

Miopatias do Músculo Peitoral (MMP)

Autores

Este documento foi elaborado e analisado pela Aviagen® Meat Quality Working Group e por outros consultores independentes especializados nessa área.

Paul Anton *Gerente de Vendas e Técnico para a Roménia e a República da Moldávia*
Santiago Avendaño *Diretor de Genética Global para o Grupo Aviagen*
Richard Bailey *Cientista de Saúde em Avicultura*
Sacit Bilgili *Professor Emérito, Universidade de Auburn*
Luis Canela *Gerente de Vendas de Área e Técnico, Espanha*
Alex Corzo *Nutricionista Sênior de Aves da América do Norte*
Bryan Fancher *Vice-Presidente do Grupo de Operações Técnicas Globais*
Nick French *Diretor Global de Transferência Técnica*
Dinah Nicholson *Diretor Global, Desenvolvimento de Incubatório e Suporte*
Dan Pearson *Diretor de Saúde Veterinária*
Lorenzo Rossi *Gerente Técnico Regional, Europa Ocidental*
Alan Thomson *Diretor Geral, Aviagen UK Ltd*
Stuart Thomson *Diretor Técnico e de Vendas, Aviagen UK Ltd*

Conteúdo

Seção 1: Visão geral

- 1.1: Ações que podem ser tomadas para reduzir a incidência e a gravidade das miopatias do músculo peitoral (MMP), em particular a do peito amadeirado

Seção 2: Introdução

- 2.1: Histórico de miopatias do músculo peitoral
- 2.2: Resposta da Aviagen às miopatias do músculo peitoral

Seção 3: Descrição do problema das miopatias do músculo peitoral

- 3.1: Tipos de frangos de corte afetados pelas miopatias do músculo peitoral
- 3.2: Disseminação das miopatias do músculo peitoral em todo o mundo
- 3.3: Segurança alimentar/rejeição na unidade de processamento
- 3.4: Consequências econômicas

Seção 4: Descrição e histologia das miopatias do músculo peitoral

- 4.1: Miopatia peitoral profunda
- 4.2: Estriações musculares
- 4.3: Peito amadeirado
- 4.4: Peito Espaguete

Seção 5: Impacto das miopatias do músculo peitoral na qualidade alimentar

- 5.1: Estriações musculares
- 5.2: Peito amadeirado
- 5.3: Peito Espaguete
- 5.4: Pálida, mole e exsudativa
- 5.5: Escura, firme e seca
- 5.6: Miopatia peitoral profunda

Seção 6: Biologia básica dos músculos

- 6.1: Estrutura e função
- 6.2: Desenvolvimento e crescimento muscular
- 6.3: Reparo muscular
- 6.4: Alterações musculares após o abate
- 6.5: Alterações fisiológicas que podem resultar em miopatias do músculo peitoral

Seção 7: Genética das miopatias do músculo peitoral

- 7.1: Estudos de expressão gênica
- 7.2 Estudos metabolômicos e proteômicos

Seção 8: Taxa de crescimento e miopatias do músculo peitoral

- 8.1: Modificação do crescimento através do controle alimentar quantitativo
- 8.2: Modificação do crescimento através da manipulação qualitativa da densidade da dieta
- 8.3: Redução de lisina
- 8.4: Crescimento inicial e miopatias do músculo peitoral

Seção 9: Nutrição e miopatias do músculo peitoral

- 9.1: Fitase
- 9.2: Redução de lisina e superdosagem de fitase
- 9.3: Arginina
- 9.4: Histidina
- 9.5: Minerais orgânicos
- 9.6: Programas anticoccidianos
- 9.7: Ração inicial
- 9.8: Antioxidantes
- 9.9: Ácido guanidinoacético
- 9.10: Outros produtos

Seção 10: Manejo e miopatias do músculo peitoral

- 10.1: Incubação
- 10.2: Acesso aos alimentos após a incubação
- 10.3: Temperatura corporal/ambiente
- 10.4: Níveis de dióxido de carbono
- 10.5: Programa de iluminação
- 10.6: Profundidade da cama
- 10.7: Batimento das asas/atividades das aves
- 10.8: Abate Parcial

Seção 11: Doença e miopatias do músculo peitoral

Seção 12: Processamento

- 12.1: Efeitos do manejo das aves antes do processamento
- 12.1: Abate
- 12.3: Resfriamento da carcaça

Seção 13: Anexos

- 13.1: Projetos de teste

Referências

1. Visão geral

1.1. Ações que podem ser tomadas para reduzir a incidência e a gravidade das miopatias do músculo peitoral (MMP), em particular a de peito amadeirado.

- Focar no bom manejo inicial, na realização correta de ventilação mínima (não permita níveis de $\text{CO}_2 > 3000$ ppm), na boa qualidade de alimento e regulação ideal de comedouros (acesso ao alimento).
- Obter o bom crescimento nos primeiros 10 dias de, já que este período é importante para o desenvolvimento muscular: tenha como objetivo o crescimento para atingir um peso corporal que seja no mínimo 4 vezes o peso de alojamento aos 7 dias de idade.
- Evitar a aceleração repentina do crescimento ($> 120\text{g}$ ou $0,26$ lbs/d), por exemplo, após o processo de abate parcial do lote.
- Minimizar a agitação do lote e evitar o batimento excessivo das asas.
- Evitar temperatura corporal elevada no frango durante a fase de crescimento e intermediário e final. Preste atenção especial na temperatura ao nível das aves e certifique-se de que há um bom movimento de ar ao redor delas. Não use aditivos alimentares que elevem a temperatura corporal ou que afetem a capacidade da ave de controlar a sua temperatura corporal.
- Seguir as recomendações nutricionais da Aviagen, estando principalmente atento se os níveis de aminoácidos não estão acima do recomendado pela Aviagen.
- Há fortes indícios de que modificar o perfil de crescimento diminui a incidência de miopatias do músculo peitoral, embora possa haver perda no desempenho dos frangos de corte. A modificação da curva de crescimento pode ser alcançada através de:
 - Redução da quantidade de alimento fornecido às aves para 97% da alimentação ad libitum das aves. Recomenda-se realizar esse procedimento entre 15 - 32 dias (d).
 - Reduzindo os níveis de lisina na dieta para 85% da recomendação da Aviagen durante o período em que as aves crescem mais rapidamente (15 – 32d), foi encontrado uma redução significativa de MMP com apenas um pequeno ou nenhum efeito no desempenho das aves e no processamento.
 - O período de modificação do crescimento deve levar em consideração a idade de abate final de modo que as aves tenham um período de crescimento compensatório suficiente antes do abate. O tratamento não deve começar antes dos 14 dias e o tempo aplicado deve equivaler ao tempo necessário para consumir 25% da alimentação total esperada.
- Quando todas as dietas forem vegetais, considere o uso de fontes de suplemento de creatina.
- Considerar uma super dosagem de fitase de 3 – 6 vezes da recomendação do fabricante, sendo que aumento exato dependerá da avaliação do custo-benefício.
- Use gorduras e óleos estáveis de boa qualidade nas dietas e use antioxidantes adequados nos ingredientes e nas dietas.
- Se houver algum problema com o músculo espaguete, observe se a temperatura de escaldagem está muito elevada, além das práticas de depenagem e resfriamento da carcaça na unidade de processamento.

2. Introdução

Nos últimos dez anos tem havido um aumento no número de relatos de miopatias do músculo peitoral na unidade de processamento de frangos de corte que, em alguns casos, pode levar a graves consequências econômicas para o produtor e a um efeito negativo na preferência do consumidor pela carne de frango. Embora a incidência de miopatias do músculo peitoral seja imprevisível e não seja observada em todas as regiões do mundo, tornou-se uma questão importante para o setor como um todo. Como consequência, a Aviagen tem investido tempo e recursos significativos na pesquisa do assunto, assim como várias universidades.

Por ainda não compreendermos quais são as causas metabólicas da miopatia do músculo peitoral, estamos buscando aumentar muito o nosso conhecimento nos últimos cinco anos. O objetivo deste documento é resumir o que se sabe atualmente sobre as miopatias do músculo peitoral, os fatores que podem causar a miopatia e as possíveis soluções para reduzir sua incidência e sua gravidade. Nem todas as miopatias abordadas exercem uma influência importante na qualidade do produto, mas foram incluídas no estudo.

2.1. Histórico de miopatias do músculo peitoral

A primeira e importante miopatia de músculo peitoral a afetar o setor avícola foi a peitoral profunda (MPP), também chamada de doença do músculo verde ou doença de Oregon. Ela foi inicialmente identificada em perus, na década de 1960. A miopatia peitoral profunda manifesta-se como a parte interna de um (ou dos dois) dos filés do peito (ou seja, músculo peitoral menor), que se atrofia e se torna verde. Essa condição também foi observada em frangos de corte na década de 1990 e ainda é ocasionalmente observada em unidades de processamento.

Na década de 1990, foram descritas duas condições relacionadas com a cor da carne de peito dos frangos de corte: pálida, mole e exsudativa (DFD) e escura, firme e seca (DFD). A PSE foi inicialmente observada em porcos e foi encontrada devido a uma única mutação genética. No entanto, verificou-se que a PSE e DFD em frangos de corte não eram devidos a um único gene, mas principalmente devido ao estresse pré-abate desde o momento da captura das aves para o abatedouro e durante o processo de abate. Embora o PSE e o DFD sejam vistos em níveis baixos na maioria das plantas avícolas, essas condições não apresentam problemas significativos de aceitação do consumidor tendo alguns efeitos menores na qualidade da carne.

Desde 2010, três tipos de MMP têm sido relatados mais frequentemente: estriações musculares (white striping), peito amadeirado (wooden breast) e peito espaguete (stringy-spongy). Na maioria dos casos, as estrias brancas não afetaram de maneira significativa a aceitação do consumidor de carne de peito de frango, mas o peito amadeirado e o peito espaguete, quando severos, resultaram em problemas dentro de certos produtos. Essas miopatias podem estar presentes antes de 2010, mas não foram reconhecidas na planta de processamento.

2.2. Resposta da Aviagen às miopatias do músculo peitoral

Ainda que a miopatia peitoral profunda tenha sido parte do programa de seleção genética da Aviagen por muitos anos, condições como estriações musculares, peito amadeirado e peito espaguete, foram adicionados ao programa de seleção genética em 2012 com a finalidade de reduzir a propensão genética para expressá-las a campo.

A Aviagen elimina aves pedigree com a propensão genética às miopatias peitorais com uma meta de seleção equilibrada, que também inclui outras características relacionadas à eficiência biológica, rendimento, robustez, bem-estar e performance reprodutiva. Dada a reduzida inerência na base genética de miopatias peitorais (Bailey et al. 2015) e o tempo necessário para as alterações no nível de linhas puras atingirem o nível dos frangos de corte, espera-se que a propensão genética para

expor essas miopatias tenha começado a diminuir em 2018. Deve-se observar que é improvável que a incidência das miopatias peitorais chegarão a zero somente devido à seleção genética, já que fatores não genéticos também afetam a incidência das miopatias **(Veja a Seção 7)**.

Além disso, a Aviagen tem uma abordagem multidisciplinar envolvendo nutricionistas, médicos veterinários, geneticistas, especialistas em manejo e em incubação para reunir informações e coordenar pesquisas sobre os fatores não genéticos que contribuem para a incidência em campo de todas as miopatias do músculo peitoral. A Aviagen desenvolveu uma grande variedade de estudos sobre os fatores que podem afetar a incidência da miopatia do músculo peitoral, visando a nutrição, o manejo, as práticas de incubação e a genética. A Aviagen também tem colaborado com universidades e empresas, realizando pesquisas sobre a miopatia do músculo peitoral. Os resultados desses estudos e colaborações serão relatados neste documento.

3. Descrição do problema: Miopatia do Músculo Peitoral

3.1. Tipos de frangos de corte afetados pelas miopatias do músculo peitoral

Evidências científicas e de campo mostram claramente que a miopatia do músculo peitoral pode ocorrer em todos os genótipos de frangos de corte modernos existentes no mercado, inclusive em cruzamentos de crescimento lento. O risco da miopatia do músculo peitoral é maior quando as aves são criadas para atingir mais peso (> 3 kg ou 6,6 lbs) em idades mais avançadas.

3.2. Observação da miopatia do músculo peitoral em todo o mundo

Enquanto essas miopatias são relatadas em algumas regiões do mundo como uma questão importante, sua ocorrência efetiva é esporádica e sua incidência varia muito quando se manifesta. A maioria dos casos foi relatada na UE, EUA, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Japão e Brasil. Em várias regiões do mundo, as miopatias do músculo peitoral não foram relatadas como um grande problema. O tipo de miopatia relatado varia entre as empresas avícolas - com alguns relatos de peito amadeirado e outros de peito espaguete. Atualmente, a miopatia mais prevalente relatada é a que envolve estriações musculares.

3.3. Segurança alimentar/rejeição na unidade de processamento

A observação da MMP durante inspeções de saúde veterinária durante o abate varia. Em geral, as MMP são consideradas uma questão de qualidade e não de segurança alimentar (Bilgili, 2016). Até o momento, não houve evidência de contaminação bacteriana ou viral **(consulte a Seção 10)**. A maior parte do produto com MMP é separada e condenada (miopatia peitoral profunda) ou redirecionada para usos alternativos. No entanto, se o MMP for severa e acompanhada por sinais inflamatórios (ou seja, pontos hemorrágicos, fluído gelatinoso, etc.), as autoridades reguladoras poderão exigir a condenação total da carcaça (Europa) ou corte das áreas afetadas (Brasil e América do Norte).

3.4. Consequências econômicas

É possível, porém difícil, estimar as consequências econômicas da miopatia do músculo peitoral. A quantidade de músculo cortado parcialmente e/ou descartado devido à miopatia do músculo peitoral pode ser contabilizada se os músculos do peito forem desossados; além disso, uma análise econômica pode ser feita sobre as perdas do produto/valor do produto. No entanto, não existe nenhum modo prático para determinar a incidência da miopatia do músculo peitoral e, principalmente, da miopatia peitoral profunda nos mercados de carcaça inteira. Em relação às formas leves de miopatia do músculo peitoral, o produto separado é frequentemente redirecionado a outros segmentos de mercado (por exemplo, processamento posterior), permitindo alguma recuperação do valor.

4. Descrição e histologia da miopatia do músculo peitoral

4.1 Miopatia peitoral profunda

Esta condição, relatada pela primeira vez em frangos de corte na década de 1980, é mais comumente conhecida como síndrome de Oregon ou doença do músculo verde e é um processo degenerativo do músculo caracterizado por necrose e atrofia da parte interna do filé de peito (ou seja, músculo supracoracoide ou músculos peitorais menores). As lesões muitas vezes afetam a parte interna dos filés e variam de cor, progredindo de uma aparência hemorrágica rosada para uma descoloração esverdeada (**Figura 1**).



Figura 1. Músculo peitoral com miopatia peitoral profunda

Os dois músculos peitorais em espécies aviárias, o peitoral maior (parte externa do filé) e o peitoral menor (parte interna do filé) trabalham em sinergia para levantar e abaixar a asa. A anatomia desses músculos é, no entanto, intrinsecamente diferente, pois o filete interno possui uma bainha externa resistente, composta de tecido conjuntivo fibroso denso e é inelástica. O músculo externo ou principal é simplesmente envolto por tecido conjuntivo frouxo que se move facilmente sobre a superfície muscular à medida que o perfil muscular é alterado. A contração dos músculos peitorais maiores e menores são responsáveis pelos movimentos para cima e para baixo das asas, respectivamente. Durante a contração, estes músculos se expandem com o aumento do fornecimento de sangue (ou seja, o bombeamento muscular). A expansão do músculo peitoral menor, em cerca de 25% do volume, é problemática, uma

vez que esse músculo fica confinado em um “compartimento apertado”, prensado entre o osso (esterno) e o filé grande do peito. A bainha fibrosa resistente do músculo peitoral menor impede que o volume muscular aumente. Portanto, quando a pressão intramuscular aumenta os níveis circulantes da pressão arterial, o fornecimento de sangue que flui para o músculo é interrompido e, com a atividade muscular contínua, a deficiência de oxigênio rapidamente se estabelece, levando à morte por anoxia (necrose isquêmica) das fibras musculares. Há também um efeito aditivo do pH baixo do músculo devido ao acúmulo de ácido láctico. Em estudos experimentais, períodos relativamente curtos de batimento das asas se mostraram suficientes para induzir essas mudanças degenerativas.

4.2. Estriações musculares (White striping)

Relatos de estriações musculares em frangos de corte vêm aumentando nos últimos anos. Essa condição afeta principalmente o músculo peitoral maior e é caracterizada por linhas brancas visíveis, paralelas à direção das fibras musculares; a quantidade e a espessura dessas estriações musculares podem variar entre uma ave e outra (**Figura 2**).

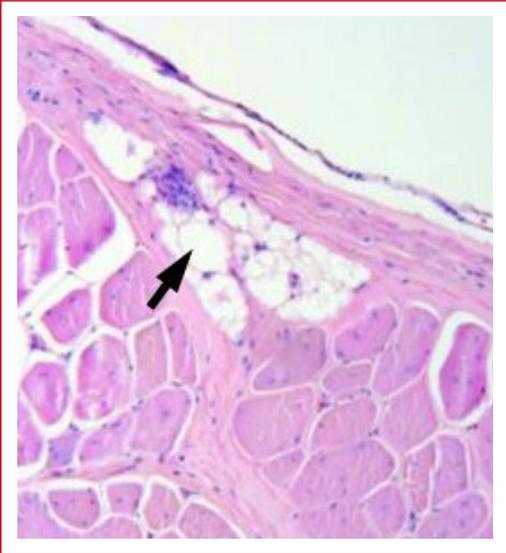
Figura 2.

Filés com graus variados de estriações musculares (da esquerda para a direita: leve, moderada e grave).



A análise histológica e química do músculo peitoral com estriações musculares revelou que as linhas brancas são compostas principalmente de tecido adiposo (**Figura 3**). Pesquisas demonstraram que, à medida que a gravidade do EM aumentava, o percentual de gordura como proporção da matéria seca do músculo aumentava, afirmando assim os achados histológicos do aumento da adipogênese (depósito de gordura) nos tecidos.

Figura 3. Histomicrografia do filé de peito com estriações musculares. A listra branca é composta de tecido adiposo (gordura).

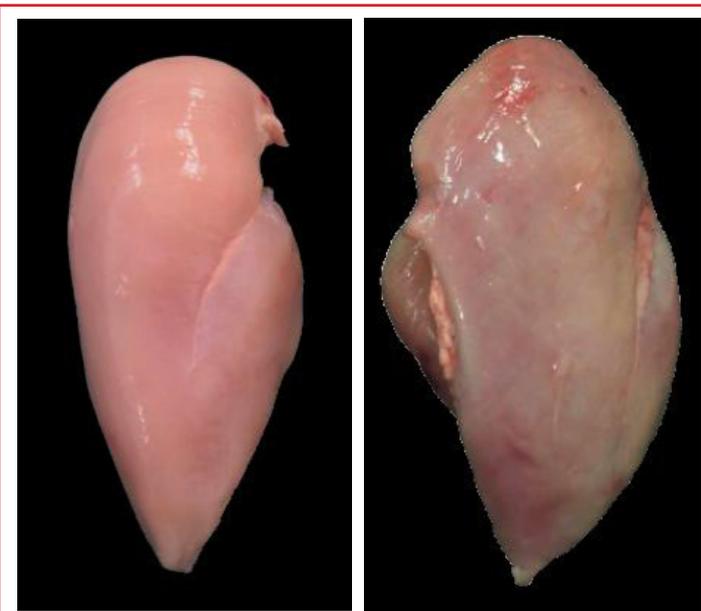


Relatou-se que o tecido do peito gravemente afetado pelas estriações musculares pode apresentar o aumento do tecido conjuntivo, com graus variados de degeneração e regeneração da fibra muscular à nível microscópico. Todo tecido muscular normalmente apresentará algum nível de degeneração e regeneração da fibra muscular, mas no caso das estriações musculares (e também do peito amadeirado), o processo de regeneração resultará em gordura e o tecido conjuntivo será regenerado, em vez de apenas ser uma fibra muscular reparada. Ainda não se sabe qual é a causa exata das estriações musculares e compreender essa condição ainda é uma área de intensa atividade de pesquisa.

