G., Coelho, A.A.D. and Savino, V. J. M. (2007). Cholesterol and iron availability in yolk of laying hens feed with annatto (*Bixa orellana*). Animal, v. 1, n. 1, p. 477-482.

Harder, M.N.C, Spada, F.P., Savino, V.J.M., Coelho, A.A.D., Correr, E. e Martins, E. (2010). Coloração de cortes cozidos de frangos alimentados com urucum. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 30(2): 507-509. ISSN 0101-2061. Página 509. [Online]. [https://www.researchgate.net/publication/250045668\\_Coloracao\\_de\\_cortes\\_cozidos\\_d\\_e\\_frangos\\_alimentados\\_com\\_urucum](https://www.researchgate.net/publication/250045668_Coloracao_de_cortes_cozidos_d_e_frangos_alimentados_com_urucum) acesso em dia 02 de abril de 2019.

Hedrick, H.B., Aberle, E.D., Forrest, J.C., Judge, M.D., Merkel, R.A (1994). Principles of meat science. 3 ed. Kendall/ Hunt Publishing Company-Dubuque, Iowa.

Hencken, H. (1992). Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. Poultry Science, v. 71, p. 711-717.

- Heyer, A., (2004). Performance, Carcass and Meat Quality in Pigs. Influence of rearing system, breed and feeding. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. Swedish, 135 pp.
- Hocquette, J.F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D.W., 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal* 4, 303–319.
- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49: 447-457.
- Hornsey, H.C., (1956). The colour of cooked cured pork. I.—Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* v.7, n.8: 534-540..
- <http://www.math.unl.edu/~jump/Center1/Labs/MeatPigmentChemistry.pdf> acessado em dia 01 de abril de 2019.
- Huallanco, M. B. A. (2004). Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito pós abate da qualidade de cortes de frango criados no sistema alternativo. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Brasil.
- Huff-Lonergan E., Lonergan S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71:194-204.
- Huffman K. L., Miller M. F., Hoover L. C., Wu C. K., Brittin H. C., Ramsey C. B. (1996). Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal Animal Science*, 74:91-97.
- Jahan, K., Paterson, A. e Spickett, C. M. (2004). Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different production regimes. *International Journal of Food Science and Technology*, 39:443–453.
- Jorge, S. M. M. de M. (2016). Efeito do sistema de produção nas características físico-químicas e no perfil lipídico de três músculos de suínos de raça Alentejana. Universidade de Évora. Escola de Ciências E Tecnologia. Departamento de Zootecnia. Mestrado em Engenharia Zootécnica. Dissertação. Évora.

- Kotake-Nara E, Nagao A. 2011. Absorption and metabolism of xanthophylls. *Mar Drugs* 9, 1024-1037.
- Kranner, J. (1994). Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Science*, 36: 169-189.
- Lawrie, R. A. (1998). Glicólise post mortem . *Ciência de la carne*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, Espanha, 77-79.
- Lawrie, R.A. (2005). *Ciência da Carne*. Porto Alegre: 6.ed. Artmed, 384p
- Lazia, B. (2012). Principais sistemas de criação de frango e galinhas caipiras. [Online]. <http://www.portalagropecuaria.com.br/avicultura/principais-sistemas-de-criacao-de-frango-e-galinha-caipiras/>, acessado em dia 5 de março 2019.
- Lebret, B., Massabie, P., Granier, R., Juin, H., Mourot, J., Chevillon, P. (2002). Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Science* 62, 447–455.
- Limoni, B. H. de S., Chaves, A.R. D., Zardo, G., Surita, L. M. A., Miyaki, S., Brito, T. R. R., Gomes, M. N. B., Duarte, M. T. (2017). Influência do ph na qualidade da carne. Fundação Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul.
- Lonergan, S. M.; Deeb, N.; Fedler, C. A.; Jamont, S. J. (2003). Breast meat quality and composition in unique chicken populations. ***Poultry Science***, v. 82, p. 1990-1994.
- Lopes, M. C. S. (2014). Estudo da prevalência e da gravidade da dermatite de contacto em “frango do campo”. Dissertação Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar no Instituto Politécnico de Viseu em Portugal. Pg. 4. [Online]. [http://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/3302/1/LOPES%20C%20Maria%20Clara%20Sim%C3%B5es\\_Estudo%20da%20preval%C3%Aancia%20e%20da%20gravidade%20da%20dermatite%20de%20contacto%20em%20%27frango%20do%20campo%27.pdf](http://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/3302/1/LOPES%20C%20Maria%20Clara%20Sim%C3%B5es_Estudo%20da%20preval%C3%Aancia%20e%20da%20gravidade%20da%20dermatite%20de%20contacto%20em%20%27frango%20do%20campo%27.pdf), acessado em dia 5 de março de 2019. Página 3.

