

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

HEITOR SIDNEI DA SILVEIRA

**O uso de lipídios de baixa qualidade na ração pode
alterar as características físicas e reduzir o tempo de
prateleira da carne de frangos**

**FLORIANÓPOLIS - SC
2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

HEITOR SIDNEI DA SILVEIRA

**O uso de lipídios de baixa qualidade na ração pode
alterar as características físicas e reduzir o tempo de
prateleira da carne de frangos**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência para
obtenção do Diploma de Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal de
Santa Catarina.

Orientador: Prof. Fabiano Dahlke

**FLORIANÓPOLIS – SC
2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
daUFSC.

da Silveira, Heitor Sidnei

O uso de lipídios de baixa qualidade na ração pode alterar
as características físicas e reduzir o tempo de prateleira da
carne de frangos. / Heitor Sidnei da Silveira ; orientador,
Fabiano Dahlke, 2023.

37 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.


1. Zootecnia. 2. Avicultura. 3. Qualidade de carne. I. Dahlke,
Fabiano. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação
em Zootecnia. III. Título.

O uso de lipídios de baixa qualidade na ração pode alterar as características físicas e reduzir o tempo de prateleira da carne de frangos


Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 15 de junho de 2023.


Banca Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
Fabiano Dahlke
Data: 07/07/2023 04:30:51-0300
CPF: ***.575.770-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

X
Prof. Fabiano Dahlke
Universidade Federal de Santa Catarina

 Documento assinado digitalmente
Andre Luis Ferreira Lima
Data: 06/07/2023 09:59:13-0300
CPF: ***.135.588-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

X
Prof André Luís Ferreira Lima
Universidade Federal de Santa Catarina

 Documento assinado digitalmente
Sebastiao Ferreira Magagnin
Data: 06/07/2023 09:24:28-0300
CPF: ***.950.159-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

X
Engenheiro Agrônomo Sebastião Ferreira Maga...
Universidade federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre me guiou durante esta caminhada e na vida.

Aos meus pais, Cidnei e Gláucia, e aos meus irmãos que compõem minha família que sempre me apoia.

Também agradeço aos colegas de graduação, que contribuirão na minha formação, em especial ao Felipe Vieira, que foi meu colega durante o estágio.

Fabiano Dahlke meu orientador, que sempre me orientou e ensinou durante a graduação, e me abriu as portas do setor de avicultura, sem seu apoio este trabalho não seria possível.

Também dedico este agradecimento ao engenheiro agrônomo Sebastião Ferreira Magagnin, que muito contribuiu para minha formação através do estágio.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, que contribuíram para minha formação, vai meu sincero muito obrigado.

RESUMO

Para atender a alta exigência energética de frangos de corte, é necessário a utilização de fontes lipídicas na ração. No entanto, estes lipídios podem sofrer alteração durante o processamento ou armazenamento, levando à peroxidação ou a formação de compostos secundários altamente tóxicos, como aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos. A ingestão de ração com estas características leva o organismo à uma condição chamada de estresse oxidativo, com diversas consequências fisiológicas. Portanto, este trabalho avaliou o efeito óleo de soja, adicionado a ração, com alto grau de peroxidação, na qualidade da carne resfriada e congelada e na capacidade dos antioxidantes (Vitamina E, e antioxidante comercial) em atenuar estes efeitos deletérios. Foram utilizados 864 frangos de corte, machos, criados até 42 dias de idade. As aves foram alimentadas com rações contendo óleo de soja de baixa oxidação (2,7 mEq de O₂/kg) de alta oxidação (205 mEq de O₂/kg), níveis crescentes de vitamina E (75, 150 e 300 mg/kg de ração), com ou sem adição de antioxidante comercial. As variáveis analisadas foram qualidade e estresse oxidativo da carne. As medidas para qualidade da carne foram, pH, capacidade de retenção de água, perda por cocção, maciez e cor objetiva. Para a análise de oxidação lipídica da carne, foi medido aldeídos malônicos, através do teste TBARS. A carne de peito dos frangos alimentados com dieta contendo maiores níveis de peroxidação tiveram menor redução de pH e menor capacidade de retenção de água, 24h *post-mortem*. Também se verificou alteração na Luminância (L*) da carne dos tratamentos com óleo de soja oxidado e as menores concentrações de Vitamina E, 48h e 7 dias *post-mortem*. Foram encontradas maiores concentração de aldeídos malônicos na carne refrigerada, por 48h e 140 horas (5 dias) e congelada por 30 dias, nos tratamentos contendo gordura oxidada. O uso de altas doses de Vitamina E, reduziram a concentração deste composto na carne. Conclui-se que a qualidade oxidativa dos lipídios da ração é capaz de alterar as características da carne. A deterioração oxidativa da carne pode ser atenuada pela inclusão de antioxidantes, principalmente de vitamina E.

Palavras-chave: frangos de corte, óleo oxidado, qualidade de carne, Vitamina E.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos Experimentais.....	14
Tabela 2: Ingredientes e composição química das rações basais	15
Tabela 3: pH, capacidade de retenção de água (CRA%), Perda por Cocção (PC%), Maciez = Força de Cisalhamento (FC kgf/cm ²) de carne fresca (24h post-mortem) de frangos alimentados com dietas contendo ou não óleo de soja oxidado, com diferentes concentrações de vitamina E, com ou sem oxidante comercial	20
Tabela 4: Cor objetiva (L = Luminância, a* = intensidade do componente vermelho, b*=intensidade do componente amarelo) de carne fresca (até 7 dias post-mortem) de frangos, alimentados com dietas contendo ou não óleo de soja oxidado, com diferentes concentrações de vitamina E, com ou sem antioxidante comercial.	25
Tabela 5: Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), avaliado em carne de peito (<i>Pectoralis major</i>) refrigerada (24h, 48h e 5 d) e congelada (30 dias) proveniente de frangos alimentados com dietas contendo gordura oxidada, contendo diferentes concentrações de vitamina E, contendo ou não antioxidante comercial.	26

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ph	potencial hidrogeniônico
mEq	miliequivalente
CRA	Capacidade de retenção de água
PC	Perda por cocção
FC	Força de cisalhamento
ATP	Adenosina trifosfato
ADP	Adenosina difosfato
DFD	Carne escura, firme e seca
PSE	Carne pálida, mole e exudativa

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 <i>Peroxidação e radicais livres</i>	12
2.2 <i>Antioxidantes</i>	13
2.3 <i>Qualidade de carne</i>	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 <i>Animais, instalações e manejo</i>	18
3.2 <i>Desenho experimental e dietas</i>	18
3.2.1 <i>Manejo pré-abate</i>	21
3.3 <i>Variáveis analisadas</i>	22
3.3.1 <i>Qualidade de carne</i>	22
3.3.2 <i>Estresse oxidativo da carne</i>	24
3.3.3 <i>Análise estatística</i>	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS	33

1.INTRODUÇÃO

O melhoramento genético tornou os frangos de corte cada vez mais precoces e de maior produtividade, com maior rendimento de carne e melhor conversão alimentar. No entanto, estas aves também aumentaram a sua necessidade nutricional (CEMIN et al., 2017, GOLUCH et al., 2023). Para que os frangos atinjam o potencial de crescimento esperado as dietas devem conter alta concentração energética, que não é alcançado numa ração contendo somente cereais. Por este motivo, é comum a adição, na ração, de alguma fonte de lipídios, normalmente o óleo de soja. Além do efeito calórico, os óleos vegetais melhoram a palatabilidade, são fonte de ácidos graxos essenciais e auxiliam na absorção das vitaminas lipossolúveis (JUNQUEIRA et al. 2005, MONFAREDI et al., 2011).

Os lipídios que compõe a ração podem sofrer alterações químicas durante o seu armazenamento ou processamento, prejudicando sua qualidade. A principal alteração que os acomete é a oxidação, resultando na formação de radicais livres, peróxidos e respectivos produtos secundários, altamente tóxicos, como os aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos e álcoois (RACANICCI et al., 2008). A ingestão de óleos ou gorduras, com estas características pode levar o animal a uma condição chamada de estresse oxidativo – situação de desequilíbrio entre o sistema natural de proteção do organismo, através de seus antioxidantes naturais e a exposição excessiva aos fatores que estimulem a produção de radicais livres, os chamados agentes pró- oxidantes (DIBNER et al., 1996). O estresse oxidativo pode provocar inúmeros danos às diferentes estruturas celulares, tecidos e afeta inclusive a resposta imunológica da ave (MIRSHA e JHA, 2019). A peroxidação lipídica é a consequência mais estudada do estresse oxidativo, pois a formação do radical peroxil danifica diretamente as membranas celulares, alterando sua permeabilidade e funções metabólicas (BORGES, 2008).