4.3. Peito amadeirado (Wooden breast)

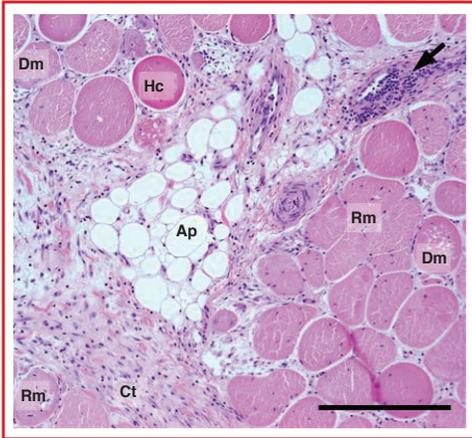
Esta miopatia também afeta o músculo peitoral maior e é caracterizada pelo endurecimento do músculo peitoral, normalmente na parte mais grossa do filé, embora o endurecimento também possa ser observado ao longo do músculo, em casos mais severos. Dependendo da gravidade da lesão outros aspectos visuais da miopatia de peito amadeirado, podem ser observados como: a cor pálida, a superfície com hemorragia e a presença de fluido gelatinoso na superfície do músculo. (**Figura 4**).

Figura 4. Imagem de um filé sem peito amadeirado (à esquerda) e de um filé com peito amadeirado (à direita).



A análise histológica do músculo mostra a degeneração e regeneração ativas das fibras musculares, a fibra hipercontraída e a infiltração de células do sistema imunológico. Além disso, aumentos da deposição do tecido adiposo (gordura) e do tecido conjuntivo (**Figura 5**) também podem ser observados, sendo que o tecido conjuntivo pode contribuir para o aumento da rigidez do músculo. Em termos patológicos, a miopatia com peito amadeirado pode ser caracterizada como uma degeneração muscular com fibrose e regeneração.

Figura 5. Histomicrografia do músculo peitoral com peito amadeirado. As características do músculo incluem fibras musculares degenerativas (Dm), fibras regeneradoras (Rm), tecido adiposo (Ap), fibra hipercontraídas (Hc), tecido conjuntivo aumentado (Ct) e infiltração celular (seta). A barra preta mostra a escala (100µm).



Tal como nas estriações musculares, a causa exata dessa condição ainda não é conhecida, entretanto, a pesquisa, discutida mais adiante neste documento, revela que muitos fatores podem aumentar o risco de desenvolvê-la.

4.4. Peito Espaguete (Stringy-spongy)

Figura 6. Imagem de filé com miopatia fibrosa e esponjosa.



Esta condição, também conhecida como peito mole, é caracterizada pela perda estrutural do tecido conjuntivo, integridade do músculo peitoral, levando à friabilidade e afrouxamento das fibras musculares. Os frangos de corte são animais jovens (em desenvolvimento) e não possuem a maturidade dos tecidos conjuntivos (ligações cruzadas) de animais adultos, motivo pelo qual a carne de animais jovens é macia. Após o processamento, os feixes de fibras podem se separar e o músculo pode ser facilmente puxado com a mão (**Figura 6**). Tal como em outras miopatias, a incidência e a severidade do peito espaguete pode variar desde apenas uma pequena parte do peito a ser afetado até todo o músculo apresentando essa condição.

Histologicamente, o músculo parece desorganizado em termos de estrutura, com uma mistura de fibras musculares muito pequenas e outras muito grandes (**Figura 7**). Há observação de fibras musculares hipercontraídas, degeneração e regeneração ativas das fibras musculares; porém, isso é menos evidente em comparação com o peito amadeirado. Essa condição também não é totalmente compreendida, como no caso da miopatia de peito amadeirado e, no momento, a Aviagen está se empenhando para compreender melhor o peito espaguete e como é possível este ser atenuado ou minimizado.

Figura 7. Histomicrografia do músculo do peito afetado pela miopatia fibrosa e esponjosa. Entre as características do músculo estão as fibras musculares grandes (Lg) e as pequenas (Sm), juntamente com as fibras hipercontraídas (Hc), (100µm).



Há uma pesquisa em curso sobre esta condição, mas é possível correlacionar ao aumento do acúmulo de ácido láctico no músculo, causando a degradação do tecido conjuntivo, que mantém as fibras musculares e os feixes juntos. Além disso, o aumento dos níveis de ácido láctico também pode inibir a síntese de proteínas, podendo impactar na maturação e, portanto, na integridade do tecido conjuntivo do músculo. Por outro lado, o baixo pH do músculo, resultante do acúmulo de ácido láctico, pode estimular as enzimas proteolíticas a degradarem o tecido conjuntivo instável durante o desenvolvimento das aves. Uma terceira possível causa ou fator contribuinte são os níveis dietéticos inadequados

de aminoácidos (AA), que são essenciais para o bom desenvolvimento do tecido conjuntivo "bainha" (ou seja, endomísio), que encobre as fibras musculares (por exemplo, a prolina) - especialmente quando as aves são alimentadas com dietas à base de proteína vegetal. Em geral, os ingredientes de alimentos à base de vegetais são muito inferiores em prolina em relação às proteínas animais; portanto, o possível fator de risco associado aos alimentos está relacionado com dietas exclusivamente à base de vegetais.

5. Impacto da miopatia do músculo peitoral na qualidade alimentar

A **Tabela 1** resume os efeitos das diferentes miopatias do músculo peitoral na qualidade do produto e do seu uso na unidade de processamento. Como observado anteriormente, as miopatias do músculo peitoral são uma questão de qualidade da carne, não uma questão de saúde pública. As autoridades dos EUA e do Reino Unido afirmaram claramente que essa não é uma questão de saúde pública, mas a miopatia do músculo peitoral pode causar algum nível de rejeição, se considerada severa. A FSAops, órgão de controle de condenação em inspeções post-mortem do Reino Unido, produziu um guia que é uma referência útil sobre como lidar com o peito amadeirado durante o processamento. Mais detalhes são fornecidos no restante desta seção.

Tabela 1. Efeito das miopatias peitorais na qualidade do produto

Miopatia peitoral	Peito afetado	Resto da carcaça	Comentários
Estriações musculares (white striping)	Na maioria dos casos, utilizada normalmente Filés de peito com estriações musculares muito graves dificultam sua comercialização	Pode ser utilizada	O aumento do teor de gordura no peito pode criar problemas para rotular o teor máximo de gordura Preferência do consumidor pela carne sem estriações
Peito amadeirado (wooden breast)	Os filés com peito amadeirado com grau severo não podem ser utilizados e devem ser convertidos em outro produto para o qual a rigidez da carne não seja um problema	Pode ser utilizada	Capacidade de retenção de água reduzida Absorção reduzida de marinada Maior perda por gotejamento Maior perda no cozimento
Peito espaguete (stringy-spongy)	Não pode ser utilizada em produtos que exijam integridade estrutural muscular normal	Pode ser utilizada	Maior teor de umidade Difícil de fatiar
Miopatia peitoral profunda (MPP)	Filés de peito condenados	Na maioria dos casos, pode ser utilizada quando é retirada a parte afetada	Bastante problemático quando a ave é vendida inteira, uma vez que a miopatia pode permanecer indetectada até o consumidor cortá-la após a compra
Pálida, mole e exsudativa (PSE)	Pode ser utilizada	Pode ser utilizada	Preferência do consumidor sem PSE, mas não é um problema para a comercialização Baixa capacidade de retenção de água Cor pálida
Escura, firme e seca (DFD)	Pode ser utilizada	Pode ser utilizada	Vida de prateleira mais curta Alta capacidade de retenção de água

5.1. Estriações musculares (white striping)

Não há nenhum motivo convincente para que o consumidor não consuma peito de frango com estriações musculares. Não há evidências de agentes infecciosos na carne (Kuttappan et al., 2013b) e a única diferença importante são os teores um pouco mais alto de colágeno e gordura (Petracci et al., 2014). Apesar de afirmarem que há uma queda no valor nutricional da carne do peito com estriações musculares, devido ao aumento do teor de gordura, de 224% (CIWF, 2016), esta afirmação precisa ser colocada em perspectiva, pois o peito de frango com estriações musculares ainda é muito baixo em gordura e rico em proteínas comparativamente a outras fontes de carne (**Tabela 2**).

Tabela 2. Teor de gordura e proteína de carnes cruas

Carne	% Gordura	% Proteína	Referência
Peito de frango (sem pele) <i>Sem estriações</i>	0,8 - 1,0	22,8 - 22,9	Petracci et al. (2014), Mudalal et al. (2014)
Peito de frango (sem pele) <i>Estriações moderadas</i>	1,5	22,2	Petracci et al. (2014), Mudalal et al. (2014)
Peito de frango (sem pele) <i>Estriações severas</i>	2,2 - 2,5	18,7 - 20,9	Petracci et al. (2014), Mudalal et al. (2014)
Costeleta de porco	6,9	21,5	Base de dados da USDA Foods
Costeleta de cordeiro	4,9	20,4	Base de dados da USDA Foods
Lombo bovino	6,4	21,8	Base de dados da USDA Foods
Salmão	10,4	19,9	Base de dados da USDA Foods

Os estudos que investigam as qualidades alimentares da carne do peito com estriações musculares não revelaram diferenças constantes. Kuttappan et al. (2013a) não encontraram nenhuma diferença na qualidade alimentar, enquanto outros estudos encontraram aumento da perda no cozimento e na absorção de marinada (Petracci et al, 2013; Mudalal et al., 2014, 2015). Alguns estudos têm demonstrado uma menor força de cisalhamento (indicando carne mais macia) nos peitos com estriações musculares severas (Petracci et al., 2013), ao passo que um estudo com painel de sabores não encontrou nenhuma diferença na suculência, embora os peitos com estriações musculares tenham parecido ser um pouco mais difíceis de mastigar (Brambila et al., 2016). Um estudo realizado por Kuttappan et al. (2012a) revelou que os consumidores preferem os filés de peito sem estriações musculares, e a aceitação diminuiu à medida que severidade das estriações musculares aumentou. No entanto, em nenhuma instância os peitos com estriações musculares foram considerados inaceitáveis.

5.2. Peito amadeirado (wooden breast)

O peito amadeirado severo (acima do score 1) mostra um aumento acentuado na textura e mastigabilidade da carne, quando medido pelo analisador de textura (Mudalal et al, 2014; Chatterjee et al, 2016) ou por um grupo de provadores (Tasoniero et al., 2016). As amostras de miopatia com peito amadeirado também tinham o pH final mais elevado, baixa capacidade de retenção de água, absorção reduzida de marinada, maior perda por gotejamento e no cozimento (Mudalal et al, 2014; Dalle Zotte et al, 2014; Soglia et al., 2015).

Os produtores de frango com alta incidência de peito amadeirado recebem muito mais reclamações dos clientes quando estes peitos são utilizados em determinados produtos. Na maioria dos casos, a carne com peito amadeirado é utilizada para produtos triturados, onde a rigidez não é uma preocupação.

5.3. Peito espaguete (stringy-spongy) ou peito mole

Apenas um estudo investigou o efeito do peito espaguete na qualidade da carne (Baldi et al., 2017). Esses autores mostraram que a carne com este tipo de miopatia tinha teor de umidade mais elevado e teor de proteína mais baixo do que a carne normal. Nas unidades de processamento, a estrutura pobre do peito espaguete significa que ela só pode ser utilizada em determinados produtos e que tem um valor mais baixo no mercado.

5.4. Pálida, mole e exsudativa (PSE)

Droval et al. (2012) revelaram que os consumidores preferiram os peitos normais do que os peitos com características PSE, sendo o sabor o único parâmetro considerado significativamente diferente. Em um estudo conduzido por Desai et al. (2016), observou-se que as características PSE tornaram a carne do peito menos macia e suculenta do que a carne do peito normal, segundo a avaliação de um grupo de provadores. Enquanto 81% do grupo de provadores apreciaram o sabor da carne do peito normal, apenas 62% do grupo apreciaram o sabor da carne PSE.

Embora existam diferenças mensuráveis em relação à qualidade alimentar entre o peito normal e o PSE, geralmente não é visto como um motivo para excluir a carne PSE de determinadas categorias de produtos.

5.5. Escura, firme e seca (DFD)

Observou-se que os filés de peito com características DFD têm uma vida de prateleira (shelf life) mais curta (Allen et al., 1997). Não há nenhuma pesquisa sobre a preferência do consumidor ou a qualidade alimentar da carne de peito DFD.

5.6. Miopatia peitoral profunda (MPP)

O filé do músculo afetado pela miopatia peitoral profunda é rejeitado para consumo humano e o restante da carcaça pode ser cortada para recuperar a carne não afetada. O problema maior é para venda de aves inteiras, onde o problema é encontrado apenas pelo consumidor.

6. Biologia básica dos músculos

6.1. Estrutura e função

O tecido muscular é composto de 75% de água, 20% de proteína e os 5% restantes de gorduras, carboidratos e minerais. Os músculos esquelético se ligam através de feixes de colágeno (tendões) aos ossos do esqueleto para compor a estrutura corporal, postura, movimento e termorregulação. O músculo esquelético é composto de feixes (fascículos) de fibras musculares envolvidas por camadas de tecido conjuntivo (endomísio, perimísio e epimísio), que é composto por colágeno e outras glicoproteínas (**Figura 8**). O tecido conjuntivo é um componente importante do músculo, pois contém o suprimento de sangue aos nervos e também fornece integridade estrutural ao músculo.

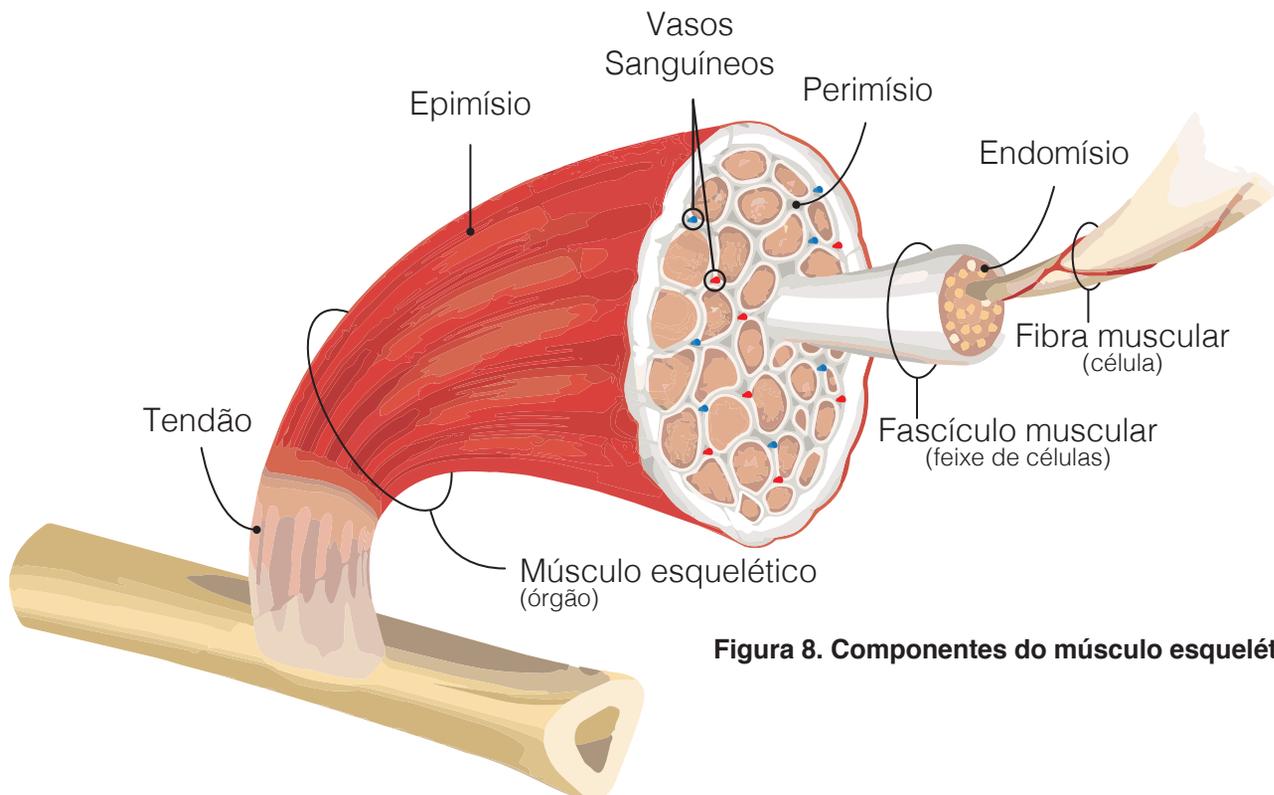


Figura 8. Componentes do músculo esquelético.

As fibras musculares são, por sua vez, compostas por filamentos de proteína de miofibrilas contráteis e grossas (miosina) e finas (actina, troponina, tropomiosina), que deslizam umas sobre as outras durante a contração muscular. A contração do músculo é desencadeada por um sinal nervoso (potencial de ação) que acaba aumentando os níveis de cálcio nas células musculares, que, por sua vez, iniciam o movimento das miofibrilas (contração). A extensão da contração (velocidade, força e duração da tensão) é regulada pelo sistema nervoso voluntário e involuntário. Os músculos geralmente são dispostos de maneira oposta, para que quando um grupo de músculos se contraia, os opostos se relaxem ou se alonguem.

A contração muscular necessita de grandes quantidades de energia, no entanto, os músculos armazenam apenas a energia necessária para iniciar a contração muscular e, uma vez usada, a energia para as contrações subsequentes passará a ser gerada pelo músculo. Os músculos podem produzir energia aeróbia (dependente de oxigênio) através do metabolismo de ácidos graxos ou do metabolismo anaeróbio da glicose (independente de oxigênio). Os nutrientes para a produção de energia pelas células musculares são provenientes do fluxo sanguíneo ou da energia armazenada no músculo (glicogênio). Em períodos de pico de atividade muscular, o oxigênio não consegue chegar à fibra muscular rápido o suficiente para que o metabolismo aeróbio continue e o metabolismo

anaeróbico entre em ação. O produto final do metabolismo anaeróbio é o ácido láctico, que pode se acumular no músculo, reduzindo o pH e inibindo os mecanismos de contração (fadiga muscular). Durante a contração muscular, as reservas de energia são consumidas, resultando na produção excessiva de calor e ácido láctico. Depois do relaxamento, as condições no interior do músculo voltam ao seu estado normal, com a remoção do ácido láctico, a substituição das reservas de energia e a dissipação do calor.

Os músculos esqueléticos podem ser diferentes no seu metabolismo e, categorizados genericamente como "vermelhos" ou aeróbicos (densos com vasos capilares e ricos em mitocôndrias e mioglobina) e "brancos" ou anaeróbicos (alguns vasos capilares, poucas ou nenhuma mitocôndria e mioglobina). A maioria dos músculos contém uma mistura com vários tipos de fibras. Os músculos peitorais (maior e menor) dos frangos são compostos de fibras musculares brancas, que se contraem rapidamente, e dependem principalmente do glicogênio armazenado para energia e entram em fadiga, acumulando facilmente o ácido láctico. Os músculos da coxa são constituídos principalmente de fibras musculares vermelhas que se contraem lentamente, mas podem utilizar os ácidos graxos, além do glicogênio como fonte de energia e, por conseguinte, sustentar uma prolongada atividade aeróbica.