- Lourenço, M. do C. (2009). Efeito da raça e do sexo na qualidade físico-química e sensorial da carne de porco. Bragança: Escola Superior Agrária. Dissertação de Mestrado em Tecnologias Animais.
- Maia, S.R.; Ferreira, A.C.; Abreu, L.R.A. (2004). Uso do açafrão (*Curcuma longa* L.) na redução da *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048) em ricota. *Ciênc Agrotec*, 28: 358-365.
- Mancini, R.A., Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71, 100-121.
- Marmer, W.N., Maxwell, R.J. (1981). Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipids from muscle tissue. *Lipids* 16, 365– 371.
- Marusich, W.L. and Bauernfeind, J.C. (1981). Oxycarotenoids in poultry feeds. In: Carotenoids as colorants and vitamin a precursors: technological and nutritional applications (ed. J.C. Bauernfeind). Academic Press, New York, pp. 319-462.
- Mendes, A.A.; Moreira, J.; Garcia, R.G. (2003). Qualidade da carne de peito de frango de corte. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, v.27, n.317, p.138-144.
- Miguel, J. A., Ciria, J., Asenjo, B. and Calvo, J. L. (2008). Effect of caponisation on growth and on carcass and meat characteristics in Castellana Negra native Spanish chicken. *Animal*. (2008), 2:2, pp 305–311.
- Millet, S., Raes, K., Van den Broeck, W., De Smet, S., Janssens, G.P.J., (2005). Performance and meat quality of organically versus conventionally fed and housed pigs from weaning till slaughtering. *Meat Science* 69, 335–341.
- Mir, N.A.; Rafiq, A.; Kumar. F.; Singh. V. e Shukla. V. (2017). Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *J Food Sci Technol* 54(10):2997–3009.
- Mollah, M.Y.A., Pathak, S.R., Patil, P.K., Vayuvegula, M. and Agrawal, T.S. (2004). Treatment of orange II azo-dye by electrocoagulation (EC) technique in a continuous flow cell using sacrificial iron electrodes. *J. Hazard. Mater.*, 109: 165171.

- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E., Hugo, A., Raats, J.G. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry* 112: 279–289
- Namagirilakshmi, S.; Selvaraj, P.; Nanjappan, K.; Jayachandran, S.; Visha, P. Turmeric (*Curcuma longa*) as an alternative to in-feed antibiotic on the gut health of broiler chickens. 2010. *Tamilnadu J Vet Anim Sci*, 6:148-150.
- Nielsen, B. L., Thomsen, M. G., Sorensen, J. P. & Young, J. F. (2003). Feed and strain effects on the use of outdoor areas by broilers. *Br Poult Sci*, 44, 161-9.
- Novelo, D. (2005). Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia branca. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- NP-1614, (2002). Carnes e produtos cárneos. Determinação do teor de umidade. Método de referência. Instituto Português da Qualidade.
- NP-3441, (2008). Carnes e produtos cárneos. Determinação do pH. Método de referência. Instituto Português da Qualidade.
- Offer, G.; Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: LAWRIE, R. A. (1998). *Developments in meat science*. London: Elsevier. p. 63-171.
- Olivo, R. et al. (2001). Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. *Revista Nacional da Carne*, v. 25, n. 289, p. 44-49.
- Ordóñez, J. A., Rodriguez, M. I. C., Álvarez, L. F., Sanz, M. L. G., Minguillón, G. D. G. F., Perales, L., Cortecero, M. D. S. (2005). *Alimentos de Origem Animal*. Porto Alegre, Artmed. V.2: 279.
- Ostermann, A., Waschipky, R., Parak, F.G., Nienhaus, G.U. (2000). Ligand binding and conformational motions in myoglobin. *Nature*, 404: 205-208.