A oxidação lipídica é a principal causa de perda de qualidade dos produtos cárneos, seguida pela deterioração microbiana (CHEN et al., 2022), podendo afetar o sabor, aroma, cor, textura e promover a redução do valor nutricional (RACANICCI et al., 2008, ESTÉVEZ, 2015; NAWAZ e ZHANG, 2021). Além disso, compromete a integridade e a segurança alimentar dos alimentos, pela formação de compostos potencialmente tóxicos (RAMALHO e JORGE, 2006). A carne de

frango possui concentração elevada de ácidos graxos insaturados, o que a torna mais suscetível à rancidez oxidativa em comparação a outros tipos de carne, sendo superada somente pela carne de peixe (BYRNE et al., 2002).

Embora os antioxidantes sintéticos sejam utilizados para controlar a oxidação lipídica na ração, pouco é conhecido sobre sua capacidade de estabilizar lipídios no organismo animal e mesmo na carne, quando fornecido aos músculos através da dieta. Uma das maneiras de preservar a qualidade e a vida de prateleira da carne poderia ser a utilização de antioxidantes naturais, como a Vitamina E, envolvida na manutenção do sistema antioxidante e imunitária do organismo animal, induzindo mudanças fisiológicas no tecido muscular, o que pode afetar a qualidade da carne de frango (BOSCHINI, 2011).

O frango tem grande participação na produção mundial de carnes. A conscientização sobre a qualidade, entre os consumidores, é o grande desafio para a indústria avícola produzir alimentos mais nutritivos e saudáveis.

Em virtude do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de uma fonte lipídica com alto grau de peroxidação na qualidade da carne resfriada e congelada e a capacidade dos antioxidantes adicionados na ração (Vitamina E, e antioxidante comercial) em atenuar estes efeitos deletérios.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O mercado avícola é dinâmico e desafiador, impondo às empresas do segmento constante evolução, desde novas linhas genéticas, de maior rendimento de carne e eficiência produtiva, até atualizações nas formulas das rações, para que possam atender a este “novo frango”. Até recentemente, o foco de seleção era apenas a taxa de crescimento e rendimento de carne, no entanto, atributos relacionados à qualidade da carne vêm apresentando crescente importância, tanto para a indústria processadora quanto para os consumidores (JESUS, 2007).

Características como rendimento de carne, de peito e a deposição de gordura estão inteiramente ligadas à genética da ave. Porém, a composição da carcaça é influenciada pela nutrição, sexo e condições ambientais (ALBINO, 2000). Além desses fatores, também merece atenção a formulação de rações com seus níveis de aminoácidos e, principalmente o nível energético, pois quando administrados de forma inadequada, podem interferir diretamente no desempenho das aves (CEMIN et al., 2017, GOLUCH et al., 2023). Para o melhor balanceamento energético, é necessária a inclusão de óleo vegetal e/ou gordura nas rações.

As gorduras e óleos têm sido cada vez mais utilizados pela indústria avícola ao redor do mundo, não só pelo seu valor energético (maior energia metabolizável), mas também pela progressiva redução da oferta do milho, a principal fonte de amido (energia). A demanda de exportação mais o uso do milho para a produção do etanol tem provocado a menor disponibilidade para a nutrição animal, e com isso, aumentado o seu custo. Estes fatores tornam a energia da ração, o componente mais caro da dieta das aves. Portanto, entender os lipídios e seu metabolismo e, principalmente a qualidade dos lipídios adicionados à ração, passou a ser um ponto crítico para a eficiência produtiva, saúde do animal e qualidade dos produtos (TEIXEIRA, 2017).

2.1 Peroxidação e radicais livres

A peroxidação lipídica ou lipoperoxidação é a incorporação de um oxigênio molecular (radical livre) sobre os ácidos graxos da membrana celular, levando à destruição de sua estrutura, perda das trocas metabólicas e, em última condição, à morte celular. A principal causa da peroxidação no animal é o estresse oxidativo, que é causado principalmente pelo consumo de alimentos oxidados (CURI, 2002).

A oxidação é um processo irreversível muito comum em óleos e gorduras, bem como em alimentos que contém estes componentes em sua composição. O resultado da oxidação são sabores e odores indesejáveis. Esta característica é popularmente conhecida como “ranço” em comidas e bebidas, mas no caso dos frangos de corte a ração é o único elemento que compõe a dieta impossibilitando a recusa do alimento. A oxidação lipídica envolve uma cadeia de reações químicas, que ocorre entre o oxigênio atmosférico e os ácidos graxos insaturados. O oxigênio adiciona-se ao radical livre e forma um radical peróxido (SOARES, 2012).

Radicais livres são moléculas instáveis e que apresentam um elétron que tende a se associar de maneira rápida a outras moléculas de carga positiva com as quais pode reagir ou oxidar. Sob condições normais, os radicais livres são essenciais para o funcionamento do organismo (FERREIRA, 2007). Porém, quando em excesso, passam a atacar células saudáveis, desnaturando as proteínas e oxidando os lipídeos desestabilizando as membranas celulares. Ao capturar o elétron dessas células, o radical livre atua como agente oxidante (BELLAVÉR, 2002).

2.2 Antioxidantes

Existem duas maneiras de inibir ou retardar a oxidação lipídica, que são: meios físicos e químicos. Os meios físicos são representados pela remoção de oxigênio, remoção da umidade, proteção a radiação ultravioleta ou controle de temperatura. Já os meios químicos são representados pelo uso de antioxidantes (sintéticos ou naturais) ou pelo uso de conservantes (BIANCHI, et al. 1999). Vale ressaltar que os meios físicos só têm efeito se empregados de forma preventiva ou seja antes de ocorrer a oxidação do ingrediente da ração, já os antioxidantes podem ser adicionados de forma preventiva e depois do ingrediente oxidado, pois sua ação é de neutralização dos radicais livres tornando-os moléculas estáveis. Os antioxidantes podem ter ação tanto na ração quanto no organismo do animal, neutralizando os radicais livres, além disso podem ser empregados na carne para

consumo humano afim de aumentar a qualidade da carne e o tempo de prateleira (PEREIRA, et al 2009).

2.3 Qualidade de carne

A qualidade da carne pode ser mensurada por análises de pH, capacidade de retenção de água, perda por cocção, força de cisalhamento e teste de cor, além de poder ser aplicado painel sensorial para avaliação subjetiva (KATO, 2013).

Na carne de frango, os cortes mais valorizados são peito, coxa e sobrecoxa respectivamente, além de serem os cortes de maior rendimento após desossa. A carne de peito é a que tem menor acúmulo de gordura uma vez que a ave tem menor necessidade de reserva energética neste tecido. Já o tecido epitelial tem a maior concentração devido a necessidade de regulação de temperatura, seguido pela coxa e sobrecoxa, pois este grupamento muscular precisa de maior reserva de energia para a locomoção, necessitando de mais glicogênio muscular. A concentração de gordura entre as fibras musculares é responsável por maior maciez e sabor, além de retenção de água dando o aspecto de suculência da carne (BOIAGO, 2006).

O tecido muscular do animal só se transforma em carne após de processos bioquímicos que o levam a atingir o *rigor mortis*. O músculo em um animal vivo se contrai por um processo de gasto/recuperação de energia sob condição aeróbica (presença de oxigênio). Apesar disso, o processo de contração é possível em condições anaeróbicas; essa forma, no entanto, só é utilizada sob condições anormais, por ser pouco eficiente (FEIJÓ, 2009).