6.2. Desenvolvimento e crescimento muscular

As células musculares são formadas no embrião através do processo de miogênese; as células musculares precursoras se fundem para formar as células musculares longas, que se tornam as fibras musculares. O músculo embrionário aumenta de tamanho através da proliferação das células musculares recém-formadas, aumentando o número de fibras musculares (hiperplasia). Após a incubação, o músculo só aumenta de tamanho através do alargamento das células musculares (hipertrofia). O crescimento da fibra muscular depende do agrupamento das células precursoras especializadas, chamadas de células satélites, que ficam na superfície das células musculares; estas células se proliferam e se fundem nas células musculares, fornecendo DNA adicional para o crescimento muscular. A nutrição inadequada dos pintos jovens pode ser prejudicial para o início da proliferação das células satélites, resultando na diminuição da capacidade de crescimento do músculo ao longo da vida (Velleman et al., 2010). O crescimento das fibras musculares necessita do acréscimo de proteínas do tecido estrutural e contrátil; no entanto, as proteínas musculares contráteis limitam a vida e devem ser quebradas e resintetizadas (rotatividade de proteína). Em animais jovens, 20-25% das proteínas são degradadas e substituídas diariamente. A síntese e a degradação das proteínas são controladas por mecanismos celulares complexos e influenciadas por muitos fatores, como idade, doença, sobre e subnutrição, exercícios, inatividade, agentes endógenos, exógenos e genética.

6.3. Reparo muscular

As células musculares passam por manutenção contínua como parte da função celular normal. O comprometimento da função e da estrutura muscular normal podem ocorrer fisicamente (riscos minúsculos e traumas) e quimicamente (pH celular alterado ou dano oxidativo). A reparação muscular é um processo fisiológico natural que exige ativação, proliferação e agrupamento das células satélites, envolvendo uma sequência em cascata de moléculas de sinalização celular, hormônios e fatores de crescimento. As células satélites se proliferam e as novas células se fundem para reparar os danos e formar novas miofibrilas. A capacidade de uma célula satélite de se dividir e se proliferar é finita, o que significa que sua atividade diminui com a idade. Por esse motivo, a incapacidade de estabelecer um número adequado dessas células no pinto jovem pode afetar a habilidade de reparação do músculo ao longo da vida. É importante observar que os maiores números de células satélites são encontrados nas fibras musculares vermelhas, uma vez que os músculos vermelhos estão mais sujeitos à manutenção e reparação pelas atividades musculares diárias.

6.4. Alterações musculares após o abate

Após o abate, há uma alteração no metabolismo intramuscular, pois o suprimento sanguíneo para o tecido muscular cessa, interrompendo o fluxo de oxigênio e de energia para o tecido e a remoção dos resíduos metabólicos. Impulsos nervosos descontrolados no tecido muscular causam uma grande liberação de cálcio nas células musculares, ativando várias enzimas proteolíticas. Com a queda do nível de oxigênio no músculo, há uma mudança para o metabolismo anaeróbico, para gerar energia proveniente do glicogênio muscular armazenado. Essa consequência, combinada com a interrupção da circulação sanguínea, resulta em acúmulo de ácido láctico no músculo, diminuindo o pH do tecido. A degradação post-mortem da estrutura muscular se deve à ativação das enzimas proteolíticas (calpaínas, calpastatina e catepsinas). A degradação da ultraestrutura muscular é um fator importante para a maciez da carne durante a maturação, após o abate. A quantidade de ácido láctico produzido post-mortem depende do nível de glicogênio no músculo (influenciado pela atividade pré-abate) e a taxa de resfriamento (a produção de ácido láctico e atividade de enzimas proteolíticas só ocorrem quando as células musculares estão quentes).

6.5. Alterações fisiológicas que podem resultar em miopatias do músculo peitoral

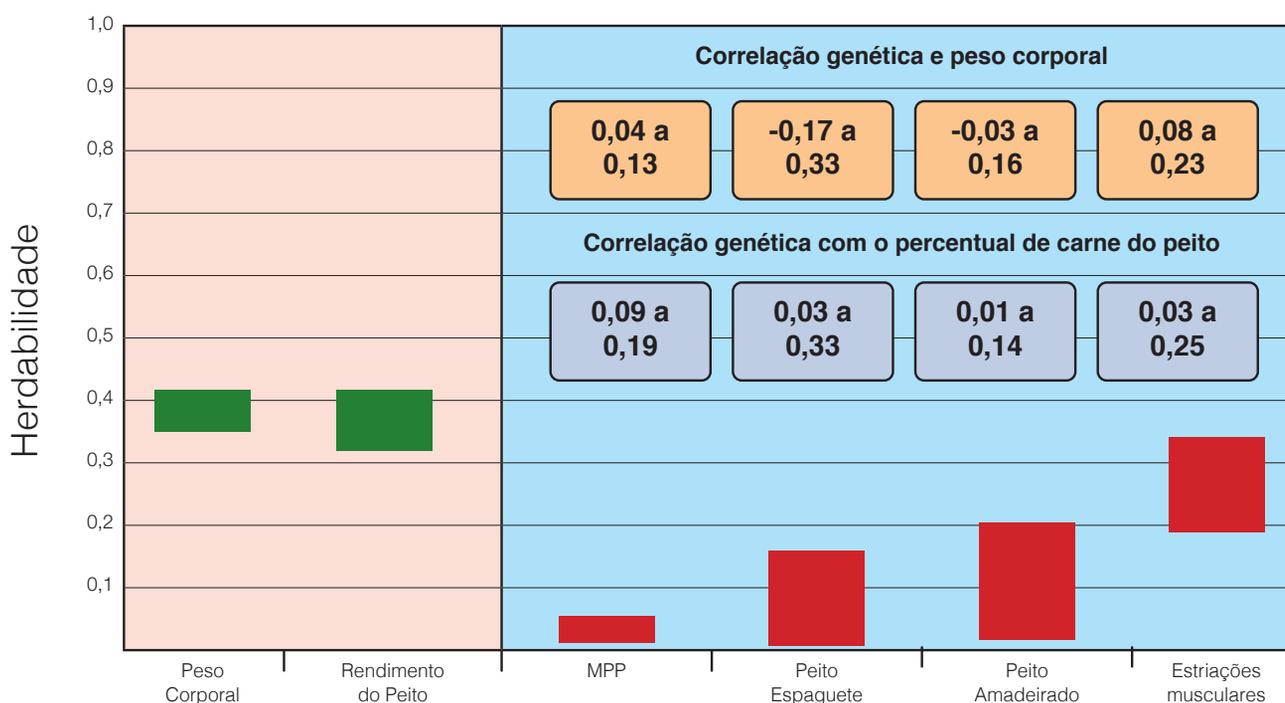
As causas exatas das miopatias do músculo peitoral ainda não foram identificadas. Os músculos do peito de frangos de corte têm características estruturais e de desenvolvimento únicas que aumentam sua suscetibilidade ao dano celular por isquemia. A isquemia começa quando o fluxo sanguíneo local não pode satisfazer as demandas metabólicas do tecido muscular (a taxa de suprimento de oxigênio e a remoção de resíduos metabólicos, como o ácido láctico). Isso pode ser especialmente crítico durante os períodos de alta atividade metabólica (por exemplo, muito esforço ou estiramento do músculo peitoral). O acúmulo de ácido láctico e a falta de oxigênio podem resultar na perda da integridade da membrana da célula muscular, o esgotamento de energia e o aumento de cálcio intracelular, levando à hipercontratilidade das células músculo-esqueléticas e, finalmente, à morte celular. Quando uma fibra muscular é danificada, os produtos da degradação resultante desencadeiam uma resposta inflamatória local e natural para a sua limpeza e reparação. O processo de reparação muscular inclui a deposição de grandes quantidades de tecido conjuntivo. O colágeno, principal proteína do tecido conjuntivo, é inicialmente depositado como um pró-colágeno, de natureza menos estável do que o colágeno maduro com ligações cruzadas. O pró-colágeno recém-depositado é mais suscetível aos efeitos do pH e à temperatura e provavelmente apresenta mais riscos de miopatias, como o peito espaguete.

A carga de calor (calor exógeno ou endógeno) e os danos oxidativos podem desempenhar um papel importante no desenvolvimento de miopatias do músculo peitoral. Esses fatores podem resultar em contração prolongada, rigidez muscular e isquemia. Como resultado desse processo, as espécies reativas de oxigênio (ERO; ânions superóxidos) aumentam. A produção de ERO causa dano oxidativo às proteínas e ao DNA no músculo. As ERO também diminuem o canal de liberação de cálcio mitocondrial e a capacidade da mitocôndria de produzir energia. A sobrecarga resultante do cálcio leva à maior produção de lactato e glicólise. Várias substâncias farmacológicas e fitogênicas (por exemplo, alguns antibióticos; timol) estimulam o estresse térmico e aumentam os níveis de ERO. Além disso, pesquisas recentes indicam que algumas populações de células satélites no músculo peitoral podem se diferenciar em adipócitos, quando submetidas a altas temperaturas (Clark et al., 2017), podendo ser importantes para o desenvolvimento da estriações musculares.

7. Genética e miopatias do músculo peitoral

Os dados das pesquisas atuais publicadas indicam que miopatias podem ser observadas em várias linhagens comerciais de frangos de corte, diferenciando no rendimento do peito e na taxa de crescimento (Kuttappan et al. 2012b, c, d; Petracci et al., 2013; Shivo et al., 2013; Ferreira et al., 2014; Mudalal et al., 2015). Como parte do programa de seleção genética da Aviagen, a incidência e a gravidade das miopatias foram registradas em candidatos de seleção individual, em várias linhagens, por vários anos. Através do uso desses registros, as bases genéticas das miopatias podem ser caracterizadas estimando-se a herdabilidade das miopatias e suas relações genéticas com a taxa de crescimento e rendimento do músculo peitoral (Bailey et al., 2015). A gama de herdabilidade das miopatias do músculo do peito é exibida juntamente com a herdabilidade relacionada ao rendimento peitoral e peso corporal, para fins de comparação, na **Figura 9**.

Figura 9. Herdabilidade das miopatias do músculo peitoral, peso corporal e rendimento do peito (Bailey et al., 2015).

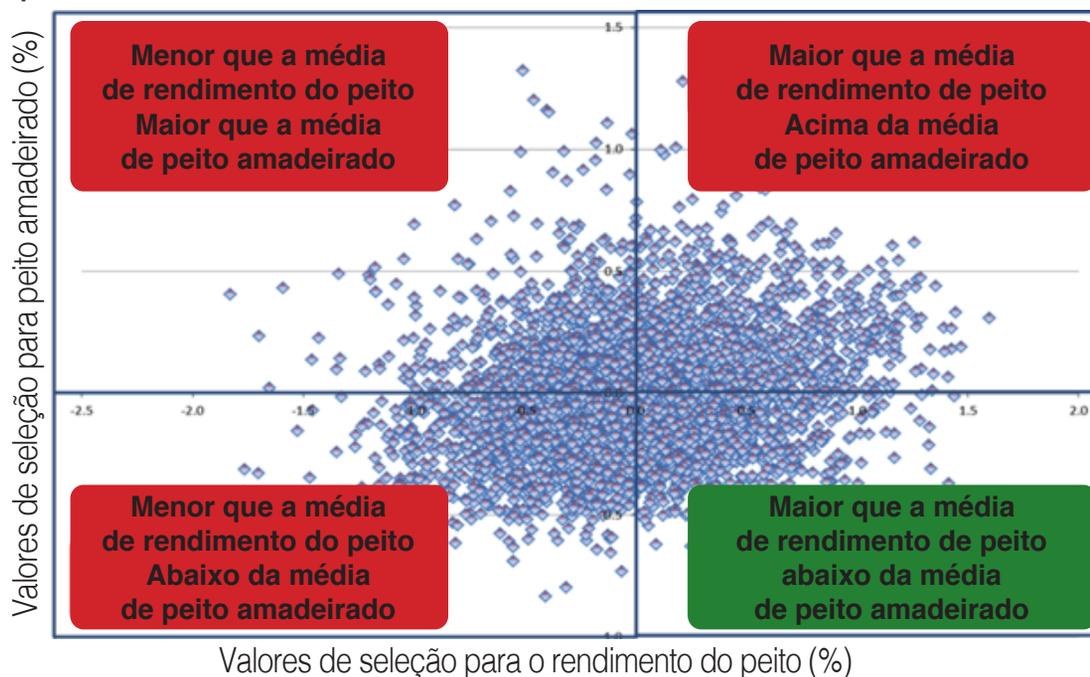


Todas as características do frango estão sob o controle de fatores genéticos (transmitidos pelos pais) e fatores ambientais (manejo, nutrição, desafio imunológico e intestinal, condições ambientais do aviário, clima, etc.) e a soma desses efeitos pode ser observada no desempenho em campo. A herdabilidade é a proporção da variação observada na característica que é explicada através dos efeitos genéticos.

A **Figura 9** compara o intervalo das estimativas da herdabilidade do peso corporal e do rendimento do peito (barras verdes) com as das miopatias do músculo peitoral (barras vermelhas). Por exemplo, o rendimento e peso corporal têm herdabilidade que variam de 0,32 a 0,42 e são mais elevadas do que as herdabilidades do músculo peitoral, indicando que a influência de fatores não genéticos é muito maior para as miopatias do músculo peitoral. As herdabilidades para a miopatia peitoral profunda, peito amadeirado, peito espaguete são muito baixas, variando de 0,02-0,20, o que indica que os fatores não genéticos são responsáveis por pelo menos 80% da variação dessas características. A herdabilidade para as estriações musculares varia de 0,19 a 0,34. Isso mostra que há um componente genético maior para a expressão das estriações musculares, em comparação com outras miopatias do músculo peitoral. No entanto, ainda há uma influência predominante de fatores não genéticos que são responsáveis pela variação de 66% a 81% das estriações musculares.

A correlação genética é uma medida da base genética compartilhada por duas características; ou seja, a seleção de uma característica genética resulta em uma resposta genética correlacionada em outra característica. O gráfico exibido na **Figura 9** mostra as correlações genéticas entre o peso corporal e o rendimento do peito com as miopatias do músculo peitoral. Estima-se que o peso corporal apresente uma correlação genética de 0,170 a 0,228 em relação às miopatias do músculo peitoral, enquanto que o rendimento do peito apresenta uma correlação genética de 0,092 a 0,330 em relação às miopatias do músculo peitoral. As correlações genéticas baixas descritas indicam que existe uma relação de baixo nível entre o aumento do rendimento da carne do peito e o peso corporal e a expressão das miopatias do músculo peitoral. Embora acredite-se que a incidência das miopatias do músculo peitoral esteja ligada à seleção genética das aves para o aumento do rendimento do peito e o aumento das taxas de crescimento, nossas estimativas sobre as correlações genéticas indicam que a seleção para essas características não significa necessariamente o aumento dos riscos das miopatias do músculo peitoral. O gráfico de dispersão abaixo (**Figura 10**) mostra os valores de seleção para o peito amadeirado e o percentual de rendimento do peito. Ele revela que o peito amadeirado pode ocorrer em aves com percentuais altos e baixos de rendimento de peito. Pode-se observar que há uma proporção de aves com um alto potencial genético para o percentual de rendimento do peito e o peito amadeirado abaixo da média no quadrante inferior direito do gráfico. Essa proporção representa as aves que podem ser selecionadas para as duas características, na direção desejada, como parte de uma estratégia de seleção genética equilibrada. A Aviagen continua a abordar as miopatias do músculo peitoral como parte de um programa de seleção genética equilibrado, com o objetivo de reduzir a propensão genética, para expressar a miopatia do músculo peitoral em campo. Dada a base genética relativamente baixa das miopatias do músculo peitoral, a seleção genética produzirá melhoramentos variando de pequeno a moderado na expressão das miopatias do músculo peitoral. Está claro que a chave para reduzir a expressão das miopatias do músculo peitoral será uma compreensão mais abrangente dos efeitos dos fatores ambientais, como o manejo ou nutrição, na sua expressão. Necessita-se de mais pesquisa sobre os fatores não genéticos e seu impacto nas miopatias do músculo peitoral.

Figura 10. Gráfico de dispersão mostrando os valores de seleção para peito amadeirado e de rendimento da carne do peito.



7.1. Estudos de expressão gênica

Um método para compreender os mecanismos celulares envolvidos no desenvolvimento das condições, como o peito amadeirado, envolve o estudo da expressão gênica. Nas aves com peito amadeirado, esse método determina se os genes estão regulados ascendente ou descendemente nas aves afetadas em comparação com as aves não afetadas (ou seja, são algumas vias biológicas mais

ou menos ativas). Existem vários estudos sobre a expressão gênica que mostram as alterações na expressão gênica em aves com peito amadeirado comparativamente a aves sem essa condição (Mutryn et al, 2015; Zambonelli et al., 2016).

Os resultados desses estudos mostram que os músculos com miopatias têm um aumento da expressão de muitos genes associados aos processos metabólicos (hipóxia, estresse oxidativo, metabolismo do cálcio, metabolismo da gordura, inflamação), biológicos, anatômicos e processos estruturais e biológicos. Esses processos celulares confirmam o que é mostrado no exame histopatológico dos músculos com miopatias - ou seja, fibrose, infiltração de células imunes, hipóxia, deposição de gordura e regeneração e reparação das fibras musculares. A pesquisa realizada pela nossa colaboradora, Dra. Sandra Velleman (Universidade do Estado de Ohio), indica que o músculo com peito amadeirado aumentou a expressão dos genes ligados à proliferação das células satélites, bem como a diferenciação celular, que são indicativos de crescimento e reparo muscular ativo (Velleman, comunicação pessoal). Além disso, essa pesquisa mostrou o aumento da expressão dos genes envolvidos no alinhamento do colágeno e na ligação cruzada, resultando em uma estrutura muscular mais rígida.

Através do estudo da expressão gênica, podemos compreender melhor a fisiopatologia das miopatias; no entanto, devemos observar que elas não oferecem necessariamente uma explicação de causa e efeito (ou seja, esses resultados podem demonstrar causas e efeitos ou simplesmente consequências associadas à presença da miopatia). Embora as abordagens moleculares para compreender a fisiopatologia tenham revelado diferenças em muitas vias metabólicas, não é viável incorporar todas essas interações em um programa de seleção genética prática, devido à natureza complexa dessas vias. Entretanto, os efeitos de todos os genes subjacentes identificados em estudos de expressão gênica podem ser obtidos através da identificação das aves com miopatias do músculo peitoral. As informações sobre a base genética e as correlações genéticas da miopatia do músculo peitoral com outras características podem ser incluídas como parte de uma meta de seleção genética equilibrada, conforme descrito acima.