- Ouart, M. D., Bell, D. E., Janky, D.M., Dukes, M.G. and Marion, J.E. (1988). Influence of source and physical form of xanthophyll pigment on broiler pigmentation and performance. *Poult. Sci.* 65:544–548.
- Perez-Vendrell, A.M., Hernandez, J.M., Laurado, L., Schierle, J. and Brufau, J. (2001). Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poult. Sci.*, v.80: p.320-326.
- Petracci, M., and Fletcher. D.L. (2002). Broiler skin and meat color changes during storage. *Poult. Sci.* 81:1589–1597.
- Portsmouth, J. (2000). The nutrition of free range layers. *World Poultry*, nº 6 (16): 16 18.
- Qiao, M., Fletcher, D. L., Smith D. P., e Northcutt, J. K. (2001). The Effect of Broiler Breast Meat Color on pH, Moisture, Water-Holding Capacity, and Emulsification Capacity. *Poultry Science* 80:676–680.
- Qiao, M., Fletcher, D.L., Northcutt, J.K., Smith, D.P. (2002). The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Science*, 81:422-427.
- Quentin, M.; Bouvarel, I.; Berri, C.; Bihan-Duval, E.; Baeza, E.; Jengo, Y.; Picard, M. (2003). Growth, carcass composition and meta quality response to dietary concentrations in fast, medium- and slow-growing commercial broilers. *Animal Research*, v. 52, p. 65-77.
- Rizzi, C.; Marangon, A.; Chiericato, G.M. (2007). Effect o genotype on slaughtering performance and meat physical and sensory characteristics of organic laying hens. *Poult. Sci.*, v.86, p.128-135.
- Rodrigues, K. R. M.; Salay, E. (2001). Atitudes de granjeiros, atacadistas, varejistas e consumidores em relação à qualidade sanitária do ovo de galinha in natura. *Revista de Nutrição*, v. 14, n. 3, p. 185-193.
- Rodrigues, S. (2007). Estudo e caracterização da qualidade da carcaça e da carne de cabritos Serranos (Denominação de Origem Protegida). Vila Real: UTAD. Tese de Doutoramento em Zootecnia.

- Roque-Specht, V. F., Simoni, V., Parise, N. and Cardoso, P. G. (2009). Avaliação da capacidade de retenção de água em peitos de frango em função do ph final. R. Bras. Agrocência, v.15, n.1-4, p.77-81.
- Rule, D.C., Broughton, K.S., Shellito, S.M., Maiorano, G. (2002). Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. Journal Animal Science, 80: 1202-1211.
- Saha, P.K., Chowdhury, S.D., Das, S.C. and Saha, S.K. (1999). Replacement value of two Bangladeshi varieties of yellow corn for wheat in the diet of laying chicken. Asian Aust. J. Anim. Sci., 12: 776-782.
- Salinas, M. A. (2004). Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrece al al consumidor. Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico.
- Sanfelice, C., Mendes, A. A., Komiyama, C. M., Cañizares, M. da C., Rodrigues, L., Cañizares, G. I., Roça, R. de O., Almeida, I. C. L. P., Balog, A., Milbrad, E. L., Cardoso, K. F. de G. (2010). Avaliação e caracterização da qualidade da carne de peito (*pectoralis major*) de matrizes pesadas em final de ciclo produtivo. Ciênc. Tecnol. Aliment., 30(Supl.1): 166-170.
- Santos, A. L.; Skomura, N. K.; Freitas, E. R.; Sá Fortes, C. M. L.; Carrilho, E. N. V. M.; Fernandes, J. B. K. (2005). Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 5, p. 1589-1598.
- Sañudo, C., Alfonso, M., Sánchez, A., Delfa, R., Teixeira, A. (2000). Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. Meat Science, 56: 89-94.
- Sañudo, C., Sanchez, A. e Alfonso, M. (1998) – Small Ruminant Production systems and factors affecting lamb meat quality. Meat Science, No. Suppl. 1, S29-S64.

- Sather, A.P., Jones, S.D.M., Schaefer, A.L., Colyn, J., Robertson, W.M., 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 77, 225–232.
- Sauveur, B. (1997) Les critères et facteurs de la qualité des poulets Label Rouge, *INRA – Production Animal*, v.10, p.219-226.
- Scheldt, K. (1998). Absorption and metabolism of carotenoids in birds, fish and crustaceans. In: *Biosynthesis and metabolism*, (eds. G. Britton, S. Liaaen Jensen and H. Pfander). Vol. 2, Birkhauser Verlag, Switzerland, pp. 285-358.
- Serrano, P.P. (2002). Desempenho, parâmetros sanguíneos, perfil graxo e conteúdo de colesterol na carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ácidos graxos. *Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal*, 64 p.
- Silva, M.A.N.; Hellmeister Filho, P.; Rosario, M. F.; Coelho, A. A. D.; Savino, V. J. M.; Garcia, A. A. F.; Silva, I. J. O.; Menten, J. F. M. (2003). Influência do sistema de criação sobre o desempenho, a condição fisiológica e o comportamento de linhagens de frangos para corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 1, p. 208-213.
- Sobrinho, A.G.S., Peuchas, R.W., Kadim, I T., Sandra, Yamamoto, S. M. (2005). Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, 34: 1070-1078.
- Souza, X. R. (2004). Características de carcaça, qualidade de carne e composição lipídica de frangos de corte criados em sistemas de produção caipira e convencional. *Tese (Doutorado em Ciências dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Lavras, MG*. 334 p.
- Stylidi, M., Kondarides, D.I. and Verykios, X.E. (2003). Pathways of solar light-induced photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous TiO<sub>2</sub> suspensions. *Appl. Cataly. B: Environ.*, 40: 271-286.
- Surai, P.F. and Speake, B.K. (1998). Distribution of carotenoids from the yolk to the tissues of the chick embryo. *J. Nutr. Biochem.*, 9: 645-651.