Com a morte e, por consequência, com a falência sanguínea, o aporte de oxigênio e o controle nervoso deixam de chegar à musculatura. O músculo passa a utilizar a via anaeróbica, para obter energia para um processo contrátil desorganizado; nesse processo há transformação de glicogênio em glicose, e como a glicólise é anaeróbica, gera lactato e verifica-se a queda do pH. Com o gasto dos depósitos energéticos, o processo contrátil tende a cessar formando um complexo irreversível denominado de acto-miosina. Nesse estado, a musculatura atinge o *rigor mortis*, ou seja, os músculos transformam-se em carne. Um dos aspectos mais marcantes da transformação do músculo em carne é a queda do pH, inclusive, a ponto de determinar a futura qualidade da carne (MENDES, 2001).

O animal recém abatido, após um período de repouso, apresenta em seus músculos, ATP e fosfocreatina, mantendo o pH entre 6,9 e 7,2. No músculo vivo, o ATP (fonte de energia) circula continuamente para a manutenção do metabolismo, mas quando o suprimento de oxigênio é cortado através da sangria, o músculo torna-se anaeróbio, e o ácido pirúvico não entra no ciclo de Krebs e na cadeia citocrômica para formar ATP (VENTURI et al, 2007, ROÇA, 2007). Portanto, as reservas energéticas se esgotam mais rapidamente no metabolismo anaeróbio. Inicialmente são degradadas as reservas de fosfocreatina, seguidas pelas reservas de glicogênio e outros carboidratos e finalmente o ATP, rico em energia. Como resultado, os prótons que são produzidos durante a glicólise e durante a hidrólise de ATP a ADP causam diminuição significativa do pH intracelular (ROÇA, 2007). A velocidade do consumo de ATP determina a velocidade de degradação do glicogênio e, como consequência, a formação do produto final do metabolismo anaeróbio que é o ácido láctico, responsável pela redução do pH. Assim, a forma mais rápida para observar a velocidade de consumo de ATP é a verificação da queda do pH.

A velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne 24 horas *post-mortem* é muito variável, no entanto é um excelente indicativo da qualidade do produto final. Em frangos, o pH final da carne deve estar entre 5,7 e 5,9. Caso o pH, 24 horas *post-mortem* estiver acima de 6,2 haverá grande retenção de água muscular, o que implica em curto tempo de conservação e o estabelecimento da coloração escura, caracterizando a carne DFD (*dark, firm and dry* = escura, firme e seca). A carne DFD tem utilização restrita pois é altamente suscetível à contaminação microbiana, mesmo em condições abaixo desafio (Allen, 1997). No entanto, se pH estiver abaixo de 5,8 na primeira hora *post-mortem*, teremos a carne PSE (*pale, soft and exudative* = pálida, mole e exudativa). Com a redução brusca ou excessiva do pH ocorre o comprometimento das propriedades funcionais da carne devido a desnaturação das proteínas miofibrilares sarcoplasmáticas, ocasionando problemas em produtos processados, reduzindo o rendimento do produto e trazendo grandes perdas econômicas (OLIVO e SHIMOKOMAMI, 2006).

O maior impacto do estresse oxidativo na indústria está no processo de transformação do músculo em carne quando ocorre a formação de carne PSE e DFD, que são o oposto do que a indústria e o consumidor esperam da carne, além de impactar de forma negativa no processamento. Os animais que produzem carnes

PSE foram submetidos a um estresse intenso antes do abate, o que causa uma rápida depleção de glicogênio muscular, com rápida redução do pH da carne devido ao acúmulo de ácido láctico. Esses animais sofreram acentuada hipertermia no período ante-mortem, por problemas relacionados à dissipação do calor (LIBERALESSO, 2021).

O pH afeta o grau de dissociação (ionização) dos grupos dissociáveis nos resíduos dos aminoácidos, isto é, o pH afeta a carga das proteínas. O *ponto isoelétrico* de uma proteína é o pH no qual a carga neta da proteína é igual a zero; geralmente nesse pH as moléculas da proteína se agrupam e se precipitam, devido a que são afetadas as uniões eletrostáticas que mantêm a estrutura terciária da proteína. As proteínas podem sofrer desnaturação, em ocasiões de forma reversível, devido a altas temperaturas, a pH extremo ou por tratamento com ureia ou com solventes orgânicos (álcool, acetona) (GONZALEZ, et al 2017).

Segundo Ordóñez (2005), o desenvolvimento de carne PSE é caracterizado por uma glicólise *post-mortem* muito rápida que causa a queda do pH na primeira hora, quando a temperatura da carne ainda está elevada. No manejo dos animais, alguns fatores podem influenciar a formação desse tipo de carne, como o tempo de transporte dos animais da propriedade para o frigorífico, a temperatura ambiental durante o transporte, jejum pré-abate e tempo de descanso dos animais antes do abate.

A combinação de pH baixo e temperatura alta (hipertermia) provoca, então, a precipitação das proteínas sarcoplasmáticas e diminui a capacidade de retenção de água da carne devido à desnaturação das proteínas miofibrilares (ORDÓÑEZ, 2005). Essa diminuição da capacidade de retenção de água torna a carne mais exsudativa. De acordo com Maganhini et al. (2007) a incidência de carnes PSE também está relacionada com a genética.

No caso da Carne DFD, a diminuição do pH da carne é pequena, pois o músculo contém baixa concentração de glicogênio fazendo com que a carne fique mais seca e escura. Como essas carnes terão um pH mais elevado do que as carnes produzidas em condições normais, elas são carnes mais susceptíveis a alterações microbianas (ORDÓÑEZ, 2005).

Os exercícios físicos, estresse durante o transporte e o jejum prolongado acarretam o consumo das reservas de glicogênio, o que leva a menor produção de ácido láctico no músculo após o abate. A diferença entre PSE e DFD é que o primeiro

está associado ao estresse em um curto espaço de tempo, imediatamente antes do abate, enquanto que o “DFD” está relacionado ao estresse de longo período antes do abate sem que tenha ocorrido reposição de carboidratos no organismo (PRAXEDES, 2007)

O esgotamento do glicogênio muscular pode ser acentuado se os animais estiverem sobre estresse oxidativo, então podemos afirmar que a carne DFD e PSE pode ser ocasionada por uma combinação de fatores pré e pós-abate, onde genética, alimentação e ambiente interfere diretamente na incidência (MELO, et al 2016). O impacto econômico na indústria avícola é alto uma vez que a produção se dá em grande escala. No processamento essas carnes têm baixo valor de mercado e alguns mercados a recusam, restringindo seu uso, uma alternativa é a utilização em alimentos processados como os embutidos por exemplo. Além disso, impacta diretamente nos processos da indústria, problemas como a perda de água que pode favorecer a contaminação microbiana, ou a retenção que favorece o escurecimento da carne, perdas ou acúmulos excessivos de água prejudicam os processos de resfriamento ou congelamento da carne (PEREIRA, et al. 2006).

A indústria tem à disposição diversas formas de preservar e manter a qualidade da carne, como resfriamento, congelamento, embalagens a vácuo, uso de químicos para preservação da qualidade, mas há pouco a se fazer quando a carne é de baixa qualidade. O processamento é uma forma de amenizar o prejuízo causado, mas ao mesmo tempo gera custos e aumento no número de processos. Carnes processadas comumente são oferecidas à venda embaladas (ESTELLES, RENATA SOARES, 2003).

A carne vendida no varejo para o consumidor é frequentemente apresentada em embalagens de oxigênio permeável (para melhor manutenção da cor). Embalagens à venda nas cadeias comerciais são comumente apresentadas à vácuo (aplicadas principalmente em carnes) ou em atmosfera modificada (20 a 30% CO₂, 70-80% O₂). Ambas embalagens melhoram a “vida de prateleira” das carnes. Todas as carnes frescas (embaladas) devem ser armazenadas e transportadas sob condições de constante refrigeração (< 7°C) (MANO, SÉRGIO BORGES, 2002).

A “vida de prateleira” deve ser amplamente melhorada em carnes, que são rapidamente congeladas e mantidas sob condição de refrigeração (< -18°C). O crescimento de microrganismos é completamente inibido, aproximadamente a -10°C. Entretanto, processos físicos (sublimação de cristais de gelo) e processos químicos

(ramificação) ainda podem ocorrer, em taxas menores (VIEIRA, EVAIR TERESINHA, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSC, sob o protocolo - CEUA nº 3505200422.