7.2 Análises metabômicos e proteômicos

Novas pesquisas para compreender os mecanismos mais profundos das miopatias do músculo peitoral incluem o uso da metabolômica e proteômica para caracterizar as diferenças fisiológicas e celulares nos filés de peito com e sem miopatias. Kuttappan et al. (2017) mostraram, através do uso da proteômica, que os filés com peito amadeirado apresentam diferenças significativas nas proteínas relacionadas com o movimento celular, o metabolismo dos carboidratos, a síntese de proteínas e a maturação de proteínas em relação aos músculos sem peito amadeirado. Boerboom et al. (2018) analisaram os filés com e sem peito amadeirado através da metabolômica para identificar as vias biológicas que podem explicar a ocorrência do peito amadeirado. Foram encontradas diferenças significativas no metabolismo dos carboidratos e na composição dos ácidos graxos dos filés com peito amadeirado em comparação com os filés sem peito amadeirado e também houve evidência de hipóxia e estresse oxidativo nos filés afetados. Os resultados das análises metabolômica e proteômica estão em conformidade com as descobertas dos estudos de expressão genética mencionados anteriormente. Esses estudos mostram as diferenças na composição e na fisiologia dos filés com miopatia, como se espera, pois a análise histológica revela evidências das alterações bioquímicas e estruturais nas miopatias do músculo peitoral. Embora esses estudos mostrem o que ocorre no interior do tecido muscular no momento da amostragem e permitam a especulação sobre as possíveis causas das miopatias, ainda não se sabe com certeza o que causa a ruptura inicial nos tecidos, sendo necessárias mais pesquisas sobre o assunto.

8. Curva de crescimento e miopatias do músculo peitoral

Em 2014, as observações em campo na Europa Ocidental sugeriram que o aumento do ganho de peso repentino, como as que ocorrem após o abate parcial (que resultam nos aumentos abruptos no espaço disponível dos comedouros, bebedouros e área disponível para as outras aves), aumenta a incidência e gravidade do peito amadeirado. Praticamente na mesma época, vários clientes, acadêmicos e representantes dos meios de comunicação curiosamente atribuíram as miopatias do músculo peitoral à taxa de crescimento rápido dos frangos de corte modernos.

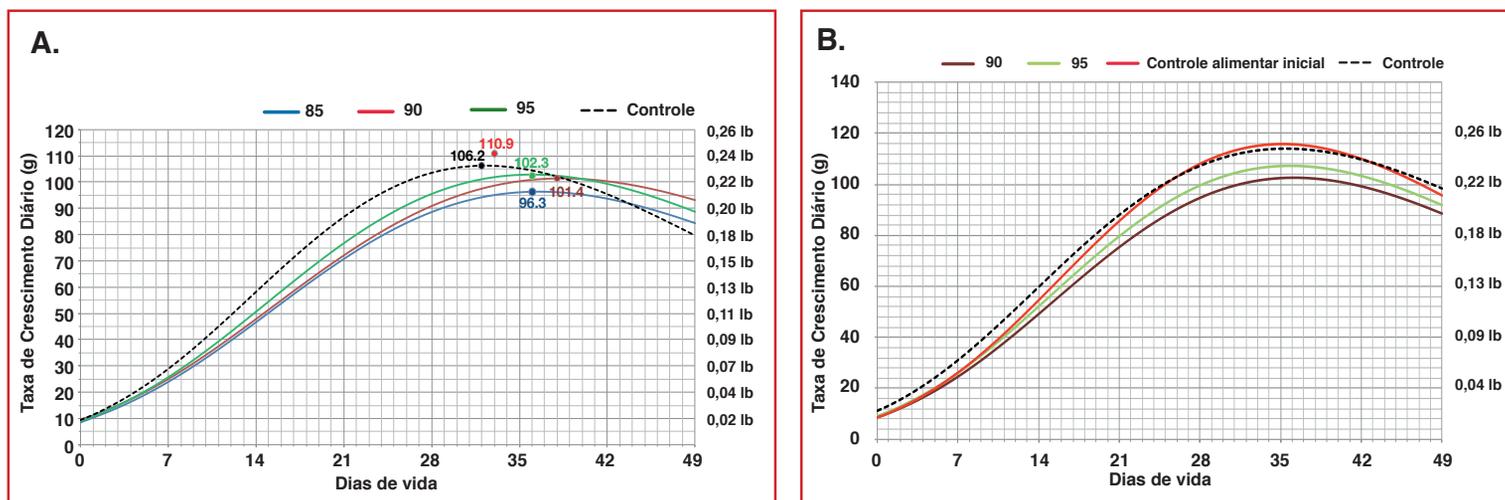
Com a pouca disponibilidade de evidências científicas para apoiar ou refutar essa afirmação, a Aviagen e a Universidade de Auburn iniciaram um projeto colaborativo de pesquisa de doutorado para entender melhor o impacto da curva de crescimento dos frangos de corte e as modificações na curva de crescimento em relação a incidência e a gravidade das miopatias do músculo peitoral.

8.1 Crescimento modificado através do controle alimentar quantitativo

O efeito de controlar o consumo de ração e assim modificar a curva de crescimento na incidência de miopatia peitoral em frangos de corte de alto rendimento (Ross 708) foram investigados em dois estudos (Meloche et al., 2018a; estudo interno da Aviagen). Nesses estudos, os frangos foram alimentados ad libitum ou com 80 a 95% ad libitum durante todo o período de crescimento. Em ambos os estudos, as aves tratadas com alimentação controlada tiveram menor peso corporal na idade do processamento final e uma redução na incidência de peito amadeirado e de estriações musculares (**Tabela 3, Figura 11**). Meloche et al. (2018a) concluíram que controlar a alimentação ad libitum em 95% durante toda a vida reduziria consideravelmente as miopatias do músculo peitoral sem nenhum melhoramento estatisticamente significativo além desse nível de controle alimentar quantitativo, tendo esses resultados sido comprovados pelos achados do estudo interno da Aviagen. Em todos os casos, o peso corporal no processamento final foi reduzido, e no estudo interno da Aviagen, a conversão alimentar também aumentou quando o consumo de ração foi controlado (**Tabela 3**).

Meloche et al. (2018a) também registraram os níveis de creatina quinase (CK) e desidrogenase láctica (LDH); essas duas enzimas são indicadores gerais de dano muscular e celular. Em comparação com as aves alimentadas ad libitum, os níveis plasmáticos de LHD e CK reduziram nas aves com a ingestão da ração em 95, 90 ou 85%. Embora várias isoformas de creatina quinase sejam expressas em vários tecidos, a principal isoforma presente no plasma dos frangos é proveniente do músculo esquelético.

Figura 11. O efeito do controle alimentar quantitativo na taxa de crescimento diária em (a) Meloche et al. (2018a) e (b) estudo interno da Aviagen.



O nível de creatina do plasma foi utilizada anteriormente como um indicador da integridade da membrana comprometida na presença de miopatias. Os níveis elevados de creatina quinase no sangue são indicativos de lesão muscular. A desidrogenase láctica é outra enzima intracelular que catalisa a conversão de piruvato para lactato – uma via chave no tecido muscular glicolítico, como é o caso do músculo do peito de frango. A desidrogenase láctica é liberada na corrente sanguínea quando as células são danificadas ou destruídas. Desta forma, essas enzimas podem ser usadas como indicadores gerais de dano celular e do tecido.

Estudos também têm investigado a alimentação controlada em partes da curva de crescimento. Trocino et al. (2015) encontraram aumento na estriação muscular e nenhuma mudança no peito amadeirado quando a alimentação ad libitum dos frangos foi reduzida para em 80% entre 13 a 21 dias de idade e os frangos foram processados aos 46 dias de idade. Da mesma forma, reduzir a alimentação ad libitum em 95%, de 0 a 11 dias de idade, não teve efeito no peso vivo final ou no peito amadeirado e nas estriações musculares (**Tabela 3**, estudo interno da Aviagen). Esses estudos sugerem que controlar o consumo alimentar para apenas parte do período de crescimento (0 a 11 dias) não é tão eficaz para o controle de miopatias do músculo peitoral como seria a redução do consumo para todo o período de crescimento.

Esses estudos mostraram que é possível reduzir a incidência de peito amadeirado e estriações musculares através da modificação da curva de crescimento. Em aviários que contam com equipamentos que podem medir e controlar o consumo de ração, esse pode ser um dos métodos para reduzir a incidência de miopatias do músculo peitoral, embora tenha de ser equilibrado com a perda no desempenho dos frangos de corte, se a alimentação controlada for aplicada em toda a curva de crescimento. Conforme observado na **Seção 8.3**, talvez seja possível controlar a alimentação por um período específico, a fim de reduzir as miopatias do músculo peitoral sem afetar negativamente o desempenho dos frangos de corte. Alguns produtores reduziram com êxito a incidência de peito amadeirado, diminuindo o consumo alimentar ad libitum em 97% através desse método. No entanto, a maioria dos aviários não tem o equipamento para controlar a alimentação dos frangos de corte e é necessário usar métodos alternativos para controlar a curva de crescimento .

Tabela 3 Resumo dos estudos sobre alimentação controlada¹.

Estudo	Idade de Processamento (d)	Tratamento	Escore do peito amadeirado ²	Escore das estriações musculares ²	Peso médio kg (lbs)	Conversão alimentar	Ajuste de conversão alimentar para 3,5kg/7,7lbs ^{3,4}
Meloche et al. (2018a)	33	Controle ad libitum 95% ad libitum 90% ad libitum 80% ad libitum Linear ⁵ Quadrático	0,643 0,107 0,143 0,107 p < 0,001 p = 0,01	0,786 0,500 0,429 0,250 p < 0,01 ns			
	43	Controle ad libitum 95% ad libitum 90% ad libitum 80% ad libitum Linear Quadrático	1,593 0,536 0,107 0,143 p < 0,001 p < 0,001	1,851 1,321 1,000 0,964 p < 0,001 p = 0,03			
	50	Controle ad libitum 95% ad libitum 90% ad libitum 80% ad libitum Linear Quadrático	0,702 0,393 0,143 0,143 p < 0,001 ns	1,593 0,857 1,071 0,821 p < 0,001 p = 0,01	3,748 (8,26) 3,579 (7,89) 3,516 (7,75) 3,347 (7,38) p < 0,001 ns	1,823 1,785 1,725 1,714 p < 0,001 ns	1,740 1,741 1,712 1,740
	Idade de Processamento (d)	Tratamento	Escore do peito amadeirado	Escore das estriações musculares	Dias para atingir 3,35kg/7,39lbs	Conversão alimentar	Ajustes da conversão alimentar para 3,35 kg/7,39 lbs ³
Estudo Interno da Aviagen	32	Controle ad libitum 95% ad libitum 90% ad libitum 95% ad libitum somente até o dia 11 ns	0,05 0,00 0,00 0,00 ns	0,00 0,14 0,08 0,20 ns			
	49	Controle ad libitum 95% ad libitum 90% ad libitum 95% ad libitum somente até o dia 11 p < 0,05	0,23 0,13 0,10 0,27 p < 0,05	0,74 0,50 0,44 0,61 p < 0,001	43,6 46,4 48,2 44,4		1,548 1,658 1,675 1,516

1. Peso corporal e conversão alimentar relatados apenas na idade do processamento final. Rendimento de carne do peito não relatado. 2. Os filés de peito foram marcados com a presença de miopatia 0 (nenhuma), 1 (leve) ou 2 (severo). A pontuação da miopatia é a média para todos os filés avaliados. 3. Ajuste da CA: CA ajustada para o peso estabelecido. 4. Conversão alimentar ajustada e calculada a partir dos dados fornecidos em Meloche et al. (2018a). 5. A análise estatística realizada pelos autores testou as alterações lineares e quadráticas com a redução do consumo de ração.

8.2 Modificações no crescimento através da manipulação qualitativa da densidade da dieta

Ficou claro desde os primeiros dois estudos, que o controle quantitativo do consumo de ração pode ser usado com eficácia para modificar a curva de crescimento dos frangos de corte e reduzir a incidência e a gravidade das miopatias do músculo peitoral. No entanto, em algumas regiões do mundo, talvez não seja possível adotar o controle alimentar quantitativo com precisão, devido à falta de (precisão) de equipamentos para pesagem. Outra abordagem prática para modificar a curva de crescimento é reduzir a alocação dos nutrientes da dieta **qualitativamente** através da manipulação de aminoácidos e da densidade energética da dieta.

Dois estudos investigaram se a redução da densidade dos nutrientes da dieta poderia reduzir o consumo dos nutrientes, modificar a curva de crescimento e, assim, afetar a incidência das miopatias do músculo peitoral (Meloche et al., 2018b, estudo interno da Aviagen). Estudos anteriores da Aviagen mostraram que os frangos de corte poderiam ajustar seu consumo voluntário de alimentos para compensar aproximadamente 5% na redução da densidade dos nutrientes da dieta, mas em ambos os estudos, contrariando as expectativas, os frangos de corte dos genótipos atuais puderam compensar uma redução de 10% de energia através de um maior consumo de alimentos, obtendo o mesmo peso corporal final (**Tabela 4**). Como consequência, a curva de crescimento dos frangos de corte não foi modificada com sucesso e houve diferenças muito pequenas nas miopatias do músculo peitoral entre os diversos tratamentos.

Não houve nenhuma evidência de que a diminuição da densidade nutricional da dieta reduziria a incidência de peito amadeirado ou as estriações musculares; esse fato foi coerente nos dois experimentos (**Tabela 4**). De fato, reduzir a densidade dos nutrientes da dieta de 8 a 14 e 8 a 25 dias (Meloche et al., 2018b, Estudo 1) e 0 a 11 dias e 0 a 28 dias (estudo interno da Aviagen) aumentou a incidência de peito amadeirado e estriações musculares, comprovando a observação de que a má nutrição inicial pode aumentar o risco de miopatias do músculo peitoral (**ver a Seção 10.2**). Concluiu-se que a redução da densidade nutricional da dieta não foi um método eficaz para reduzir as miopatias do músculo peitoral.

Tabela 4 Resumo dos estudos sobre a densidade das rações^{1,2}

Estudo	Experimento	Densidade da dieta	Idade de Processamento (d)	Peito amadeirado severo %	Estriações musculares graves %	Peso médio kg (lbs)	Conversão alimentar	Rendimento de peito (%)
Meloche et al. (2018b) ³	1	100, 100, 100 95, 100, 100 95, 95, 100 95, 95, 95 90, 100, 100 90, 90, 100 90, 90, 90	35	18,2 ^{bc} 32,9 ^a 30,4 ^{ab} 18,6 ^{bc} 34,7 ^a 24,8 ^{abc} 26,8 ^{abc}	31,6 41,3 31,7 28,8 41,2 26,2 34,5	3,162 (6,97) 3,183 (7,02) 3,171 (6,99) 3,124 (6,89) 3,140 (6,92) 3,176 (7,00) 3,132 (6,90)	1,582 ^b 1,586 ^b 1,605 ^b 1,646 ^{ab} 1,582 ^b 1,622 ^b 1,698 ^a	23,72 ^b 23,91 ^{ab} 23,96 ^{ab} 23,99 ^{ab} 23,89 ^{ab} 24,14 ^{ab} 24,34 ^a
	2	100, 100, 100, 100 95, 100, 100, 100 95, 95, 100, 100 95, 95, 95, 95 90, 100, 100, 100 90, 90, 100, 100 90, 90, 90, 90	43	36,5 ^a 26,1 ^{ab} 37,7 ^a 39,3 ^a 29,9 ^{ab} 38,9 ^a 20,8 ^b	64,5 ^a 55,9 ^{ab} 59,0 ^{ab} 62,0 ^a 45,3 ^{ab} 50,3 ^{ab} 42,3 ^b	3,792 (8,36) 3,827 (8,44) 3,766 (8,30) 3,777 (8,33) 3,772 (8,32) 3,798 (8,37) 3,789 (8,35)	1,675 ^c 1,684 ^c 1,715 ^{bc} 1,749 ^{ab} 1,701 ^{bc} 1,730 ^{bc} 1,806 ^a	26,43 ^b 26,65 ^b 26,39 ^b 26,35 ^b 27,36 ^a 26,46 ^b 26,58 ^b
				Escore do peito amadeirado ⁵	Escore das estriações musculares ⁵			
Estudo Interno da Aviagen ⁴		100, 100, 100, 100, 100, 90, 100, 100, 100, 100, 90, 90, 100, 100, 100, 90, 90, 90, 100, 100, 100, 90, 100, 100, 100, 100, 90, 90, 100, 100, 100, 90, 90, 90, 100, 100, 100, 90, 100, 100, 100, 100, 90, 90, 100, 100, 100, 100, 90, 100, 90, 90, 90, 90, 90	62	0,55 ^{de} 0,85 ^{abc} 1,04 ^a 0,63 ^{cde} 0,68 ^{cde} 0,96 ^{ab} 0,69 ^{cde} 0,75 ^{bode} 0,53 ^b 0,77 ^{bcd} 0,57 ^{de} 0,94 ^{ab}	0,89 ^{ef} 1,21 ^{abc} 1,37 ^a 0,77 ^f 0,95 ^{ef} 1,19 ^{abcd} 0,93 ^{ef} 0,98 ^{cdef} 1,06 ^{bode} 0,97 ^{def} 0,97 ^{def} 1,24 ^{ab}	3,960 (8,73) 4,157 (9,16) 4,191 (9,24) 4,124 (9,09) 4,181 (9,22) 4,139 (9,12) 3,993 (8,80) 4,122 (9,09) 3,950 (8,71) 4,076 (8,99) 4,223 (9,31) 4,339 (9,57)	2,112 ^c 2,093 ^c 2,116 ^c 2,197 ^b 2,232 ^{ab} 2,136 ^c 2,217 ^{ab} 2,260 ^a 2,200 ^b 2,229 ^{ab} 2,115 ^c 2,260 ^a	

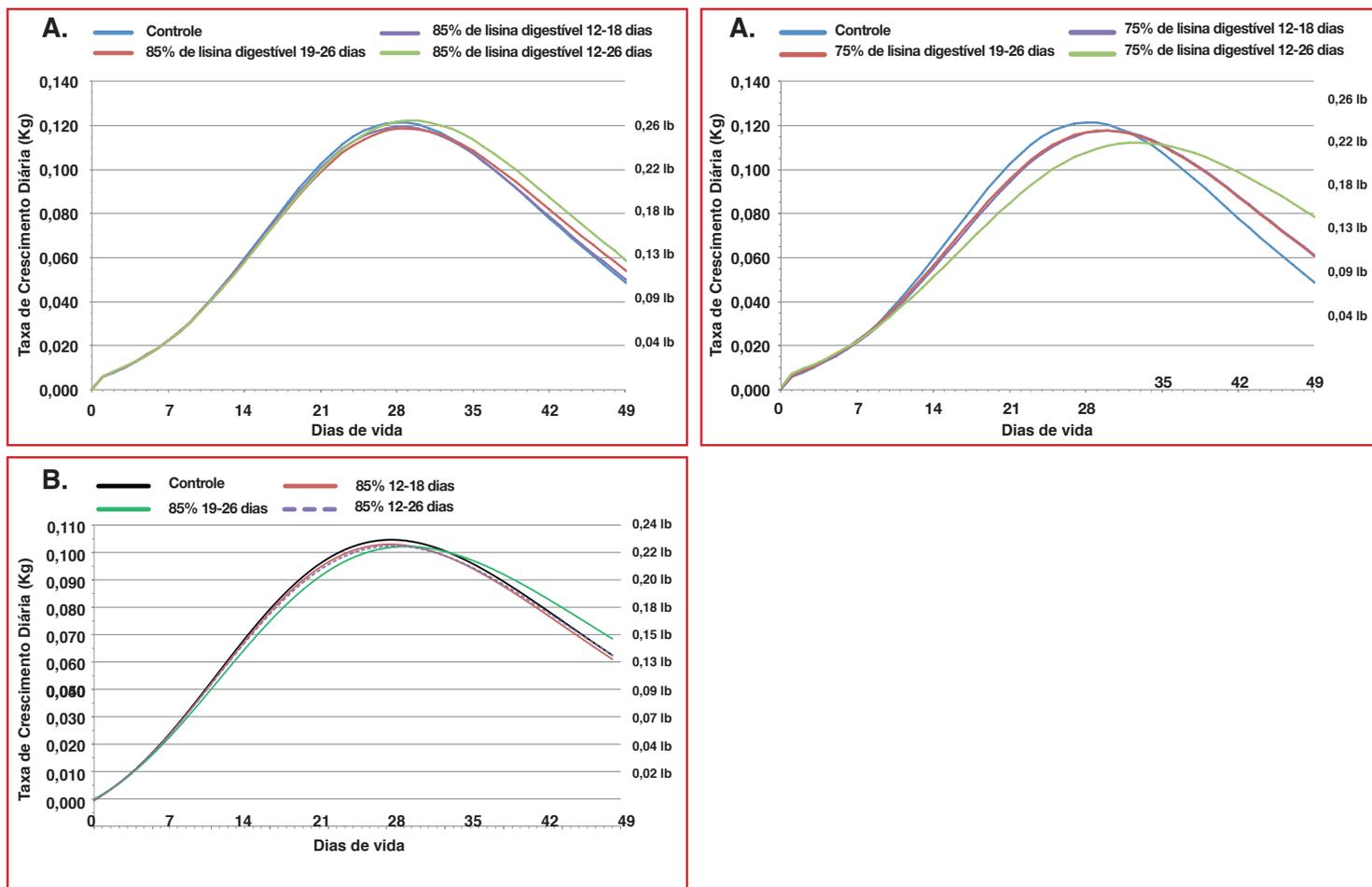
1. As aves receberam as dietas recomendadas pela Aviagen (100) ou todos os nutrientes foram reduzidos em 95 ou 90%, segundo as recomendações da Aviagen.
2. Os resultados em um quadro com o mesmo índice não são significativamente diferentes em $p < 0,05$. Onde nenhum índice é mostrado, não houve diferenças significantes.
3. Os períodos de alimentação foram de 8-14, 15-25, 26-42 e 43-48 dias
4. Os períodos de alimentação foram de 0-11, 12-28, 29-40, 41-48 e 49-62 dias.
5. Os filés de peito foram marcados com a presença de miopatia 0 (nenhuma), 1 (leve), 2 (moderada) ou 3 (severo). A pontuação da miopatia é a média para todos os filés avaliados