- Teixeira, A., Rodrigues, S., Pereira, E. e Fernandes, A. (2009). Características físicas e químicas de las principales carnes comercializadas en el NE de Portugal. In XIII Jornadas de Producción Animal. Zaragoza. p. 598-600.
- Toldrá, F. (2003). Muscle foods: water, structure and functionality. *Food Sci. Technol. Int.*, v.9, p.173-177.
- Tonami, F. (1995). Estudo do valor nutritivo da semente de urucum (*Bixa orellana* L.) e seu efeito sobre o desempenho de bovinos de corte. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1995. 11p. Parecer técnico.
- Tunio, M. T., Yang, S., Chen, Z., Zubair, M., Quio, J., Zhao, Y., Chen, G., Chow, Y., e Chen, A. (2013). Effect of Pigments with Different Origins on Pigmentation and Performance of Broilers. *Pakistan J. Zool.*, vol. 45(6), pp. 1715-1725.
- Tyczkowski, J., Schaeffer, J.L. and Hamilton, P.B. (1991). Measurement of malabsorption of carotenoids in chickens with pale-bird syndrome. *Poult. Sci.*, 70: 2275-2279.
- Tyczkowski, J.K. and Hamilton, P.B. (1986). Evidence for differential absorption of zeaxanthin, cryptoxanthin and lutein in young broiler chickens. *Poult. Sci.*, 65: 1137-1140. 10.3382/ps.0651137.
- Utiyama, C. E. (2001). Utilização de resíduo de sementes processadas de urucum (*Bixa orellana* L.) na alimentação de suínos em crescimento. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 43 p.
- Valsta, L.M., Tapanainen, H., Männistö, S. (2005). Meat fats in nutrition. *Meat Science*, 70: 525–530.
- Ventanas, S., Tejeda, J.F., Estévez, M. (2008). Chemical composition and oxidative status of tissues from Iberian pigs as affected by diets: extensive feeding v. oleic acid and tocopherol-enriched mixed diets. *Animal* 2, 621–630.
- Venturini, K.S, Sarcinelli, M.F e da Silva. L.C. (2007). Características da Carne de Frango. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES Pró-Reitoria de Extensão - Programa Institucional de Extensão Boletim Técnico - PIE-UFES:01307 - Editado: 18.08.2007.

[Online]. [http://www.agais.com/telomc/b01307\\_caracteristicas\\_carnefrango.pdf](http://www.agais.com/telomc/b01307_caracteristicas_carnefrango.pdf),  
[acesso](#) em dia 6 de março de 2019.

Volk, M., Malenšek, J., Prevolnik, M., Škrlep, M., Šegula, B., Čandek-Potokar, M. and Bavec, M. (2011). Differences in Carcass and Meat Quality between Organically Reared Cocks and Capons. *Agriculturae Conspectus Scientificus* | Vol. 76 (2011) No. 3 (153-155).

Wiegand, M. (2007). Qualidade da carne em cordeiros Texel nascidos em duas épocas e relação entre avaliação in vivo e na carcaça. Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

Zeola, N.M.B., Sobrinho, A.G.S., Neto, S.G., Silva, A.M.A. (2002). Influência de diferentes níveis de concentrado sobre a qualidade da carne de cordeiros Morada Nova. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v.97, n.544, p.175-180.

Zupan, M., Berk, J., Ellendorff, F., Wolf-Reuter, M., Cop, D., Holcman, A., Stuhec, I. (2003). Resting behaviour of broilers in three different rearing systems. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 68(3), 139-143.