3.1 Animais, instalações e manejo

Foram utilizados 864 frangos de corte, machos, da linhagem comercial Cobb 500, criados de um a 42 dias de idade. As aves foram alojadas em unidades experimentais, com dimensões de 2,25 m² proporcionando uma densidade populacional de seis aves por m². Cada unidade foi revestida com cama de maravalha nova, com profundidade de aproximadamente 10 cm, comedouros tipo tubulares e bebedouros pendulares. A ração e a água foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental. A temperatura ambiente ao alojamento foi de 32°C, reduzindo gradativamente até atingir 24°C aos 35 dias de idade. Utilizou-se um regime de iluminação padrão, de acordo com o manual da linhagem.

As aves foram criadas em condições experimentais visando o máximo de conforto e o mínimo de estresse provocado por variáveis ou desafios comumente encontrados em criações comerciais, por exemplo, foi utilizada uma baixa densidade de alojamento dentro de cada box, as aves não passaram por estresse hídrico/alimentar ou térmico, ofereceu-se as melhores conduções de apanha, transporte e tempo de espera dos animais até o momento da insensibilização no abatedouro.

3.2 Desenho experimental e dietas

Foi utilizado um Delineamento Experimental Inteiramente ao Acaso, decomposto em um modelo trifatorial: 2 (níveis de qualidade de óleo alimentar) x 3 (níveis de inclusão, na ração, de vitamina E) x 2 (com ou sem inclusão de

antioxidante comercial), formando 12 tratamentos, com 6 repetições de 12 aves por unidade experimental (Tabela 1).

Tabela 1: Tratamentos Experimentais

Tratamentos	Nível de Peróxido	Vitamina E (mg/kg)	Antioxidante (g/ton)
T1	2,7 mEq/kg	75	0
T2	2,7 mEq/kg	150	0
T3	2,7 mEq/kg	300	0
T4	205 mEq/kg	75	0
T5	205 mEq/kg	150	0
T6	205 mEq/kg	300	0
T7	2,7 mEq/kg	75	200
T8	2,7 mEq/kg	150	200
T9	2,7 mEq/kg	300	200
T10	205mEq/kg	75	200
T11	205 mEq/kg	150	200
T12	205 mEq/kg	300	200

O programa alimentar foi composto por quatro fases de alimentação: Pré-inicial (1 a 7 dias de idade), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias de idade). As dietas experimentais (Tabela 2) foram isonutritivas e isoenergéticas, produzidas à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais sugeridas por Rostagno *et al.* (2011). A fonte lipídica empregada foi a óleo de soja, que teve o mesmo nível de inclusão em todas as dietas experimentais, variando apenas na sua qualidade ou “estabilidade oxidativa”: óleo com baixa oxidação (2,7 mEq de O_2 /kg) ou com alta oxidação (205 mEq de O_2 /kg).

O óleo de soja foi adquirido teve o seu valor de peróxido determinado imediatamente à chegada, observando-se o nível de 2,7 mEq de O_2 /kg. Este ingrediente foi mantido em câmara fria à $0^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ e umidade relativa do ar de 65% a 85% até o preparo das rações.

Para criar o óleo oxidado, panelas de ferro, contendo 7 litros de óleo, foram aquecidas em fornos de convecção a $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por até 18 dias. Quando o óleo atingiu o nível alvo (205 mEq de O_2/kg), o aquecimento foi interrompido e o óleo oxidado foi resfriado à temperatura ambiente.

Tabela 2: Ingredientes e composição química das rações basais

Ingredientes	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho	49,83	53,02	56,58	62,00
Farelo de soja	41,60	38,01	33,88	28,83
Óleo de soja ¹	4,05	4,67	5,68	5,48
Fosfato Monocálcico	1,59	1,52	1,45	1,48
Calcário	1,34	1,25	1,25	1,25
Cloreto de sódio	0,57	0,46	0,46	0,47
Premix vitamínico e mineral ^{2,3,4,5}	0,30	0,30	0,25	0,20
DL-Metionina	0,38	0,37	0,20	0,16
L-Lisina	0,21	0,25	0,05	0,07
L-Treonina	0,08	0,10	-	-
Cloreto de Colina	0,50	0,05	0,06	0,06
Composição química (% na matéria natural)				
Proteína Bruta	23,40	22,00	20,00	18
Cálcio	0,95	0,89	0,85	0,84
Fósforo	0,44	0,42	0,40	0,40
Sódio	0,24	0,20	0,19	0,20
Lisina	1,30	1,25	1,00	0,90
Metionina + Cisteína	0,98	0,94	0,75	0,66
Treonina	0,83	0,80	0,65	0,58
Triptofano	0,24	0,22	0,20	0,18
Valina	1,00	0,94	0,86	0,78
Isoleucina	0,93	0,87	0,80	0,71
Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	3.000	3.100	3.200	3.250

¹Tratamentos experimentais: adição de óleo de soja com baixa oxidação (2,7 mEq/kg) ou alta oxidação (205 mEq/kg);

²Suplementação por kg de ração pré-inicial: ácido nicotínico, 3.000mg; ácido fólico, 60mg; ácido pantotênico, 540mg; biotina, 0,75mg; colina, 31.000mg, vitamina A, 800.000UI; vitamina B1, 100mg; vitamina B2, 480mg, vitamina B6, 190mg; vitamina B12, 0,2mcg; vitamina D3, 640.000mg; vitamina K3, 300mg;

cálcio, 95g; cobalto, 30mg; cobre, 600mg; iodo, 90mg; ferro, 8.000mg; manganês, 6.700; zinco, 5.200mg, selênio 200 µg por kg de ração.

³Suplementação por kg de ração inicial: ácido nicotínico, 6.000mg; ácido fólico, 114mg; ácido pantotênico, 1.078mg; biotina, 15mg; colina, 60.000mg, vitamina A, 3.200.000UI; vitamina B1, 198mg; vitamina B2, 960mg, vitamina B6, 396mg; vitamina B12, 400mcg; vitamina D3, 640.000UI; vitamina K3, 636mg; cálcio, 95g; cobalto, 60mg; cobre, 1.200mg; iodo, 186mg; ferro, 15.150mg; manganês, 13.520; zinco, 10.080mg, selênio 200 µg por kg de ração.

⁴Suplementação por kg de ração crescimento: ácido nicotínico, 6.000mg; ácido fólico, 100mg; ácido pantotênico, 1.000mg; biotina, 15mg; colina, 20.000mg, vitamina A, 3.200.000UI; vitamina B1, 180mg; vitamina B2, 960mg, vitamina B6, 380mg; vitamina B12, 400mcg; vitamina D3, 640.000mg; vitamina K3, 636mg; cálcio, 95g; cobalto, 60mg; cobre, 1.200mg; iodo, 160mg; ferro, 15.150mg; manganês, 13.520; zinco, 10.080mg, selênio 200 µg por kg de ração.

⁵Suplementação por kg de ração final: ácido nicotínico, 6.000mg; ácido fólico, 110mg; ácido pantotênico, 1.000mg; biotina, 15mg; colina, 20.000mg, vitamina A, 3.200.000UI; vitamina B1, 190mg; vitamina B2, 960mg, vitamina B6, 396mg; vitamina B12, 400mcg; vitamina D3, 640.000mg; vitamina K3, 636mg; cálcio, 95g; cobalto, 60mg; cobre, 1.200mg; iodo, 186mg; ferro, 15.150mg; manganês, 13.520; zinco, 10.080mg, selênio 200 µg por kg de ração.

3.2.1 Manejo pré-abate

Aos 42º dia de criação, foram selecionados seis frangos por tratamento (um por repetição), com peso idêntico ao peso médio da respectiva unidade experimental, identificadas por meio de anilhas nas pernas e submetidos a jejum de seis horas para o esvaziamento do trato gastrintestinal. Na apanha, os frangos foram contidos pelo dorso, acondicionados em caixas de transporte, em ótimo estado de conservação e sem partes quebradas que pudessem causar lesões nas aves. As caixas de transporte foram posicionadas junto as aves para evitar o amontoamento e com isso, arranhões e demais tipos de lesão. A densidade de aves por caixa de transporte levou em consideração o peso dos frangos e as dimensões da caixa, permitindo que todas as aves tivessem espaço suficiente para deitar ao mesmo tempo, sem a ocorrência de sobreposição dos animais. Por isso, utilizou-se a densidade de 22 kg por m² de caixa.