8.3 Redução de lisina

Para ser mais eficaz, uma abordagem qualitativa para o controle alimentar não deve resultar no aumento do consumo voluntário de alimentos para compensar a mudança na densidade dos nutrientes da dieta dos frangos de corte. Uma abordagem viável é a redução da concentração dietética de um único aminoácido essencial. Se um aminoácido estiver presente em níveis elevados no músculo do peito, por definição, o crescimento deverá ser reduzido quando houver um consumo inadequado desse aminoácido para maximizar o crescimento. Também é importante que o aminoácido selecionado não seja essencial para o desenvolvimento das penas, caso contrário, outro possível problema será criado devido ao comprometimento do empenamento. A lisina digestível (dLYS), portanto, é um candidato ideal, já que o frango é incapaz de reconhecer uma mudança no nível da lisina digestiva na dieta e ajustar o seu consumo alimentar. A lisina representa ~ 7% do teor de aminoácidos na proteína da carcaça sem penas, mas apenas ~ 2% do teor de aminoácidos encontrados nas penas. Além disso, a lisina destinada aos alimentos é comumente complementada nas dietas das aves e pode, portanto, ser facilmente reduzida da dieta na fábrica de ração.

Meloche et al. (2018c, d) mostraram que reduzir apenas os níveis de lisina digestível da dieta abaixo das recomendações da Aviagen poderia alterar a curva de crescimento (**Figura 12**) e reduzir significativamente a incidência e a gravidade do peito amadeirado e das estriações musculares (**Tabela 5**). Na idade do processamento inicial (41 a 48 dias), uma redução de 75% do conteúdo de lisina digestível nas dietas fornecidas entre 12 a 26 dias reduziu a incidência de peito amadeirado e estriações musculares severas, embora também houvesse redução significativa no rendimento da carne do peito (Meloche et al., 2018c, d), redução no peso corporal e aumento na conversão alimentar (Meloche et al., 2018 d). Os frangos de corte processados em idade mais avançada (61 dias), com tempo de recuperação suficiente, tiveram uma redução significativa do peito amadeirado e das estriações musculares, quando foi utilizada uma redução de 85% em lisina digestível, sem afetar consideravelmente o desempenho dos frangos de corte, o que não foi observado com a idade de processamento anterior (Meloche et al., 2018c).

Figura 12. O efeito da redução da lisina digestível na taxa de crescimento diária (Meloche et al., 2018c: a. Experimento 1; b. Experimento 2).



Para comprovar as observações dos estudos e pesquisas, a Aviagen, em colaboração com um cliente, conduziu um teste de campo em grande escala usando a redução de 85% de lisina digestível nas dietas fornecidas entre 15 a 32 dias para frangos de corte de ambos os sexos que foram processados aos 58 dias (**Tabela 5**). A incidência de peito amadeirado e estriações musculares foi muito baixa nas fêmeas e, portanto, nenhuma diferença na incidência foi observada. Os machos mostraram incidência muito maior de peito amadeirado severo no grupo de controle (11,6%) e a incidência no grupo com tratamento de lisina digestível foi consideravelmente reduzida para ~ 55% do controle. Em ambos os sexos, o tratamento com lisina digestível não reduziu consideravelmente o desempenho dos frangos de corte nem o rendimento no processamento (**Tabela 5**).

Tabela 5. Resumo dos estudos envolvendo a eliminação de lisina

Estudo	Experimento	Tratamento ¹	Idade de Processamento (d)	Peito amadeirado ² severo %	Estriações musculares ² severo %	Peso médio kg (lbs)	Conversão alimentar	Rendimento de peito (%)
Meloche et al. (2018c)	1	Controle	48	36,6 ^a	64,3 ^a	3,594 (7,92)	1,599	27,3
		85% 12-18 dias		26,1 ^{ab}	55,9 ^{ab}	3,566 (7,86)	1,600	27,3
		85% 19 - 26 dias		37,7 ^a	59,2 ^{ab}	3,585 (7,90)	1,572	27,2
		85% 12 - 26 dias		39,3 ^a	62,0 ^a	3,629 (8,00)	1,589	27,4
		75% 12 - 18 dias		29,9 ^{ab}	45,6 ^{ab}	3,581 (7,89)	1,579	26,8
		75% 19 - 26 dias		38,9 ^a	50,4 ^{ab}	3,606 (7,95)	1,610	27,1
		75% 12 - 26 dias	20,8 ^b	42,3 ^b	3,536 (7,80)	1,609	26,3	
							p = 0,003	
Meloche et al. (2018d)	1	Controle	41	58,6 ^a		3,028 (6,68) ^a	1,494 ^a	25,2 ^a
		75% 15 - 25 dias		19,7 ^b		2,848 (6,28) ^b	1,532 ^b	23,7 ^b
	2	Controle	43	50,0 ^a		3,543 (7,81)	1,590 ^a	
		75% 15 - 25 dias		21,7 ^b		3,481 (7,67)	1,699 ^b	
Estudo comercial	Fêmeas	Controle	58	0,4	0,9	3,508 (7,73)		29,25
		85% 15 - 32 dias		0,4	0,0	3,576 (7,88)		29,59
	Machos	Controle	58	11,6 ^a	3,8	4,473 (9,86)		28,72
		85% 15 - 32 dias		6,4 ^b	2,6	4,521 (9,97)		28,37

1. O percentual mostrado é o nível de lisina digestível na dieta como percentual da dieta controlada (conforme as recomendações da Aviagen).
2. O peito amadeirado e as estriações musculares estão na categoria mais alta da pontuação. Meloche et al. (2018c, d) utilizaram um sistema de pontuação de 0, 1 e 2, enquanto que o estudo comercial utilizou um sistema de pontuação de 0, 1, 2 e 3.

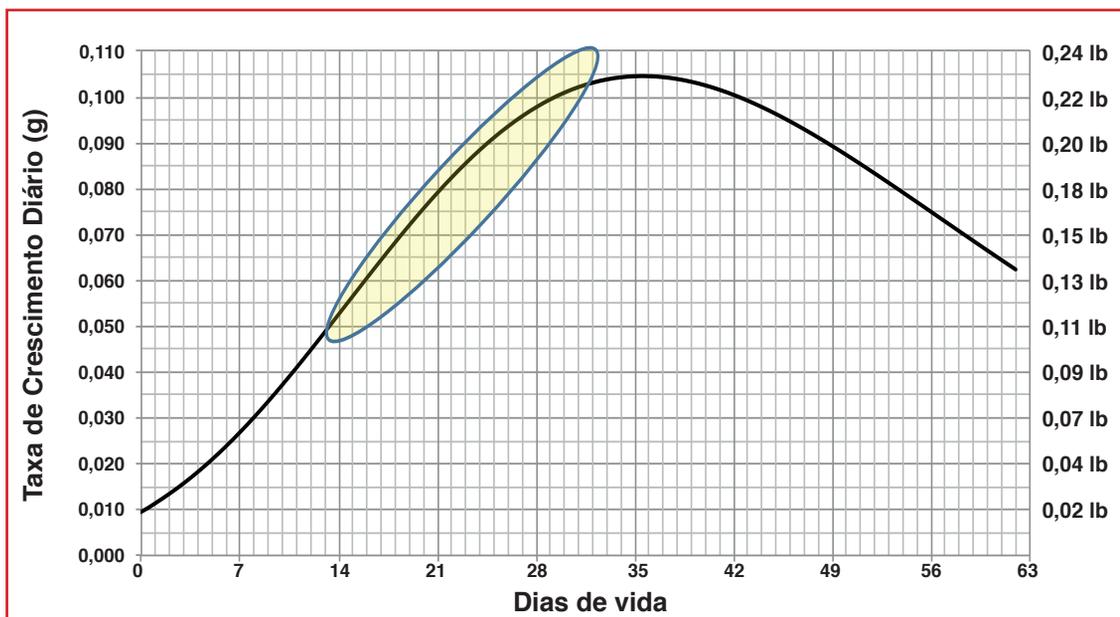
Com base nos resultados desses estudos, pode-se concluir que as reduções na lisina digestível por períodos específicos de idade é uma abordagem eficaz e prática para reduzir a incidência e a gravidade do peito amadeirado e das estriações musculares. No entanto, esse método precisa ser executado corretamente. Nas abordagens extremas (lisina digestível reduzida em 25% fornecida entre 12 e 26 dias de idade para aves que foram abatidas com 48 dias e uma redução de lisina digestível em 15% fornecida entre 12 e 40 dias de para aves que foram abatidas com 61 dias), foi possível alcançar reduções significativas dos índices de peito amadeirado e de estriações musculares, embora o rendimento da carne do peito também tenha sido reduzido. Para esses tratamentos extremos, a redução da lisina digestível foi aplicada por um período que representa cerca de 35% (12-26 dias para aves que foram abatidas com 48 dias) e 45% (12 a 40 dias para aves que foram abatidas com 61 dias) do consumo total de ração para os respectivos períodos de crescimento. Portanto, os períodos de tratamento precisam ser mais curtos (ou seja, ração com redução de lisina deve ser fornecida proporcionalmente em um período menor comparado com a idade final de abate) do que os utilizados nos tratamentos extremos aqui descritos.

A idade na qual o tratamento com restrições é iniciado também é uma consideração importante, já que a proliferação das células satélites não pode ser afetada. Recomenda-se retardar o início do tratamento até 14 dias de idade, pois isso permite uma “margem de segurança” para o período crítico de proliferação das células satélites acima citado. De modo geral, o período de idade ideal para a utilização da abordagem de redução de lisina digestível parece ser de 14 a 32 dias de idade (**Figura 13**). O crescimento máximo dos frangos de corte ocorre entre 28 e 35 dias de idade e os dados coletados até o momento não fornecem nenhum benefício real quanto à aplicação do tratamento próximo ou após a idade de crescimento máximo. Ao executar a redução no método com lisina digestível para reduzir a incidência e a gravidade do peito amadeirado e das estriações musculares, deve-se considerar as seguintes questões:

1. Idade para começar a redução de lisina digestível - não antes de 14 dias.
2. Duração do período de tratamento - < 25% do consumo de ração no período de crescimento (pode-se utilizar os objetivos de desempenho de frangos de corte da Aviagen para estimar esse valor - veja o exemplo abaixo).
3. O nível de lisina digestível desejável durante este período deve ser de 85% das especificações nutricionais dos frangos de corte da Aviagen e não é aconselhável utilizar níveis de lisina abaixo de 85%. Da mesma forma, reduzir apenas a lisina digestível e não mudar as restrições dietéticas para nenhum outro aminoácido.

A faixa etária para utilizar a abordagem de redução da lisina digestível é de 14 a 32 dias; no entanto, o ponto (2) deve ser respeitado para se chegar ao período de idade apropriado para a execução.

Figura 13. Curva da taxa de crescimento de frango de corte mostrando o período ideal para reduzir a lisina digestível.



Exemplo de cálculo da redução do tempo em que a lisina digestível deve ser fornecida.

Ross 308 misto abatido em 42 dias:

Ração acumulada em 42 dias = 4739 g/10,4 lbs

25% de 4739 g/10,4 lbs = 1185 g / 2,6 lbs

Ração para 14 dias = 537g / 1,2 lbs

Consumo de ração no qual a redução de lisina deve ser interrompida = 1185 g (2,6 lbs) + 537 g (1,2 lbs) = 1722 g (3,8 libras), que é normalmente alcançado de 25 a 26 dias.

8.4 Crescimento inicial e miopatias do músculo peitoral

Os estudos internos da Aviagen em que o consumo de ração (**Tabela 3**) ou a densidade dos nutrientes (**Tabela 4**) foram reduzidos apenas nos primeiros 11 dias de idade apresentaram aumento nas incidências de peito amadeirado e de estriações musculares. Como foi observado na **Seção 6.2**, o consumo reduzido de nutrientes durante a primeira semana após o nascimento pode reduzir a proliferação das células satélites, o que é essencial para o reparo muscular (Velleman et al., 2010). Os dados da análise em lotes comerciais também revelaram que o crescimento reduzido na primeira semana resultou no aumento da incidência de estriações musculares. A evidência dos dados na pesquisa e em campo confirmam a conclusão de que o baixo crescimento nos primeiros 7-12 dias depois do nascimento aumenta o risco de miopatia do músculo peitoral.

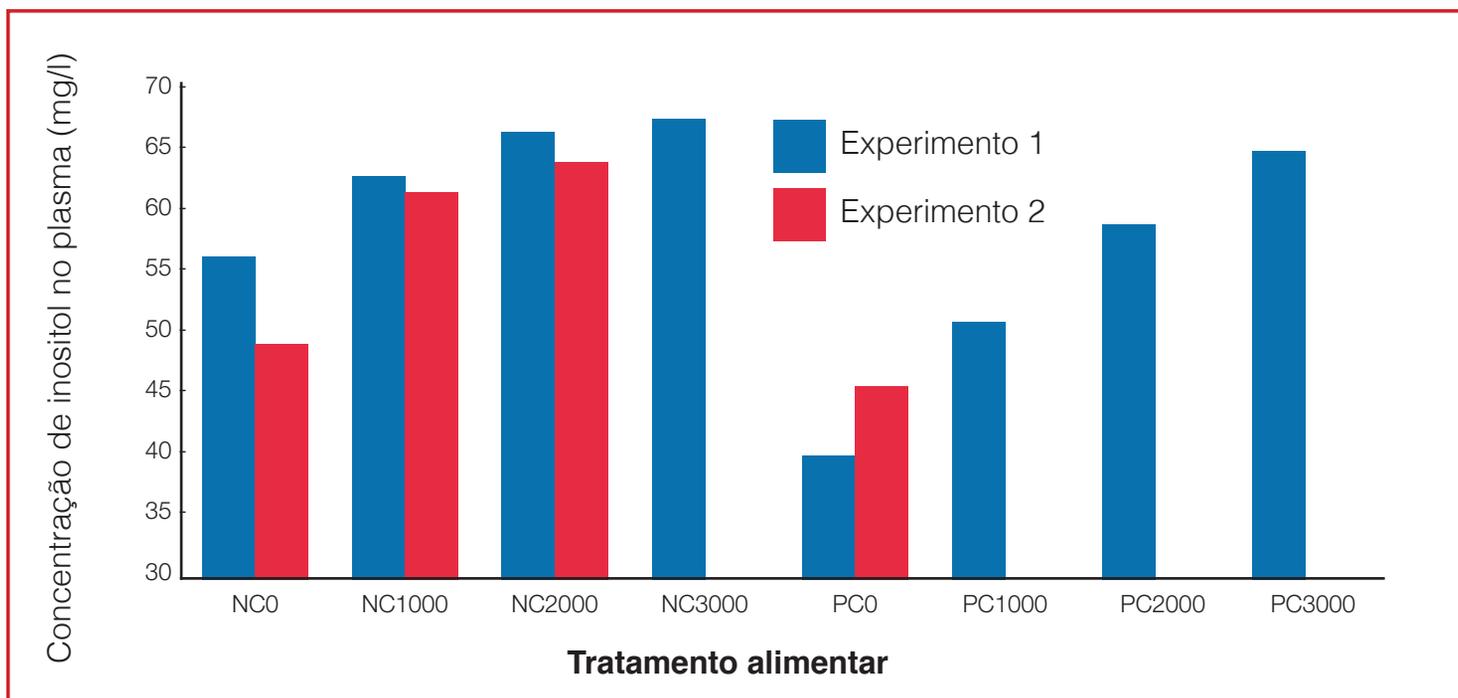
9. Nutrição e miopatias do músculo peitoral

9.1 Fitase

A fitase foi adotada como uma prática comum pelo setor avícola, como forma de melhorar a digestibilidade do fósforo encontrado nas plantas. As taxas normais de inclusão para esta enzima variam entre 500 e 750 unidades de fitase/kg (2,2 lbs). A adição desta enzima em doses mais elevadas do que as normalmente recomendadas pareceu melhorar o desempenho dos frangos de corte.

Estudos anteriores constataram que algumas fitases podem degradar o ácido fítico em ingredientes à base de plantas para sua forma mais simples (inositol), se fornecidas em dose suficiente. Observou-se que o inositol no plasma aumenta com o aumento da dose de fitase (**Figura 14**, Cowieson et al., 2014). Assim que este composto é absorvido e refosforilado no interior da célula, ele age como um potente antioxidante celular, entre outras funções. O tecido do músculo peitoral afetado por miopatias, como a do peito amadeirado, está sob forte estresse oxidativo. Os antioxidantes que chegam ao tecido-alvo devem ser úteis em tais condições. Portanto, vários estudos foram realizados para avaliar os efeitos da fitase nos níveis recomendados, ou superiores, em relação à incidência e à gravidade da miopatia do músculo peitoral.

Figura 14. O efeito do RONOZYME® HiPhos GT (expresso como FYT/kg) na concentração de mio-inositol do plasma em frangos que receberam dietas contendo níveis insuficientes (NC) e suficientes (PC) de P e Ca disponíveis (Cowieson et al., 2014).



Um primeiro estudo realizado na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, comparou um tratamento de controle sem adição de fitase suplementar aos seus 3 diferentes níveis de fitase (500, 1500 e 3000 unidades/kg de fitase (2,2 lbs)) em dietas predominantemente à base de milho e soja. A suplementação da fitase a níveis acima dos recomendados pelo fabricante resultou na melhora do desempenho das aves vivas e das características da carcaça (**Tabela 6**). No entanto, a suplementação de fitase não teve um impacto estatisticamente importante nas miopatias do músculo peitoral, embora tendências numéricas para a redução da gravidade das lesões tenham sido observadas. Esta é uma observação interessante, levando-se em conta que os tratamentos com capacidade para aumentar a taxa de crescimento e a deposição da carne do peito geralmente resultem no aumento da incidência de miopatias.

Tabela 6. Desempenho dos frangos de corte machos e miopatias quando alimentados com diferentes níveis de fitase adicionada aos 49 dias de idade.

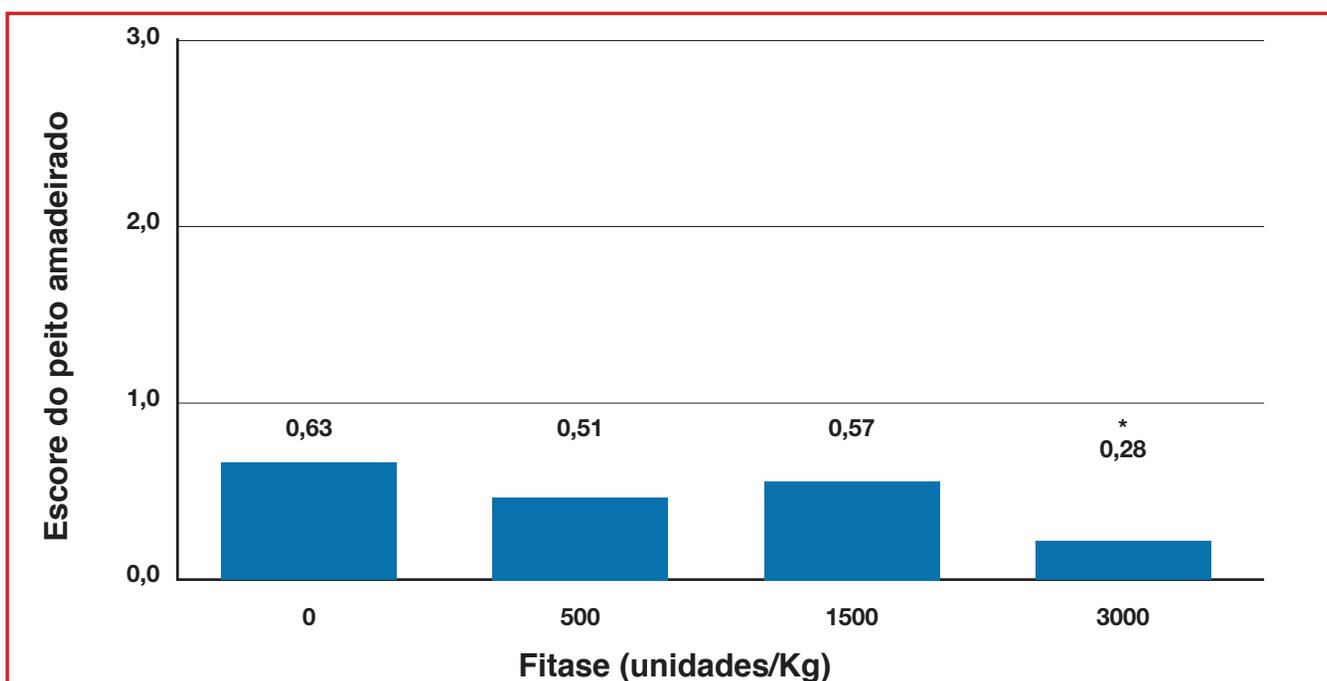
Nível de fitase	Peso médio kg (lbs)	Ajuste da conversão alimentar ¹	Rendimento da carcaça ²	Rendimento total de peito ²	Escore do peito amadeirado ³	Escore das estriações musculares ³
Controle (0 FTU)	3,47 (7,65)	1,69 ^a	77,89 ^b	28,07	1,17	1,05
500 FTU ⁴	3,50 (7,72)	1,67 ^{ab}	78,33 ^a	28,28	0,99	0,93
1500 FTU	3,54 (7,80)	1,67 ^{ab}	78,28 ^a	28,12	1,01	1,01
3000 FTU	3,57 (7,87)	1,65 ^b	78,37 ^a	28,24	1,06	0,99
Valores P	0,08	0,04	0,04	0,83	0,32	0,24

1. Conversão alimentar ajustada para mortalidade e peito amadeirado
2. Expressa em relação ao peso vivo
3. Pontuação média de miopatia (variando de 0 a 3) onde 0 representa não afetada e 3 representa gravemente afetada
4. Unidades de fitase

Um estudo de acompanhamento realizado na fazenda experimental da Aviagen, no Reino Unido, usando um projeto de tratamento similar, mas com dietas predominantemente à base de trigo e soja, proporcionou melhorias no desempenho da carcaça, com a adição da fitase aos alimentos acima dos níveis recomendados, paralelamente às respostas relatadas no primeiro estudo. Como foi observado no primeiro estudo, os aumentos de desempenho não se refletiram no aumento da incidência das miopatias do músculo peitoral. Além disso, o suplemento de 3000 unidades/kg de fitase reduziu consideravelmente o escore do peito amadeirado entre os frangos de corte Ross 708 com 46 dias de idade (**Figura 15**).

Os resultados neste segundo estudo realizado pela Aviagen correspondem aos de York et al. (2016), que descreveram uma redução no escore da gravidade do peito amadeirado quando a alimentação foi suplementada com fitase derivada de E. coli com três vezes a dose recomendada pelo fabricante. No entanto, York et al. (2016) também adicionaram um antioxidante e minerais orgânicos à alimentação, não sendo assim possível concluir se a redução da gravidade do peito amadeirado foi um efeito derivado exclusivamente da fitase em doses suplementares. Curiosamente, os autores também relataram um aumento no rendimento da carne do peito e parâmetros de desempenho das aves vivas sem efeitos deletérios nas miopatias do músculo peitoral, em conformidade com todos os estudos de fitase conduzidos na Aviagen. Portanto, se demonstra ser plausível que as doses exageradas de fitase (> 750 FTU) possam suportar o desempenho ideal dos frangos de corte sem aumentar o risco de miopatias do músculo peitoral.

Figura 15. Pontuação média de peito amadeirado em frangos de corte Ross 708 do sexo masculino com 46 dias de idade e alimentados com vários níveis de suplementação de fitase.



9.2 Redução da lisina e superdosagem de fitase

Dados os resultados obtidos nos vários estudos sobre a redução da lisina (**ver a Seção 8**) e sobre a dosagem suplementar de fitase, um estudo foi realizado na fazenda experimental da Aviagen, no Reino Unido, para avaliar a possível sinergia entre as estratégias da dosagem suplementar de fitase e da redução da lisina. Vários períodos de redução de lisina (11-21 dias; 11-29 dias; 15-25 dias; 15-33 dias; 19-25 dias; 19-39 dias) e doses de fitase (500 ou 1500 unidades de fitase) foram fornecidos, tendo as miopatias do músculo e o desempenho dos frangos de corte sido avaliados em 38 e 48 dias. Não foram observados efeitos sinérgicos nesse estudo, embora as miopatias tivessem diminuído de forma constante com a abordagem da redução da lisina, independentemente do nível de fitase.

9.3 Arginina

A arginina (ARG) normalmente não é um fator limitante nas rações comerciais à base de milho para frangos de corte, mas em certas circunstâncias, ela pode ser, quando outros cereais são utilizados como a principal fonte de grãos. Este aminoácido é importante na síntese de óxido nítrico e de creatina muscular, que são compostos com, por exemplo, propriedades cicatrizantes, influencia em fluxo vascular e funções imunológicas. Um estudo preliminar realizado na fazenda experimental da Aviagen, no Reino Unido, avaliou as recomendações atuais da Aviagen para a relação de arginina e lisina (107) *vs.* uma relação mais elevada (120). As respostas às miopatias variaram e, consequentemente, o estudo teve que ser repetido. Os resultados do segundo estudo sugeriram que o fornecimento de uma relação de 120 durante toda a fase de crescimento melhorou o desempenho das aves vivas e as características da carcaça em relação às atuais recomendações da Aviagen para a relação de arginina e lisina. Um pequeno benefício associado à redução da incidência de peito espaguete na alimentação com uma relação 120 foi observado no início da fase de crescimento (32 dias), embora essa resposta tenha sido inconstante posteriormente (39 ou 46 dias). Observaram-se resultados inconstantes utilizando uma relação mais elevada na incidência de peito amadeirado. Em geral, os resultados sugerem que níveis mais elevados de arginina podem ajudar, de certa forma, a reduzir as miopatias do músculo, embora os efeitos observados não sejam constantes, sugerindo que a resposta pode ser multifatorial.

9.4 Histidina

A Histidina (His), em combinação com a alanina, forma o dipeptídeo carnosina, que é altamente concentrado nas células musculares do peito de frango e tem propriedades antioxidantes. Este dipeptídeo não está disponível na forma de alimento animal. As quantidades de alanina em rações são normalmente suficientes, especialmente porque este aminoácido pode ser sintetizado a partir de outro aminoácido; no entanto, ele é um aminoácido essencial e deve ser fornecido na dieta. Um estudo foi realizado para avaliar a relação de histidina e lisina na fazenda experimental, no Reino Unido. Uma relação normal de histidina e lisina (40) comumente encontrada em rações comerciais foi comparada com uma relação muito mais elevada (70), para avaliar qualquer possível impacto nas miopatias do músculo. Uma taxa mais elevada resultou em melhoras do peso corporal dos frangos de corte e na conversão alimentar, embora essas respostas tenham sido inconstantes em diferentes idades. Não foi observado nenhum efeito nas miopatias do músculo peitoral com as relações de histidina e lisina.

9.5 Minerais orgânicos

Devido à maior biodisponibilidade dos minerais orgânicos, alguns fornecedores desses micronutrientes têm afirmado que a sua inclusão em rações comerciais pode auxiliar na redução das miopatias do músculo peitoral (por exemplo, o papel do zinco na cicatrização de ferimentos). Portanto, um estudo foi conduzido no Reino Unido, no qual todas as recomendações para o uso de minerais orgânicos da Aviagen, como cobre, zinco, manganês e selênio foram fornecidas como fontes orgânicas. Em geral, as respostas produtivas de fontes de alimentação orgânicas de cobre, zinco, manganês e selênio foram semelhantes para os frangos de corte alimentados apenas com as formas inorgânicas desses minerais. Observou-se pouca melhora no rendimento eviscerado aos 39 e 46 dias com as fontes orgânicas de alimentação, mas, no geral, não houve nenhuma indicação de que essas formas mais disponíveis de minerais reduziram as miopatias do músculo peitoral.

9.6 Programas anticoccidianos

Existem três tipos de programas de controle da coccidiose: vacinas, ionóforos, produtos químicos ou combinações dos três tipos. Reconheceu-se que diferentes programas anticoccidianos podem afetar consideravelmente a taxa de crescimento e o desempenho geral dos frangos de corte. Dalle Zotte et al. (2015) relataram que as aves alimentadas segundo certos programas anticoccidianos tiveram uma incidência maior de estriações musculares severas do que as aves que não receberam nenhum aditivo anticoccidiano ou vacinas. Um estudo foi realizado na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, para avaliar os efeitos de vários programas anticoccidianos na incidência da miopatia do músculo peitoral. As aves receberam um dos vários e possíveis tratamentos anticoccidianos: vacina; produto químico; três diferentes ionóforos; uma combinação química/ionóforos; ou um produto químico, seguido na próxima fase de alimentação por um ionóforo em diferentes idades. Os resultados do estudo são mostrados na **Tabela 7**.

Tabela 7. Desempenho das aves vivas e incidência de miopatias em frangos de corte suplementados com vários programas anticoccidianos aos 62 dias de idade.

Tratamento para coccidiose	Peso medio kg (lbs)	Conversão alimentar ajustada ¹	Rendimento da carcaça ²	Escore do peito amadeirado ³	Escore das estriações musculares ³
Vacina	4,69 (10,34) ^{ab}	1,87 ^c	77,85 ^{bc}	0,76 ^c	1,06
Ionóforo A	4,61 (10,17) ^{abc}	1,90 ^c	78,16 ^{abc}	1,19 ^{ab}	1,25
Ionóforo B	4,72 (10,41) ^{ab}	1,87 ^c	78,24 ^{ab}	1,10 ^b	1,19
Ionóforo C	4,74 (10,45) ^a	1,87 ^c	77,79 ^c	1,14 ^b	1,16
Químico	4,37 (10,43) ^d	2,05 ^a	78,53 ^a	1,30 ^{ab}	1,21
Químico/Ionóforo	4,48 (9,88) ^{cd}	2,00 ^{ab}	78,27 ^{ab}	0,97 ^{bc}	1,11
Quím.-11 dias-Ionóf. ⁴	4,53 (9,97) ^{cd}	1,90 ^c	78,41 ^a	1,21 ^{ab}	1,22
Quím.-25 dias-Ionóf. ⁴	4,63 (10,21) ^{abc}	1,87 ^c	78,34 ^a	1,16 ^b	1,12
Quím.-39 dias-Ionóf. ⁴	4,57 (10,08) ^{bc}	1,91 ^{bc}	77,75 ^c	1,50 ^a	1,33
Valor P	0,009	0,0001	0,0001	0,005	0,39

1. Conversão alimentar ajustada para mortalidade e peso.

2. Expressa em relação ao peso vivo.

3. Pontuação média de miopatia (variando de 0 a 3) onde 0 representa não afetada e 3 representa gravemente afetada.

4. Um produto químico foi suplementado à ração aos 0-11 dias, 0-25 dias ou 0-39 dias. Todos estes vários períodos de alimentação foram seguidos imediatamente por um ionóforo na alimentação até 62 dias de idade.

Os diferentes programas anticoccidianos foram testados em um ambiente com baixo desafio para coccidiose para melhor avaliar os efeitos específicos na taxa de crescimento, na conversão alimentar e no rendimento dos componentes da carcaça. Embora nenhum impacto tenha sido relatado para o estriações musculares, os diferentes programas anticoccidianos influenciaram drasticamente a incidência de peito amadeirado. Os frangos de corte que receberam vacina tiveram menor incidência de peito amadeirado, sendo que o produto químico e os programas químicos/ionóforos foram os mais elevados. A trajetória da curva de crescimento das aves vacinadas foi moderada depois de 15 dias, em comparação com as que receberam tratamentos com ionóforos. Admite-se como hipótese que os efeitos do peito amadeirado se atribuem às diferenças das trajetórias da curva de crescimento. A interação negativa conhecida do produto químico com alta temperatura ambiente e a regulação térmica das aves também parecem causar impacto, já que esse tratamento teve uma maior incidência de peito amadeirado do que o tratamento com as aves vacinadas, apesar de apresentarem uma taxa de crescimento muito menor.

Um estudo de acompanhamento usando um esquema de tratamento semelhante ao anterior foi realizado na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, novamente com a inclusão do tratamento adicional de um "programa combinado com vacinas e ionóforos". O último tratamento consistiu de uma combinação da vacina contra a coccidiose logo após o nascimento e um ionóforo fornecido somente durante a segunda fase de alimentação. Os resultados desse estudo não repetiram o desempenho dos frangos de corte ou os efeitos das miopatias do músculo peitoral observados no primeiro estudo. Ao contrário dos resultados do primeiro estudo, houve muito pouca moderação na curva de crescimento após 15 dias no tratamento com vacina. Consequentemente, os efeitos importantes da miopatia relatados no primeiro estudo não se repetiram. Parece que a vacinação contra coccidiose pode reduzir a incidência e a gravidade do peito amadeirado e das estriações musculares se a trajetória da curva de crescimento for moderada o suficiente durante o período de meia-idade (por exemplo, 15-32 dias).

9.7 Ração pré-inicial

A importância de uma alimentação adequada durante o período inicial, onde ocorre a proliferação máxima de células satélites, foi documentada na literatura (Harthan et al., 2013; Mann et al., 2011; Velleman et al., 2010, 2014; Powell et al., 2014) e demonstrada em um estudo da Aviagen descrito anteriormente, onde o controle do consumo de ração só foi aplicado durante os primeiros 11 dias de vida. O último estudo mostrou como as miopatias do músculo peitoral pioraram quando a alimentação foi reduzida para 95% do alimento ad libitum durante a primeira fase de alimentação. Portanto, um estudo foi realizado na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, onde as aves receberam ração pré-inicial (0-11 dias com ração pré-inicial; 11-14 dias com ração inicial) ou com um programa regular com ração inicial (0-14 dias), conforme todas as recomendações nutricionais da Aviagen (2014). A ração pré-inicial foi fortalecida com níveis mais elevados de aminoácidos, vitaminas C e E, e usou-se óleo de soja comestível em vez de gordura de aves. As aves alimentadas com ração pré-inicial tiveram melhora do peso corporal em 14 dias e melhor viabilidade. Nenhum outro ponto positivo do desempenho foi relatado em diferentes momentos. Quanto à incidência das miopatias do músculo peitoral, observaram-se melhoras em relação às estriações musculares aos 42 dias, mas não aos 56 dias, e nenhuma melhora em relação ao peito amadeirado. Parece haver pontos positivos no desempenho das aves vivas quando uma ração pré-inicial é utilizada, mas o impacto nas miopatias do músculo peitoral requer investigação mais profunda. Evidentemente, a definição de uma ração "pré-inicial" em termos de perfil com nutrientes específicos pode variar muito e isso deve ser levado em conta ao se generalizar os efeitos de uma dieta à base de ração pré-inicial.

9.8 Antioxidantes

Um possível fator impactante nas miopatias do músculo peitoral é o estresse oxidativo. While Kuttappan et al. (2012e) mostraram que a suplementação de dietas com boa qualidade de gordura e vitamina E até 400 UI/kg (2,2 lbs) não teve qualquer impacto nas estriações musculares; se a produção de radicais livres superar a capacidade do organismo de neutralizá-los, danos oxidativos poderão ocorrer nas membranas celulares e desencadear uma série de reações que, finalmente, comprometerão a integridade dos tecidos corporais.

Por esse motivo, o óleo de soja foi deliberadamente oxidado a um nível pré-determinado de peróxidos e usado para a fabricação de ração para frangos de corte em um estudo da Aviagen. Este óleo de soja oxidado continha um nível conhecido de peróxidos (225 mEq/kg (2,2 lbs)) e foi fornecido aos frangos de corte na inclusão de 3%. Avaliou-se a adição do antioxidante etoxiquina (125 ppm), vitamina C estável ao calor (200 ppm), vitamina E (180 IU), ou combinações, para determinar seu impacto nas miopatias do músculo peitoral. A **Tabela 8** ilustra como a adição de qualquer um dos antioxidantes, ou a sua combinação, reduziu o peito amadeirado em 49 dias, embora este efeito não tenha sido replicado aos 62 dias. A análise estatística mostrou que em 49 dias, todos os antioxidantes reduziram consideravelmente o peito amadeirado grave (Pontuação 3) em 38-48% (**Tabela 9**) e esses resultados foram comprovados por esses antioxidantes, reduzindo significativamente a lactato desidrogenase no plasma em comparação com o controle. Nenhum efeito benéfico da adição de antioxidantes foi detectado nas estriações musculares.

Tabela 8. Desempenho de aves vivas e incidência de miopatias nos frangos de corte suplementados com diferentes antioxidantes em 49 dias, quando receberam gordura altamente oxidada.