No frigorífico, as aves foram pesadas, insensibilizadas por eletronarcole em cuba de imersão, e sacrificadas pela sangria por meio do corte das artérias carótidas e veias jugulares com um corte transversal por secção mecânica unilateral. Foram escaldadas à 60°C por três minutos, depenadas e logo após, evisceradas. Em seguida foram submetidas ao pré-resfriamento em um primeiro tanque (pré-chiller), imersos em água fria, com temperatura média de 15°C, por 20 minutos. Em seguida,

imersas em um segundo tanque (*chiller*) com temperatura variando de 0°C a 2°C, onde permaneceram imersas por 40 minutos.

Após o resfriamento, as carcaças ficaram suspensas por 2 minutos, para escorrer o excesso de água e então foram coletados os peitos das carcaças (incluindo osso e pele), os quais foram embalados em sacos de polietileno, vedados e armazenados por 24 horas à 4°C. para posterior realização das análises de qualidade de carne.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Qualidade de carne

Após 24 horas de armazenamento, os peitos foram dissecados, divididos longitudinalmente ao meio. A carne de peito (*Pectoralis major*) do lado direito foi embalado individualmente em sacos de polietileno, identificados, vedados e armazenados por até 7 dias *post-mortem* à 4°C para as avaliações de qualidade de carne e da estabilidade oxidativa (concentração de aldeído malônico). Amostras do lado esquerdo foram acondicionadas em saco de polietileno, à vacuo, e congelados à -18 C por 45 dias para as análises de estabilidade oxidativa.

As variáveis de qualidade de carne estudadas foram: **pH**, capacidade de retenção de água (**CRA**), perda por cocção (**PC**), Maciez, através do estudo de força de cisalhamento (**FC**) e cor objetiva (L = luminosidade, a* = intensidade do componente vermelho, b*=intensidade do componente amarelo).

Para avliação de **pH** (24 h *postm-ortem*) foi empregada a metodologia proposta por Boulianne e king (1995), utilizando-se um potenciômetro (Testo 205 pHmeter), inserido na parte cranial do músculo do peito (*Pectoralis major*).

A medida de Capacidade de Retenção de Água foi realizada utilizando a metodologia descrita por Hamm (1960). A determinação foi baseada na medição da perda de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Cubos de carne (2,0g ±0,10g) da porção cranial do *Pectoralis major* foram colocados entre dois papéis de filtro circulares e, estes, entre duas placas de acrílico e mantidas sobre um peso de 10kg durante 5 minutos. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente e foi possível determinar o valor de **CRA** pela equação:

$$\text{CRA (\%)} = 100 - [(P_i - P_f/P_i) \cdot 100]$$

Em que:

P_i = Peso inicial da amostra

P_f = Peso final da amostra

Para as análises de Perda por Cocção, foi seguido a metodologia descrita por Cason et al. (1997) em que as amostras de carne de peito de frango foram pesadas inicialmente, acondicionadas em embalagens plásticas vedadas, transferidas para banho-maria durante 30 minutos a 85°C. Após o tempo de cozimento, a água exsudada foi desprezada, e as amostras foram novamente pesadas. A razão entre o peso inicial e peso final da amostra, resultou no percentual de **PC**. No processo de cozimento de qualquer produto, deve-se elevar gradativamente a temperatura do equipamento, até que os produtos alcancem temperatura interna de 68 a 70 °C (verificada com termômetro tipo "baioneta") (ROCCO, 1996).

As mesmas amostras empregadas para a determinação do PC foram utilizadas para a avaliação da Maciez da Carne. Empregou-se o equipamento CT3 Texture Analyzes - Brookfield equipado com dispositivo Warner Bratzler (24 mm de altura, 8 mm de largura). O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5 kg. A velocidade de descida do dispositivo foi de 200 mm/minuto (AMSA, 1995). Os filés foram cortados no formato de paralelogramo 1 × 1 × 2 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), os quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina do probe Warner-Blatzler, e os resultados expressos em Kgf.cm⁻².

Quanto as análises de coloração da carne de frango, esta foi realizada por meio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-10, (Konica Minolta), no qual foi adotado o sistema CIELab que determina os valores de L, a* e b*, onde L corresponde a luminosidade, a* intensidade do componente vermelho e b* intensidade do componente amarelo. Os valores L*, a* e b* foram medidos em três diferentes pontos na superfície ventral e no meio da seção cranial do músculo

Pectoralis major. Estas avaliações foram feitas conforme metodologia proposta por Van Laack et al. (2000) as 24h, 48h e 7 dias *post-mortem*.

3.3.2 Estresse oxidativo da carne

Para análise de oxidação lipídica da carne, foram medidos aldeídos malônicos, através do teste de avaliação das Substâncias Relativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS). O método consiste em detectar por espectrofotometria o complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles do ácido 2-tiobarbitúrico com um mol de malonaldeído. O malonaldeído é obtido pela oxidação de lipídeos quando aquecidos em meio ácido. Foram pesados 10 g \pm 0,1g de amostra de carne, posteriormente agitada em ultraturrax com 20 mL de ácido tricloroacético. O volume de 5 mL do filtrado desta mistura adicionado a 5 mL do ácido tiobarbitúrico foram colocados em banho-maria a 85 °C por 35 minutos, resfriados, e a leitura é realizada em espectrofotômetro a 530 nm. O resultado foi expresso em miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra (PIKUL et al., 1989).

O teste de TBARS foi realizado para avaliação do estresse oxidativo da carne sob refrigeração (24 h, 48 h e 7 dias *post-mortem*) e congelamento (45 d *post-mortem*).

3.3.3 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de homogeneidade das variâncias (Teste de Bartlett) e normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk). Após verificada a distribuição normal e ausência de dados discrepantes, os dados foram submetidos à análise de variância, e na presença de diferença estatística entre os tratamentos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando programa Statistix.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da carne fresca, indicadas pelos testes de pH, Capacidade de Retenção de Água (CRA%), Perda por Cocção (PC%), maciez - Força de Cisalhamento (FC) e cor objetiva (L = luminosidade, a* = intensidade do componente vermelho, b*=intensidade do componente amarelo) é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: pH, capacidade de retenção de água (CRA%), Perda por Cocção (PC%), Maciez = Força de Cisalhamento (FC kgf/cm²) de carne fresca (24h post-mortem) de frangos alimentados com dietas contendo ou não óleo de soja oxidado, com diferentes concentrações de vitamina E, com ou sem oxidante comercial.

		Efeitos principais			
		pH	CRA	PC	FC
Índice de peróxido	de 2,7 mEq/kg	5,88 a	69,83 a	30,83	1,92
	205 mEq/kg	6,10 b	66,55 b	28,61	1,56
Vitamina E	75 mg/kg	6,08	69,12	27,31	1,75
	150 mg/kg	5,89	69,91	30,06	1,68
	300 mg/kg	5,85	70,01	28,66	1,85
Ant. Sintético	Sem	5,94	69,69	28,95	1,93
	Com	6,0	68,41	29,55	1,78
Probabilidade	Índice Peróxido	0,047	0,039	0,398	0,107
	Vitamina	0,085	0,640	0,354	0,657
	Antioxidante	0,155	0,634	0,298	0,834
	Peróxid. x Vit	0,073	0,597	0,922	0,682
	Peróxi x Anti	0,398	0,271	0,133	0,102
	Vit x Anti	0,267	0,485	0,382	0,785
	Peroxi x Vit x Anti	0,974	0,785	0,562	0,545
CV%		0,013	0,210	0,154	0,043

Médias seguidas de letras (a, b) distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$).

Não foi observada interação significativa entre os fatores para nenhuma variável avaliada ($P > 0,05$). Ao comparar os fatores principais nota-se que houve menor redução do pH da carne do peito, 24h *post-mortem*, nos frangos alimentados com ração contendo óleo de baixa qualidade ($P = 0,047$). As concentrações de Vitamina E ou inclusão de antioxidante comercial não alteraram esta variável ($P = 0,08$ e $P = 0,155$, respectivamente).