Antioxidante	Peso médio kg (lbs)	Conversão alimentar ajustada ¹	Escore do peito amadeirado ²	% dos escores do peito amadeirado 2&3 ³	Escore das estriações musculares ²
Nenhum antioxidante	3,59 (7,91)	1,71	1,19 ^a	37	1,28
Etoxicina	3,57 (7,87)	1,70	1,09 ^{ab}	32	1,18
Vitaminas C e E	3,63 (8,00)	1,68	0,86 ^b	27	1,16
Etoxicina + Vitamina C e E	3,61 (7,96)	1,67	1,10 ^{ab}	33	1,33
Valor P	0,33	0,06	0,04	0,37	0,39

1 Conversão alimentar ajustada para mortalidade e peso corporal.

2 Pontuação média de miopatia (variando de 0 a 3) onde 0 representa não afetada e 3 representa gravemente afetada.

3 Peito amadeirado com pontuações 2 e 3 expressas em porcentagem em relação a todos os filés do peito para esse grupo de tratamento.

Tabela 9 Efeito de diferentes antioxidantes na incidência do peito amadeirado grave (pontuação 3) em frangos Ross 708 com 49 dias de idade.

Antioxidante	Escore do peito amadeirado 3 (% do total)	Mudança relativa vs. óleo oxidado sem nenhum antioxidante	Valor P vs. óleo oxidado sem nenhum antioxidante
Nenhum antioxidante	29,0	-	-
Etoxiquina	15,0	-48%	0,017
Vitaminas C e E	17,0	-41%	0,044
Etoxiquina + Vitamina C e E	18,0	-38%	0,065

Se as aves receberem ração com gordura/óleo oxidada, estarão mais suscetíveis ao estresse oxidativo, podendo se beneficiar da adição de antioxidantes eficazes.

9.9 Ácido guanidinoacético

O ácido guanidinoacético está disponível comercialmente na maioria dos países e é um precursor metabólico da creatina. A creatina composta é formada no metabolismo das proteínas e participa do fornecimento de energia celular para a contração muscular. Em dietas que apenas contêm ingredientes à base de plantas, talvez não haja creatina disponível o suficiente.

Trabalhos recentes realizados por Cordova-Noboa et al. (2018) na Universidade Estadual da Carolina do Norte indicaram que a adição desse composto pode ajudar a diminuir a incidência e a gravidade do peito amadeirado. Um estudo foi conduzido na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, no qual esse composto foi adicionado à alimentação dos frangos de corte (600g (1,3 lbs)/MT) e comparado com um controle alimentar. Observaram-se poucas melhoras no peito amadeirado (em 49 dias, mas não em 56 dias), com a suplementação de ácido guanidinoacético na alimentação dos frangos de corte. Nenhum efeito nas estriações musculares em qualquer idade foi observado. Curiosamente, um aumento no rendimento da carne do peito ocorreu com a adição desse composto e a melhora do rendimento não se refletiu no aumento de peito amadeirado. Esse efeito é semelhante à superdosagem de fitase em alguns dos nossos estudos descritos anteriormente. Em resumo, esse composto parece melhorar a produtividade dos frangos de corte sem agravar as miopatias do músculo peitoral.

A Aviagen realizou dois testes de campo na Europa, em condições comerciais, para avaliar os efeitos da adição do ácido guanidinoacético a dietas à base de plantas, no desempenho dos frangos de corte e nas miopatias do músculo peitoral. Em ambos os estudos, duas granjas foram usadas, cada uma com dois aviários, onde foi fornecida uma dieta padrão ou suplementada com 600g (1,3 lbs)/tonelada de ácido guanidinoacético. Em ambos os estudos, os aviários que forneceram ácido guanidinoacético tiveram uma incidência muito menor de peito amadeirado e estriações musculares, com uma redução de 17-31%. Em três dos quatro aviários que forneceram ácido guanidinoacético, também houve um desempenho melhor no crescimento em comparação com os aviários com controle alimentar, o que consolida as observações anteriores.

9.10 Outros produtos

Um produto comercialmente contendo betaína, ácido ascórbico e um composto fitogênico não identificado pode afetar a incidência de miopatia do músculo peitoral. Ele despertou o interesse das empresas avícolas devido às suas afirmações de que o produto poderia reduzir consideravelmente a incidência e a gravidade do peito amadeirado. Testes relatados na Europa e no Brasil afirmam que esse produto tem propriedades importantes para combater o peito amadeirado.

Para testar a eficácia do produto contra as miopatias do músculo peitoral, um estudo foi realizado na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, utilizando as recomendações do fabricante e, em um tratamento separado, esse produto foi incluído por um período de dosagem prolongada. Na

Tabela 10, os resultados do estudo estão resumidos e concluiu-se que não houve nenhum efeito no peito amadeirado ou nas estriações musculares; além disso, nenhuma medição do parâmetro produtivo foi observada quando esse produto foi suplementado em algumas das doses testadas.

Tabela 10. Desempenho de aves vivas e incidência de miopatias nos frangos de corte com suplementos de betaína, ácido ascórbico e um produto composto fitogênico não identificado aos 49 dias de idade.

	Peso médio kg (lbs)	Conversão alimentar ajustada	Escore do peito amadeirado ³	% das pontuações do peito amadeirado 2&3 ⁴	Escore das estriações musculares ³
Controle	3,76 (8,29)	1,58	1,69	50,5	1,72
Produto ¹	3,73 (8,22)	1,60	1,66	50,7	1,64
Produto estendido ²	3,72 (8,20)	1,60	1,66	53,5	1,83

1. O tratamento seguiu as recomendações do fabricante em relação à inclusão de: 0,1% a ração inicial, 0,065% a ração destinada ao crescimento e 0,035% a ração final.
2. O tratamento foi adicionado em 0,1% a ração inicial, 0,065% a de crescimento e 0,035% a todas as três restantes até o abate.
3. Pontuação média da miopatia (variando de 0 a 3), onde 0 representa não afetada e 3 representa gravemente afetada.
4. Peito amadeirado com pontuações 2 e 3, expressas em percentagem em relação a todos os filés de peito para esse grupo de tratamento.

10. Manejo e miopatias do músculo peitoral

10.1. Incubação

O embrião se desenvolve em etapas bem definidas durante os 21 dias de incubação. Condições extremas de incubação podem afetar a velocidade e o desenvolvimento relativo dos tecidos, embora não sejam necessariamente fatais. Por exemplo, é muito evidente que a temperatura alta ou baixa da casca de ovo durante a incubação afetará a taxa de crescimento embrionário, enquanto os altos níveis de CO₂ nas primeiras fases da incubação podem afetar a ramificação capilar na membrana corioalantóide (Verholst et al., 2011).

O desenvolvimento de hiperplasia das miofibrilas do esqueleto ocorre antes e logo após o nascimento, e condições abaixo do ideal por volta do 14º dia de incubação podem afetar o crescimento e o desenvolvimento da carne do peito após a incubação. Por este motivo, a Aviagen recomendava evitar o sobreaquecimento do embrião na fase final de incubação. No entanto, existem algumas técnicas de incubação menos comuns que afetam o crescimento do músculo peitoral após o nascimento, bem como o percentual da carne do peito no abate e a miopatia muscular, incluindo:

- períodos curtos de temperatura elevada alternados com temperatura mais baixa (Pietsun et al., 2008)
- exposição à luz verde durante a incubação (Rozenboim et al., 2004)

Relatos na literatura científica frequentemente descrevem os resultados de experimentos realizados com um número pequeno de ovos incubados em incubadoras especificamente de pequena escala. Os esforços recentes na fazenda experimental da Aviagen, nos EUA, para ampliar esses esquemas nas incubadoras maiores de um único estágio, do tipo comercial, não forneceram resultados claros, supostamente porque é difícil para uma pequena incubadora comercial fornecer luz e exposição ao calor idênticos em cada ponto da máquina.

Todos os estudos em pequena escala relatados se concentraram exclusivamente nos eventuais benefícios do número maior de células satélites impactando no maior crescimento de carne do peito no momento do abate. Embora se suponha que as células satélites extras também possam reparar os danos ao músculo peitoral, isso não foi precisamente testado. Novamente, nos estudos de incubação em larga escala da Aviagen sobre manipulação térmica ou luz durante a incubação, o seu impacto no peito amadeirado ou qualquer outra miopatia do músculo peitoral foi limitado, embora também não tenha causado danos à eclosão, ao crescimento muscular ou à qualidade do músculo peitoral.

Por enquanto, a melhor recomendação para minimizar a miopatia do músculo peitoral é o controle das condições da incubação e a prevenção do superaquecimento nas fases finais da incubação. A manipulação térmica ou a iluminação em grande escala necessita de acompanhamento cuidadoso para assegurar que a sua execução seja conforme o esperado e não ocorram consequências involuntárias. Uma nova pesquisa está em andamento nessa área.

10.2. Acesso aos alimentos após a eclosão

A Aviagen tem orientando por muitos anos os produtores para alimentarem os frangos de corte, na medida do possível, logo após a eclosão. Esta pesquisa relatada por Noy e Sklan (1997) mostra que a conversão alimentar e o crescimento melhoraram com a alimentação inicial porque a presença de alimento no intestino acelerou a mobilização e a utilização dos resíduos da gema, permitindo que os pintos aproveitassem os nutrientes extras para seu crescimento, em vez de tentarem apenas sobreviver após o nascimento. Em 2000, Halevy et al. mostraram que a redução do consumo de alimento dos pintos durante a primeira semana após o nascimento reduziu a proliferação das células satélites e o crescimento muscular; o efeito foi proeminente quando os pintos ficaram sem alimento ou água nas 48 horas seguintes após o nascimento. Velleman et al. (2014) mostraram efeitos semelhantes limitados ao tempo quando o consumo de ração foi reduzido em 20% durante a primeira ou segunda semana após o nascimento.

Neste caso, e ao contrário dos estudos sobre incubação, estudos em escalas maiores realizados na fazenda experimental da Aviagen nos EUA mostraram que o crescimento abaixo do potencial está fortemente associado ao aumento das miopatias. Novamente, a recomendação é assegurar que os frangos de corte sejam alojados logo que possível após o nascimento, tenham o papo cheio nas primeiras 24 horas e atinjam o peso de no mínimo 4 vezes o peso do alojamento em 7 dias, sendo essa a melhor prática para limitar a ocorrência de miopatias do músculo peitoral.

10.3. Temperatura corporal/ambiente

A alta temperatura ambiente pode resultar em lesão muscular nos frangos de corte. Sandercock et al. (2006) mostraram que aves estressadas apresentaram níveis mais elevados de creatina quinase no plasma, indicando lesão muscular. Zahoor et al. (2016) testaram a hipótese de que as miopatias do músculo peitoral ocorreriam devido à incapacidade de dissipação de calor dos frango de corte modernos. Comparou-se um perfil de temperatura padrão com um perfil de temperatura mais baixa após 21 dias de idade. Não foi encontrada nenhuma diferença na histologia muscular ou na atividade da creatina quinase, embora o músculo do tratamento com resfriamento tenha apresentado maior rigidez, porém, sem nenhuma diferença na força de cisalhamento. Da mesma forma, um estudo interno da Aviagen que foi concluído em uma fazenda experimental na Holanda comparou o crescimento dos frangos de corte em temperatura constante de 25°C (77°F) após 12 dias com o perfil de temperatura normal, baixando para 19°C (66°F), e não tenha sido encontrada nenhuma diferença na incidência de miopatias do músculo peitoral.

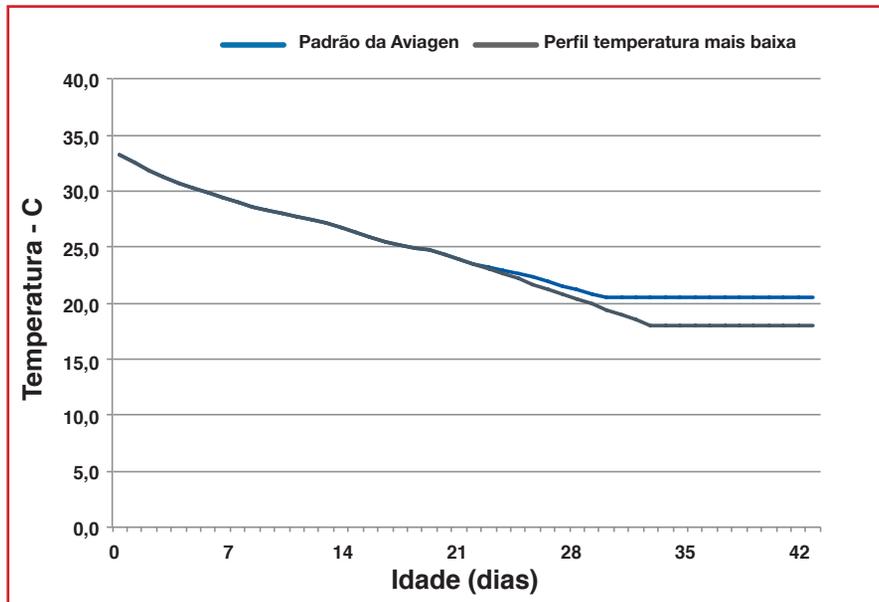
O estresse térmico durante o transporte para a unidade de processamento revelou aumento da incidência de carne pálida, mole e exsudativa (PSE) entre os frangos de corte (Holm e Fletcher, 1997; Simões et al., 2009), ao passo que temperaturas abaixo de 0°C (32°F) aumentaram a incidência de carnes DFD - escuras, secas e firmes. (Dadgar et al., 2012).

Enquanto não há nenhuma evidência clara e publicada atualmente, algumas evidências de campo indicam que garantir que os frangos de corte não sejam estressados pelo calor pode reduzir a incidência do peito amadeirado, estriações musculares ou peito espaguete; alguns produtores de frangos de corte relatam que a incidência do peito amadeirado diminui quando a temperatura do aviário é mais baixa. Muitos dos que adotaram procedimentos para reduzir as temperaturas elevadas ao nível das aves conseguiram reduzir a miopatia do músculo peitoral.

Onde as miopatias do músculo peitoral são um problema, a Aviagen recomenda a redução da temperatura do aviário e o aumento da ventilação ao nível das aves para assegurar a boa circulação do ar ao redor das aves durante as fases de crescimento intermediária e final. Um perfil de temperatura

recomendado para reduzir a incidência de miopatia do músculo peitoral é exibido na **Figura 16**. Como se sabe, alguns coccidiostáticos podem elevar a temperatura corporal (**Seção 9.6**), e o seu uso deve ser evitado, na medida do possível, quando a temperatura do aviário estiver elevada.

Figura 16. Perfil de temperatura mais baixa recomendado para reduzir a miopatia do músculo peitoral em comparação com o perfil padrão da Aviagen. Observe que em ambientes úmidos, pode ser necessário reduzir a temperatura ainda mais.



10.4. Níveis de dióxido de carbono

Nos aviários, os níveis de dióxido de carbono (CO_2) irão variar de acordo com o grau de ventilação e poderão ser considerados uma medida dos níveis de ventilação. Normalmente, durante a fase de aquecimento inicial o aviário funcionará com ventilação mínima e suficiente para manter os níveis de CO_2 abaixo de 3.000 ppm. No entanto, em muitas situações, os níveis de CO_2 durante o aquecimento inicial podem ser muito elevados, por exemplo, quando a temperatura exterior for baixa e o produtor reduzir a ventilação para economizar nos custos de aquecimento: foram registrados níveis superiores a 6.000 ppm. Quando as aves envelhecem, começam a gerar mais calor metabólico e a ventilação deve ser aumentada para dissipar esse calor. Nessas circunstâncias, os níveis de CO_2 normalmente serão muito inferiores a 3.000 ppm. Os altos níveis de CO_2 no aviário também podem indicar altos níveis de amônia e baixos níveis de oxigênio, e os efeitos de cada um desses gases não podem ser facilmente dissociados.

Duas hipóteses que podem explicar porque os altos níveis de CO_2 , ou inversamente, os baixos níveis de oxigênio, podem ter um efeito negativo na incidência das miopatias do músculo peitoral. A princípio, o teor elevado de CO_2 durante o período de aquecimento inicial pode ter um efeito negativo no crescimento na primeira semana: conforme observado na **Seção 8.1**, o crescimento inicial abaixo do esperado aumenta o risco de miopatias do músculo peitoral, provavelmente devido à proliferação reduzida das células satélites.

A segunda possibilidade é que os altos níveis de CO_2 podem provocar a ascite, que, por sua vez, reduz a circulação sanguínea nas aves mais velhas, aumentando o risco de danos nas células musculares. Uma análise de dados de lotes de frangos de corte na unidade de processamento observou o aumento das miopatias do músculo peitoral em lotes com maior incidência de ascite. Além disso, os dados do programa de seleção da Aviagen mostraram que as aves com um maior nível de saturação de oxigênio no sangue correm menos risco de terem peito amadeirado.

Não há nenhum dado publicado que mostre o efeito dos níveis de CO_2 durante a incubação no início do crescimento; na verdade, os poucos estudos que investigaram os níveis de CO_2 até 9.000 ppm no aviário não encontraram nenhum efeito no crescimento (McGovern et al., 2001; Oliver et al., 2008). Uma análise limitada de dados de campo de um produtor europeu de frangos de corte da Aviagen

mostrou um crescimento reduzido quando os níveis de CO₂ no aviário ultrapassou 3.000 ppm; mais dados são necessários para confirmar essa observação.

Estudos demonstraram que os altos níveis de CO₂ durante o período de aquecimento inicial podem aumentar a ascite:

- McGovern et al. (2001) mostraram maior mortalidade tardia devido à ascite quando alojados com, com níveis de CO₂ de 6.000 ppm **vs.** 600 ppm.
- Olanrewaju et al. (2008) observaram um aumento linear na mortalidade tardia dos frangos de corte e aumento do peso do coração em 42 dias, quando os níveis de CO₂ durante o período de aquecimento inicial aumentaram acima de 3.000 a 6.000 e 9.000 ppm.

Não existem publicações que indiquem o aumento das miopatias do músculo peitoral devido a níveis elevados de CO₂. No entanto, uma vez que é considerada uma boa prática de manejo manter os níveis de CO₂ abaixo de 3.000 ppm, recomenda-se que haja ventilação suficiente o tempo todo para alcançar esse objetivo.

10.5. Programa de iluminação

O efeito da iluminação nas miopatias do músculo peitoral não foi abordado na literatura científica publicada, mas vários estudos mostraram que o período de luz, intensidade e comprimento de onda podem afetar o desenvolvimento do músculo peitoral.

O efeito do comprimento de onda da luz no desenvolvimento do músculo peitoral foi estudado por Rozenboim et al. (1999), revelando que as aves criadas sob luz verde apresentaram maior rendimento de carne do peito em comparação com as luzes branca, azul e vermelha. Curiosamente, esse grupo também mostrou que as aves criadas sob as luzes azul e verde até os 5 dias de idade tinham mais células satélites por grama do músculo peitoral (Halevy et al., 1998). Dada a importância das células satélites para a reparação muscular, a possibilidade de que as luzes azul e verde aumentem o número dessas células no músculo está sendo investigada mais a fundo pela Universidade de Saskatchewan.

Estudos publicados não mostraram nenhum efeito direto dos programas de iluminação na miopatia do músculo peitoral, mas evidências sugerem que a luz pode afetar o desenvolvimento muscular. Dois estudos internos da Aviagen analisaram o efeito do programa de iluminação na incidência das miopatias do músculo peitoral e os resultados sugeriram que programas de iluminação modificada poderiam ser usados para reduzir a incidência de peito amadeirado: o mecanismo pode ser através do crescimento reduzido de modo semelhante aos dos estudos da redução de lisina. No entanto, o programa de iluminação ideal para reduzir as miopatias do músculo peitoral ainda não é bem compreendido e é necessário pesquisar mais antes que qualquer recomendação possa ser dada.