Neste estudo, os valores de pH observados, que variaram entre pH 5,85 e pH 6,10, encontram-se dentro da faixa de pH tolerado. No entanto, quando as aves foram alimentadas com ração contendo óleo vegetal de baixa qualidade, o pH da carne de peito esteve no limiar superior (pH 6,10). MELLOR et al. (1958), também observaram maiores índices de pH, quando utilizado gordura de pior qualidade na ração, e também a mesma variação de pH, 5,9 e 6,2, de acordo com a inclusão de gordura oxidada.

Em frangos de corte, a relação do pH final com animais de maior peso vivo está relacionada ao componente genético. De acordo com Le Bihan-Duval et al. (2008) e Berri et al., (2005) a seleção genética comercial para aumento no ganho de peso e rendimento de carne de peito contribuiu para que houvesse redução da quantidade de glicogênio armazenado no músculo, o que por sua vez aumenta o pH final da carne após o abate porque não há quantidade suficiente para que ocorra a conversão do glicogênio em ácido láctico e conseqüentemente ocorra o abaixamento do pH.

Lipídios com alto índice de peróxido alteraram a quantidade de glicogênio disponível no músculo, interferindo no metabolismo glicolítico e produção de ácido láctico, o que explica o pH da carne de peito alto, próximo ao limite máximo, para boa qualidade.

A inclusão de vitamina E, nos níveis empregados, não alterou o pH da carne. Estes resultados corroboram com Souza et al. (2006) e Leonel et al. (2007) quando testaram níveis crescentes de Vitamina E, e não verificaram alteração no pH da carne de frangos, alimentados com dietas suplementadas com níveis crescentes (100, 150 e 200 mg*kg⁻¹ de ração) e 300 mg de vitamina E*kg⁻¹ de ração, respectivamente.

O uso de ração contendo óleo de soja de baixa qualidade reduziu a capacidade de retenção de água da carne de peito ($P=0,039$). A inclusão de níveis crescentes de vitamina E ou o emprego de antioxidante comercial não alterou esta variável ($P>0,05$). São escassos, na literatura, trabalhos que relacionam qualidade dos lipídios da dieta e a capacidade de retenção de água. Paim Neto (2011), também observou redução na CRA na carne de peito de frango, utilizando rações contendo gordura suína com alto grau de peroxidação.

A CRA está relacionada a diversos fatores que ocorrem *post-mortem*, tais como a velocidade da redução do pH quando o *rigor mortis* está estabelecido (HUFF-LONERGAN e LONERGAN, 2005). Ainda, durante a conversão do músculo em carne, a redução muito rápida pH (provocado pelo acúmulo de ácido láctico) associado a altas temperatura após o abate, fazem com que seja atingido o ponto isoelétrico das proteínas musculares (pH 5,2 a 5,3), provocando assim a desnaturação das mesmas e perdendo a capacidade de reter umidade de forma adequada, uma vez que a proteína perde a capacidade de atrair água para si. De forma inversa, o pH final alto é a causa das características físicas da cor da carne mais escura e da maior capacidade de retenção de água da carne, devido pequena quantidade de ácido láctico produzido e de metabólitos intermediários acumulados (ROÇA, 2023).

Um componente importante para a indústria e para o consumidor é a capacidade que a carne apresenta em reter água. Carne com baixa CRA resulta em perdas econômicas no processamento e, portanto, há interesse em desenvolver estratégias que reduzam o impacto desse parâmetro na produção de carnes (HUFF-LONERGAN e LONERGAN, 2005). Para o consumidor, esta propriedade é importante, pois determina a suculência da carne. Além disso, a água que se desprende da carne de baixa CRA pode acumular-se nas embalagens, tornando-as menos atrativas ao consumidor.

Não foi observada influência da vitamina E, nos níveis empregados ou de antioxidante sintético comercial, na CRA do músculo *Pectoralis major*. Estes dados corroboram com os resultados apresentados por Alexandre (2014), quando analisou a CRA em carne de frangos alimentados com ração contendo níveis crescentes de vitamina E (52,5; 46,5; 56,0; 63,0 UI de vitamina E*kg de ração), acima dos níveis basais descrita pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2011), sugerindo que os níveis de vitamina E na ração, empregados atualmente, são suficientes para manter a qualidade de carne, em condições normais de criação e alimentação.

A CRA é uma variável que descreve a capacidade que a carne tem de conter a água entremeada as fibras musculares e, portanto, está diretamente relacionada com a Perda de Água por Cocção. No entanto, não foram observadas alterações para PC ou maciez da carne, independentemente do tratamento avaliado ($P>0,05$). Possivelmente, os níveis de Vit. E empregados e até mesmo a associação com antioxidante comercial foram suficientes para a manutenção destas propriedades físicas da carne.

Segundo CHEAH *et al.* (1995) sugere a ação da vitamina E na inibição ou limitação da atividade da enzima fosfolipase A2, responsável pelo desencadeamento de reações de clivagem de fosfolípidios da membrana celular, que resultaria em instabilidade na membrana e alteração de características como perda de água por gotejamento, proteção contra oxidação dos lipídios e capacidade de retenção de água.

Por este motivo, além da quantidade adicionada à ração, o tempo de suplementação de Vit E é crucial para a manutenção da qualidade de carcaça (Vieira, 2016). De acordo com a autora, carne de frangos abatidos em idade mais avançada (54 dias) apresentam maior CRA e menores PC do que carne de frangos abatidos mais precocemente (42 dias), demonstrando justamente que o tempo de suplementação da vitamina melhora a qualidade da carne.

A avaliação da coloração da carne de peito, *Pectoralis major*, (L = luminosidade, a^* = intensidade do componente vermelho, b^* =intensidade do componente amarelo) de carne refrigerada (por até 7 dias) está apresentada na Tabela 3. Não houve interação significativa entre os fatores principais para nenhuma das variáveis analisadas ($P>0,05$).

A utilização de óleo de soja oxidado, de diferentes níveis de vitamina E, com ou sem o emprego de antioxidante sintético na ração não alterou a coloração da carne 24 h *post-mortem*. No entanto, 48h e 7 dias *post-mortem* foi possível observar alteração na Luminância (L^*) da carne proveniente das aves alimentadas com as rações que continham óleo de soja oxidado e também as que continham as diferentes concentrações de Vitamina E. As variáveis de intensidade do componente vermelho e intensidade do componente amarelo (a^* e b^* , respectivamente) não foram alteradas pelos tratamentos.

A cor é considerada uma importante característica de qualidade de produtos alimentícios, principalmente dos produtos cárneos, já que influencia a aceitabilidade do produto. Os consumidores normalmente rejeitam produtos com a cor diferente daquela esperada, portanto, esta variável pode ser utilizada para determinar o valor comercial do alimento (QIAO, 2001). Defeitos de cor, normalmente associadas a carne PSE tem sido um grande problema para a indústria processadora de alimentos a partir de carne fresca ou cozida. Em carnes, diferenças no parâmetro L^* são associadas com diferenças no teor de água e seu movimento em direção à superfície, além de pH, estrutura muscular, quantidade intramuscular de gordura e capacidade de retenção de água, portanto, um ótimo indicador de qualidade.

Os resultados aqui encontrados corroboram com os estudos de (Vieira, 2016) e de Olivo *et al.* (2001) que estudaram o efeito da suplementação de Vitamina E, em níveis crescente, variando de 30 a 270 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de ração) e verificaram efeito linear do valor L^* .

Tabela 4: Cor objetiva (L = Luminância, a^* = intensidade do componente vermelho, b^* =intensidade do componente amarelo) de carne fresca (até 7 dias *post-mortem*) de frangos, alimentados com dietas contendo ou não óleo de soja oxidado, com diferentes concentrações de vitamina E, com ou sem antioxidante comercial.

		Efeitos Principais								
		24 h			48 h			7 dias		
		L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
Índice peróxido	2,7 mEq/kg	52,84	1,61	11,20	53,78	1,77	12,11	55,25	2,12	12,14
	205 mEq/kg	51,50	1,22	11,44	52,79	1,11	11,82	54,02	1,49	11,22
Vitamina E	75 mg/kg	52,64	1,80	11,67	53,92 b	1,13	10,82	55,98 b	1,69	12,58
	150 mg/kg	51,23	1,23	12,30	52,84 a	0,94	11,57	54,60 a	2,13	11,90
	300 mg/kg	51,02	1,52	11,59	51,59 a	1,21	11,63	53,45 a	1,77	11,52
Ant. Sintético	Sem	52,50	1,54	12,14	52,17	0,99	10,89	54,23	1,48	12,14
	Com	52,04	1,77	11,90	52,84	1,56	11,20	54,98	1,87	11,67
Probabilidade	Índ. Peróxido	0,422	0,58	0,674	0,038	0,239	0,345	0,044	0,105	0,125
	Vitamina	0,851	0,640	0,368	0,018	0,905	0,584	0,038	0,666	0,964
	Antioxidante	0,628	0,105	0,255	0,143	0,968	0,721	0,486	0,502	0,211
	Per. x Vit	0,266	0,670	0,145	0,398	0,970	0,112	0,895	0,672	0,125
	Per. x Anti	0,463	0,50	0,597	0,486	0,666	0,462	0,235	0,475	0,353
	Vit x Anti	0,406	0,755	0,287	0,899	0,978	0,635	0,685	0,133	0,480
	P. x Vit x Anti	0,685	0,666	0,134	0,283	0,197	0,217	0,725	0,761	0,445
CV %		6,29	15,18	16,43	6,34	16,33	17,54	5,98	18,43	20,66

Médias seguidas de letras (a, b) distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$).

O estresse oxidativo da carne foi medido através da oxidação lipídica e produção de aldeídos malônicos, avaliada em carne resfriada (24 e 48 h e 5 d *post-mortem*) e congelada (30 d *post-mortem*). O Teste empregado foi o TBARS e os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Não houve interação significativa entre nenhum dos fatores estudados. Avaliando-se isoladamente os fatores principais, verifica-se que quando os frangos consumiram ração contendo gordura oxidada, a carne de peito teve aumento no estresse oxidativo, verificada já a partir de 48h *post-mortem* ($P < 0,05$). Avaliando-se os filés de peito após 30 dias de congelamento, também foi verificado aumento no estresse oxidativo da carne. Quando os frangos foram alimentados com ração contendo diferentes níveis de vitamina E, o mesmo fenômeno foi observado ($P < 0,05$). Sendo maior o estresse oxidativo quanto menor o nível de vitamina E.

Tabela 5: Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), avaliado em carne de peito (*Pectoralis major*) refrigerada (24h, 48h e 5 d) e congelada (30 dias) proveniente de frangos alimentados com dietas contendo gordura oxidada, contendo diferentes concentrações de vitamina E, contendo ou não antioxidante comercial.

		TBARS (mg/kg)			
		Efeitos Principais			
		Carne resfriada			Carne congelada
		24 h	48 h	7 d	30 dias
Índice peróxido	2,7 mEq/kg	0,239	0,251 a	0,312 a	0,321 a
	205 mEq/kg	0,244	0,301 b	0,420 b	0,417 b
Vitamina E	75 mg/kg	0,295	0,298 b	0,400 b	0,405 b
	150 mg/kg	0,282	0,247 a	0,377 a	0,358 a
	300 mg/kg	0,243	0,239 a	0,366 a	0,342 a
Ant. Sintético	Sem	0,225	0,275	0,369	0,365
	Com	0,244	0,288	0,374	0,378
Prob.	Índ. Peróxido	0,497	0,023	0,056	0,013
	Vitamina	0,762	0,048	0,034	0,021
	Antioxidante	0,876	0,886	0,623	0,165
	Per. x Vit	0,543	0,414	0,256	0,872
	Per. x Anti	0,147	0,797	0,398	0,512
	Vit x Anti	0,680	0,197	0,674	0,145
	Per. x Vit x Anti	0,103	0,503	0,170	0,409
CV%		35,35	15,35	27,69	30, 57

Médias seguidas de letras (a, b) distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$).

A oxidação dos lipídios é considerada como um dos principais causadores da deterioração da carne, alterando o aroma e diminuindo a vida útil das carnes ou dos produtos cárneos (WICK et al., 2001). Além do teor lipídico de um alimento, a forma com que este se apresenta está diretamente relacionada à uma dieta saudável aos consumidores.

O aldeído malônico e outros produtos intermediários da oxidação lipídica têm chamado a atenção da comunidade científica por sua provável relação com a formação de câncer nos humanos. Valores de TBARS acima de 1,59 mg de aldeído malônico / kg de amostra podem causar danos à saúde do consumidor (TERRA et al., 2006). Os valores equivalentes de aldeído malônico encontrados neste estudo foram muito abaixo dos indicados como fator de risco ao consumidor, no entanto, o que chama a atenção é que a qualidade da fonte lipídica da ração dos frangos afetou diretamente a estabilidade da carne, tanto resfriada quando congelada, sugerindo menor estabilidade durante o armazenamento.

A deterioração oxidativa da carne pode ser atenuada pela inclusão, na ração, de antioxidantes, principalmente de vitamina E. Já em 1998, Higgins et al., (1998) observaram que o uso de superdoses de vitamina E, na ração de perus, era capaz de reduzir a taxa oxidativa da carne de peito. Também LIN et al., (1998) e Leonel *et al.* (2007) verificaram que a carne de frangos armazenadas por três dias à 4°C tiveram níveis de TBARS significativamente menores quando usado níveis maiores de vit E na ração.

De acordo com Olivo e Shimokomaki (2002), produtos cárneos com índice de TBARS menores que 1,0 mg/kg, normalmente não apresentam sabores e odores residuais de ranço característicos de oxidação lipídica. Porém Galvin *et al.* (1996) afirmam que “*off-flavours*” podem ser detectados em carnes oxidadas a partir de valores de TBARS entre 0,5 e 2,0 mg/kg de carne. Por mais que os valores de TBARS tenham aumentado com o uso de óleo peroxidado, por mais que tenham aumentado durante o tempo de armazenamento, este acréscimo ainda está distante dos valores apontados como limite para segurança alimentar, no entanto podem ter promovido alterações sensoriais indesejáveis perceptíveis na carne.

De acordo com Paim Neto (2011) carne de frango congelada com valores de TBARS acima de 0,4, indica um aumento progressivo na velocidade de oxidação lipídica. Este fenômeno ocorre no descongelamento lento da carne, pela quebra das hemoproteínas, ocasionando a liberação do ferro que é catalisador da oxidação lipídica (Rotta, 2007).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a qualidade oxidativa dos lipídios da ração é capaz de alterar as características da carne. A deterioração oxidativa da carne pode ser atenuada pela inclusão de antioxidantes, principalmente de vitamina E.

6. REFERÊNCIAS

- ALBINO, L.F.T. et al. Uso de prebióticos à base de mananoligossacarídeo em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 742-749, 2006.
- ALEXANDRE, N.C. Níveis de vitamina “e” em dietas de frangos sobre o desempenho, características da carcaça e da carne e resposta imune. 2014.
- ALLEN, C. D.; RUSSELL, S. M.; FLETCHER, D. L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. **Poultry Science**, v. 76, n. 7, p. 1042-1046, 1997.
- ALVES, M.G.M.; DE FREITAS ALBUQUERQUE, L.; BATISTA, A. S. M. Qualidade da carne de frangos de corte. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 17, n. 2, 2016.
- BELLAVER, C. Uso de resíduos de origem animal na alimentação de frangos de corte. **simpósio Brasil sul de avicultura**, v. 3, p. 6-22, 2002.
- BERRI, C. et al. 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, 2005.

- BIANCHI, Maria de Lourdes Pires; ANTUNES, Lusânia Maria Gregg. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de nutrição**, v. 12, p. 123-130, 1999.
- BOIAGO, M.M. Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio. 2006.
- BOIAGO, M.M. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 241-247, 2013.
- BORGES, G.C.S. Peroxidação lipídica, desempenho e características de carcaça de frangos de corte estressados pelo calor e suplementados com zinco e selênio. 2008.
- BOSCHINI, C. **Antioxidantes na dieta de frangos de corte**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. 2011.
- BYRNE, D.V. et al. Investigações sensoriais e químicas sobre o efeito do cozimento no forno no desenvolvimento do sabor aquecido em carne de frango. **Meat Science**, v. 61, n. 2, pág. 127-139, 2002.
- CAIRES, C.M.; CARVALHO, A. P.; CAIRES, R. M. Nutrição de frangos de corte em clima quente. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 3, p. 577-583, 2008.
- CEMIN, H.S. et al. Exigências de lisina digestível para frangos de corte machos de 1 a 42 dias de idade reavaliadas. **PLoS One**, v. 12, n. 6, pág. e0179665, 2017.
- CHEAH, K.S., CHEAH, A.M., E KRAUSGRILL, D.I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Meat Science*, 39(2), 255-264, 1995.
- CHEN, Z. et al. Oxidative stress impairs the meat quality of broiler by damaging mitochondrial function, affecting calcium metabolism and leading to ferroptosis. **Animal Bioscience**, v. 35, n. 10, p. 1616-1627, 2022.
- CURI, R. Entendendo a gordura: os ácidos graxos. In: Entendendo a gordura: os ácidos graxos. 2002. p. 580-580.
- DE FELÍCIO, P.E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. **Produção de novilho de corte**, v. 1, p. 79-97, 1997.
- DIAZ GONZALEZ, Felix Hilario; SILVA, Sergio Ceroni da. Introdução à bioquímica clínica veterinária. 2017.
- DIBNER, J.J. et al. Alimentação de gorduras oxidadas para frangos de corte e suínos: efeitos na renovação de enterócitos, proliferação de hepatócitos e tecido linfóide associado ao intestino. **Alimentação animal Ciência e tecnologia**, v. 62, n. 1, pág. 1-13, 1996.

- ESTELLES, R.S. Importância do controle da temperatura e do tratamento térmico na preservação dos nutrientes e da qualidade dos alimentos. 2003.
- ESTÉVEZ, M. Danos oxidativos em aves: da granja à mesa. **Ciência avícola**, v. 94, n. 6, pág. 1368-1378, 2015.
- FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J.O.B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 39, p. 619-626, 2009.
- FEIJÓ, G.L.D et al. NOÇÕES DE CIÊNCIA DA CARNE. EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc77/03nocoescarne.html>. Acesso em: 18 maio 2023.
- FERREIRA, Isabel CFR; ABREU, Rui. Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. **Bioanálise**, p. 32-39, 2007.
- GALVIN, K. et al. Influence of dietary vitamin E and oxidized sunflower oil on the storage stability of cooked chicken muscle. *British Poultry Science*, v.38, S111-S123, 1996.
- GOLUCH, Z. e cols. Valor energético e nutricional da carne de frangos de corte alimentados com diversas adições de bagaço de gérmen de trigo. **Animais**, v. 13, n. 3, pág. 499, 2023.
- HIGGINS, F. M. et al. Assessement of _ – tocopheryl acetate supplementation, addition of salt and ackaging on the oxidative stability of raw turkey meat. **British Poultry Science**, v. 39, p. 596-600, 1998.
- HUFF-LONERGAN, E., e LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science*, 71(1), 194-204, 2005.
- JESUS JUNIOR, C. de et al. A cadeia da carne de frango: tensões, desafios e oportunidades. 2007.
- JUNQUEIRA, O.M. et al. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2335-2339, 2005.
- KATO, T. **Qualidade da carne de frango: relação com carnes PSE e Instrução Normativa 210/1998**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- LE BIHAN-DUVAL, E. et al. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC genetics*, 9(1), 53, 2008.

- LEONEL, F.R. et al. Performance, carcass yield, and qualitative characteristics of breast and leg muscles of broilers fed diets supplemented with vitamin E at different ages. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 9(2), 91-97, 2007.
- LIBERALESSO, D. et al. Efeito das micotoxinas no estresse oxidativo, parâmetros bioquímicos séricos, microbiota cecal e morfometria intestinal de frangos de corte. 2021.
- MAGANHINI, M. B. et. al. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(supl.): 69-72, ago. 2007.
- MANO, S. B.; ORDÓÑEZ PEREDA, J.A.; GARCÍA DE FERNANDO, G.D. Aumento da vida útil e microbiologia da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 1-10, 2002.
- MARUNO, M.K. Avaliação da essencialidade da metionina e lisina em frangos de corte pelo turnover de isótopos estáveis de carbono. 2013.
- MELLOR, D.B. et al. The influence of glicogen on tenderness of broiler meat. **Poultry Science**, v. 37, n. 5, p. 1028-1034, 1958.
- MELO, Aurélio Ferreira et al. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, n. 10, p. 785-794, 2016.
- MENDES, A.A. Jejum pré-abate em frangos de corte. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 199-209, 2001.
- MENDES, A.A.; KOMIYAMA, C.M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. *Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science*, p. 352-357, 2011.
- MISHRA, B.; JHA, R. Oxidative stress in the poultry gut: potential challenges and interventions. **Frontiers in veterinary science**, v. 6, p. 60, 2019.
- MONFAREDI, A.; REZAEI, M.; SAYYAHZADEH, H. Efeito da suplementação de gordura em dietas de baixa energia sobre alguns parâmetros sanguíneos e características de carcaça de frangos de corte. **South African Journal of Animal Science**, v. 41, n. 1, 2011.
- NASCIMENTO, A.H. et al. Energia metabolizável e relação energia: proteína bruta nas fases pré-inicial e inicial de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 911-918, 2004.

- NAWAZ, A.H.; ZHANG, L. Oxidative stress in broiler chicken and its consequences on meat quality. 2021.
- OLIVO, R., SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE. In: Shimokomaki, M.; Olivo, R.; Terra, N. N.; Franco, B. D. G. M. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. São Paulo: Varela, 2006.
- ORDÓÑEZ, J.A. Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre: Artmed; 2005.
- PAIM, A.N. UTILIZAÇÃO DE GORDURA OXIDADA EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE. Dissertação de mestrado, UFPR, 2011.
- PEREIRA, A.S.C.; LOPES, M.R.F. Manejo pré-abate e qualidade da carne. **Programa Carne Angus Certificada**, 2006.
- PEREIRA, M.G. et al. Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave, 2009.
- PIKUL, J., et al. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37, n. 5, p. 1309-1313, 1989.
- PRAXEDES, C.I.S. Exsudação de gel no cozimento em carne de peito de frango normal, "PSE" E "DFD". 58f. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.
- QIAO, M et al. **The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity**. Poultry Science, v.61, p.676-680, 2001.
- RACANICCI, A.M.C. et al. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 443-449, 2008.
- RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química nova**, p. 755-760, 2006.
- ROCCO, Sylvio Cesar. **Embutidos, frios e defumados**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPMF, 1996., 1996.
- ROÇA, R.D.O. (2007). Propriedades da carne. Disponível em: <http://goo.gl/bPS6Pi>. Acesso em maio de 2023.

- ROSTAGNO, H.S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**, v. 2, p. 186, 2011.
- Science**, v.37, n.3, p.1028-1029, 1998.
- SOARES, D.J. et al. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 2, 2012.
- SOUZA, P.A. et al. Efeito da suplementação de vitamina E no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte. *Rev. Port. Cienc. Vet*, 101, 87-94, 2006.
- TERRA, N.N.T; CICHOSKI, A.J.; FREITAS, R.J.S. **Valores de nitrito e TBARS durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada**. *Ciência Rural*, v.6, n.3., 965-970, 2006.
- TEIXEIRA, Maurício de Paula Ferreira. Efeito da composição da ração sobre a energia líquida em frangos de corte: revisão de literatura. **Revista Eletrônica Nutri-Time**, v. 14, n. 6, p. 7077-7090, 2017.
- VAN LAACK, R.L.J.M. et al. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, 2000.
- VENTURI, L. et al. **Water absorption of freeze-dried meat at different water activities**: A multianalytical approach using sorption isotherm, differential scanning calorimetry, and nuclear magnetic resonance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10572–10578, 2007.
- VIEIRA, E.T.T. **Influencia do processo de congelamento na qualidade do peito de frango**. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado). Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai, Erechim, 2007.
- WICKE, M. et al. **Vorhersage von PSE- Fleisch mittels biochemischer und orphologischer Merkmale der Skelettmuskulatur am lebenden Schwein**, *Arch Tierzucht*, pp. 631-638, 2001.