10.6. Profundidade da cama

Sugeriu-se que algumas miopatias do músculo peitoral podem ser desencadeadas pelo suprimento sanguíneo pobre até o músculo peitoral, causando a morte focal das células musculares. Quando os frangos de corte permanecem sentados na cama por longos períodos, a pressão no peito pode causar a constrição do suprimento sanguíneo (isquemia) no peito e aumentar o risco de danos às células musculares. Sugeriu-se que uma cama dura e compacta poderia aumentar o risco de peito amadeirado, e um estudo da Universidade de Helsinque (Puolanne et al., relatório de 2015 não publicado) revelou que o fornecimento de uma cama macia (colchonetes de ginástica) reduziu a incidência de peito amadeirado em comparação com o uso de maravalha.

Não é recomendável o uso de colchonetes de ginástica como material da cama; a profundidade da cama pode alterar a pressão exercida no peito das aves, quando se deitam, e isso ajuda a reduzir a incidência de peito amadeirado. Isso não foi testado comercialmente.

10.7. Batimento das asas/atividades das aves

Sabe-se há muito tempo que a miopatia peitoral profunda pode ser induzida pelo batimento forte das asas em frangos de corte e perus (p. ex., Lien, 2012). O batimento das asas resulta na contração

dos músculos peitorais e dos músculos peitorais profundos, tornando-os repletos de sangue. Devido ao revestimento inflexível ao redor do músculo, a pressão no seu interior aumenta, reduzindo o fluxo de sangue dentro e fora dele, podendo resultar na morte das células dos músculos peitorais profundos. Se houver agitação vigorosa um pouco antes do abate, ocorrerá a miopatia peitoral profunda.

Observou-se que o bater de asas e a resistência das aves durante a pendura na unidade de processamento afeta o glicogênio muscular e o teor de ácido láctico após o abate, aumentando o risco de miopatia com carne PSE (Berri et al., 2005; Debut et al., 2003).

Até a presente data, não há nenhuma evidência de que as miopatias do músculo peitoral possam ser induzidas através da atividade excessiva das aves, mas deve-se considerar a prática de bom manejo para reduzir a atividade de batimento excessivo das asas nos frangos de corte em todas as ocasiões. Garantir que as aves se acostumem com a atividade humana no aviário, e as mesmas devem sempre ser manejadas tranquilamente e cuidadosamente para reduzir o risco de batimento forte das asas e os possíveis danos ao músculo peitoral.

10.8. Abate parcial

Muitas empresas usam a prática de abate parcial, ou seja, retiram do aviário um número de aves em uma idade precoce e com menor peso do que na idade do abate final. As aves mais leves são usadas para cumprir a exigência das unidades de processamento para aves com menos peso, a fim de atender às necessidades específicas do mercado. As aves remanescentes no aviário até o abate final têm a vantagem de área, comedouro, bebedouro e espaço extras, permitindo a melhora do seu crescimento até o abate final.

A prática de abate parcial tem duas formas possíveis para afetar a incidência das miopatias do músculo peitoral. Primeiramente, a atividade no aviário quando as aves mais leves são carregadas pode perturbar as aves restantes e levá-las a exercerem atividade excessiva e a se agitarem: é importante assegurar que as aves mais leves sejam capturadas de forma tranquila e silenciosa para que as demais não sejam perturbadas. Em segundo lugar, comedouro, bebedouro e espaço extras que repentinamente ficam disponíveis para as aves restantes podem resultar no aumento acentuado da taxa de crescimento. A experiência em campo mostrou que as aves com crescimento mais rápido do que 120 g/d após a prática de abate parcial correm mais risco de peito amadeirado e estriações musculares. Recomenda-se permitir o acesso gradual das aves restantes ao espaço extra e disponível após o processo de abate parcial.

11. Doenças e miopatias do músculo peitoral

Não existem sinais clínicos das miopatias do músculo peitoral na granja, assim como nenhuma evidência da sua presença nas aves vivas, com exceção de peito amadeirado, onde a rigidez no músculo pode ser detectada por palpação. Além disso, a epidemiologia não constata que haja uma causa infecciosa, por não haver nenhum padrão de propagação entre os aviários, fazendas ou complexos que indiquem a presença de agentes infecciosos.

É evidente que miopatias do músculo peitoral podem ser observadas em todas as linhagens/estirpes de frangos logo às 2 semanas de idade, com variação na prevalência em uma grande variedade de pesos no abate, manejo, alimentação e sistemas de criação (Radaelli et al., 2016). O peito amadeirado foi detectado em linhagens diferentes na mesma época, em diferentes continentes, e esse não é o comportamento esperado da doença infecciosa. Há também evidências de uma etiologia metabólica (**Seções 7.1 e 7.2**). Bilgili (2016) concluiu que não há evidências de agentes infecciosos e/ou patogênicos associados às miopatias do músculo peitoral.

No entanto, alguns pesquisadores ainda questionaram se poderia haver o papel de um agente infeccioso no peito amadeirado por causa da vasculite linfocítica observada por histopatologistas em aves com essa condição.

Embora o infiltrado perivascular possa ser indicativo de uma flebite linfocítica, outros pesquisadores explicaram a presença desses linfócitos como uma resposta imune natural. "O acúmulo de tecido linfóide ao redor dos vasos no peito amadeirado é explicável e totalmente coerente, por ser parte da resposta inflamatória ao grande dano tecidual (ou seja, o músculo) quando a circulação permanece relativamente funcional e os vasos permanecem evidentes." (Comunicação pessoal: Alisdair Wood – especialista em histopatologia avícola (RU)). Um estudo recente conduzido por Barnes et al. (2017) detectou um coronavírus infeccioso em uma instalação experimental na Universidade Estadual da Carolina do Norte; entretanto, essa constatação não se repetiu em um estudo mais recente conduzido no Reino Unido (dados não publicados).

12. Processamento

12.1. Efeitos do manejo das aves antes do processamento

Os sistemas de manejo e de criação do pré-abate dos lotes são muito importantes, por estarem relacionados à taxa de crescimento (tecido muscular), atividade das aves (esquelética e cardiovascular) e, conseqüentemente, à ocorrência de miopatias do músculo peitoral. A miopatia peitoral profunda está diretamente associada ao uso excessivo das asas (para auxiliar no equilíbrio, locomoção, resfriamento, etc.) e à atividade (comportamento de medo e fuga). Conseqüentemente, as práticas de produção animal devem voltar a atenção à limitação da atividade das asas durante o crescimento, especialmente no período próximo do abate. Frangos de corte tendem a ficar agitados em resposta às altas intensidades luminosas e à maior duração natural do dia. O uso excessivo e repentino das asas pode ser desencadeado por atividade humana excessiva no aviário (frequente colocação das aves em boxes e pesagem, preparação da cama, vacinações e atividades relacionadas ao abate parcial do lote), sons incomuns ou novos no interior ou ao redor do aviário/fazenda, bem como as atividades diárias associadas ao acesso à ração e à água e tentativas de empoleiramento ou saltos sobre barreiras migratórias (ou seja, tubos de plástico especialmente utilizados por alguns produtores nos EUA). Além disso, os frangos de corte também estendem as asas para facilitar a dissipação de calor por convecção. A ventilação adequada durante o estresse térmico é de extrema importância para a prevenção da miopatia peitoral profunda.

A influência da atividade das aves sobre outras miopatias do músculo peitoral não é bem esclarecida, embora as tensões e as micro lesões associadas à atividade muscular possam sobrecarregar os processos de reparação. O manejo das aves, a luta para se livrarem da captura e o seu encaixotamento podem causar danos, quando em excesso, mas geralmente na forma de deslocamento das asas, hemorragias musculares e petéquias de sangue.

A densidade das aves nas caixas, bem como o estresse térmico durante o carregamento, transporte e área de espera também são muito importantes em termos de exaustão metabólica e lesão muscular. Sabe-se que a retirada da ração tem papel importante na manifestação das miopatias do músculo peitoral e na qualidade da carcaça. No caso da retirada prolongada da ração, as células musculares esgotarão as reservas de glicogênio, ou seja, o pH do músculo após o abate estará alto, podendo resultar em carne com miopatia peitoral profunda. Além disso, a abstinência prolongada de ração pode causar uma alteração no metabolismo, resultando em um estado catabólico e, conseqüentemente, em perdas no rendimento. Dados internos recentes da Aviagen mostraram que aumentar o tempo de retirada da alimentação em 4 horas aumentou a incidência da miopatia com peito espaguete. Também se tem observado que quando a retirada da ração é muito curta, o músculo pode ter glicogênio em excesso, resultando na formação excessiva de ácido láctico no músculo durante o transporte e a área de espera, na perda da integridade do músculo e no aumento da perda de água; acredita-se que isso possa aumentar o risco de peito espaguete ou PSE. Portanto, é importante que o tempo da retirada da ração seja de 8 a 12 horas antes do processamento previsto.

12.2. Abate

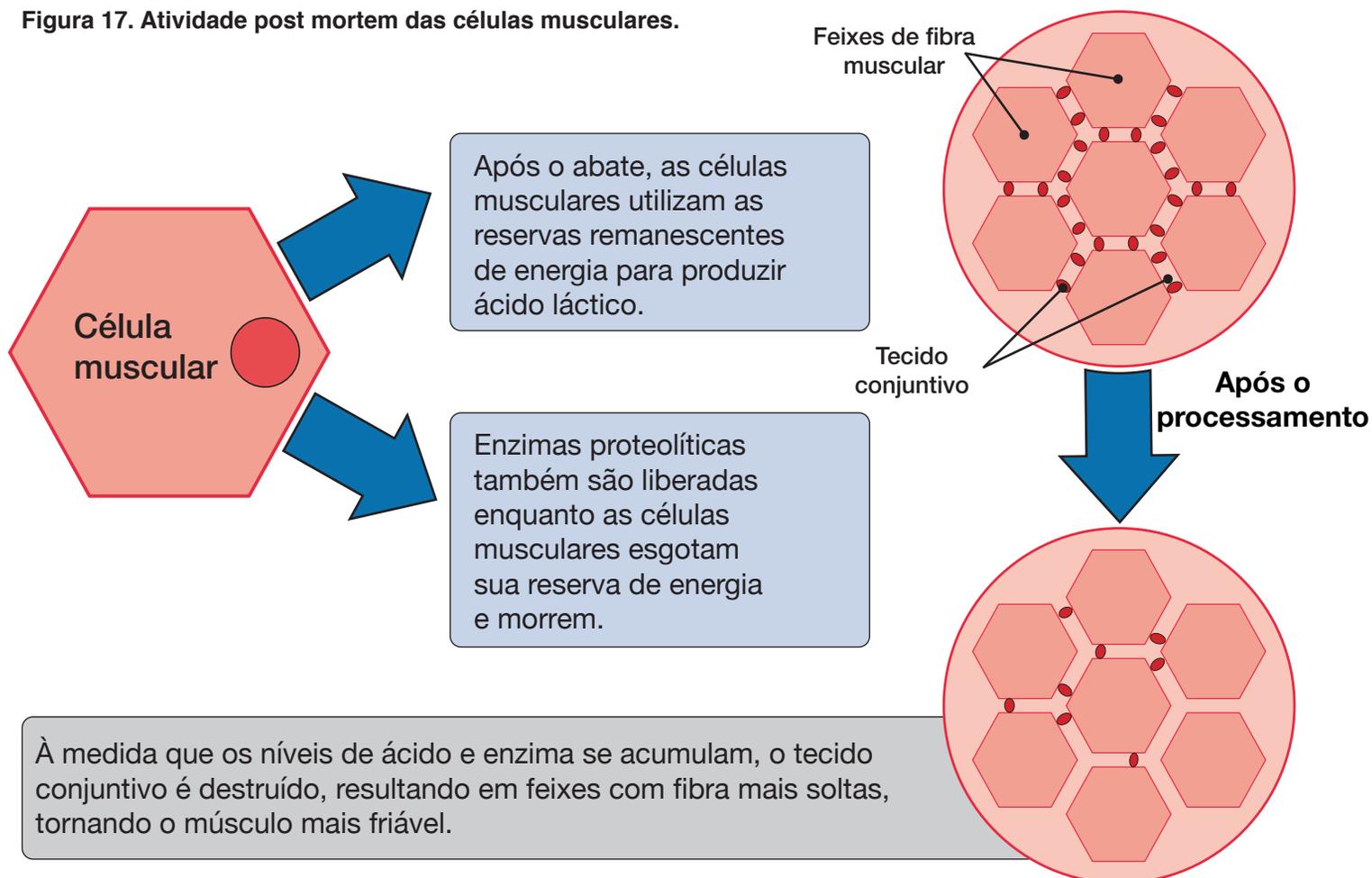
Por definição, as miopatias do músculo peitoral são o crescimento e desenvolvimento do músculo associado a lesões estruturais. Processos, como atordoamento, hemorragia, escaldagem e depenagem só podem alterar a sua manifestação física. Há pouca ou nenhuma informação disponível sobre os efeitos das correntes elétricas (atordoamento elétrico) ou em atmosfera modificada (gás com ação atordoante) nas miopatias do músculo peitoral. O início de rigor mortis (rigidez muscular) após o abate pode ser acelerado pelo atordoamento e pela utilização de métodos com estimulação elétrica. A voltagem (> 200 V), amperagem, frequência de pulso, duração e localização (antes ou após a depenagem) da estimulação elétrica podem afetar a extensão da lesão muscular (miofibrilas) e a integridade do músculo em decorrência da gravidade das contrações (Sams, 2002). Ainda, as frequentes dificuldades na depenagem relatadas com o uso de gás com sistemas de ação atordoante (rigor acelerado dos músculos dos folículos das penas) são geralmente compensados pelas temperaturas de escaldagem mais elevadas e as pressões dos dedos da depenadeira, levando à lesões no músculo e na pele.

Observou-se que configurações incorretas e/ou a má manutenção dos equipamentos utilizados no processamento aumentam a gravidade e a incidência de peito espaguete. Por exemplo, uma comparação entre duas unidades, uma com e outra sem peito espaguete que processavam as aves a partir da mesma base de produção, constatou que a planta com a maior presença de peito espaguete tinha a temperatura de escaldagem mais baixa (47°C, 117°F) e um depenador mais agressivo, conforme indicado pela alta incidência das asas quebradas.

12.3. Resfriamento das carcaças

O ritmo no qual uma carcaça esfria pode ter um impacto na qualidade da carne devido à atividade post mortem das células musculares. Após a morte, as células musculares produzem ácido láctico e liberam enzimas proteolíticas que degradam o tecido conjuntivo, resultando na maciez da carne (consultar **Figura 17**).

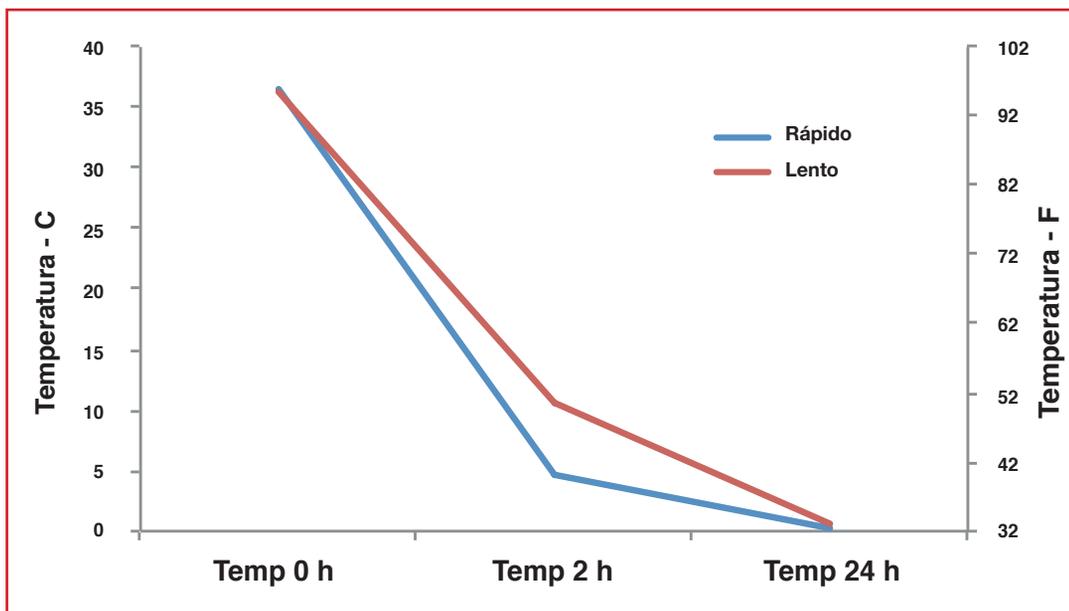
Figura 17. Atividade post mortem das células musculares.



Essa degradação do ácido lático e das enzimas proteolíticas só ocorre enquanto a carne ainda está quente. Conseqüentemente, é importante que a carcaça atinja a temperatura baixa rapidamente para reduzir a degradação do tecido conjuntivo.

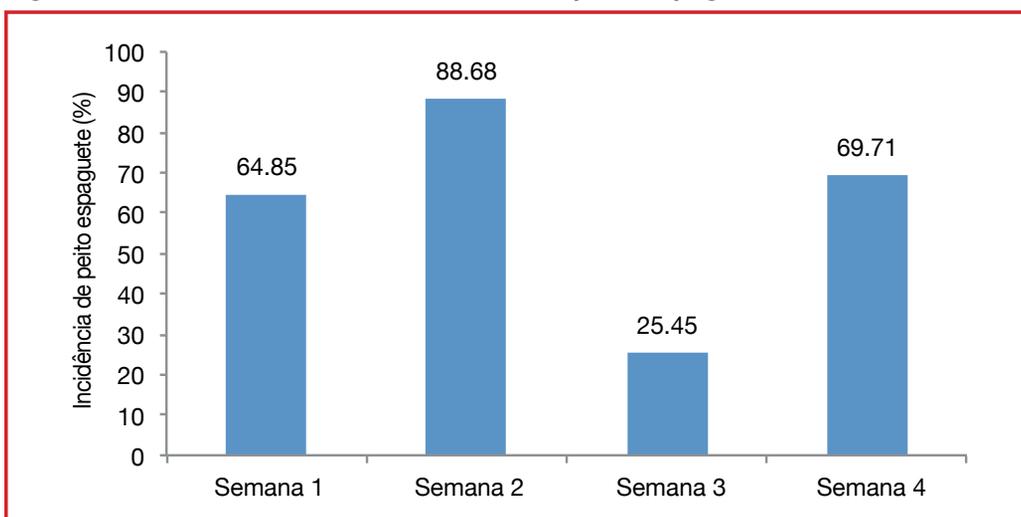
O impacto do resfriamento mais lento da carcaça foi examinado em um estudo da Aviagen onde duas taxas de resfriamento da carcaça (ar frio) foram analisadas em 4 grupos de frangos, consecutivamente. A **Figura 18** mostra as temperaturas médias obtidas para os dois planos de resfriamento usados para as aves no estudo (a cada semana, as aves foram aleatoriamente divididas em dois grupos: um grupo com resfriamento rápido e outro com resfriamento lento).

Figura 18. Diferença na taxa de resfriamento em um estudo que analisa o efeito da taxa de resfriamento na incidência da miopatia do músculo peitoral.



Após o processamento e refrigeração, as carcaças foram avaliadas para verificar a incidência das miopatias do músculo peitoral; sendo que a incidência de estriações musculares e peito amadeirado não foram afetadas pelo plano de resfriamento, mas o peito espaguete foi encontrado como sendo mais alto naquelas aves no plano de resfriamento lento em relação aos seus homólogos de resfriamento rápido (**Figura 19**).

Figura 19. Aumento relativo de incidência de peito espaguete nas aves com resfriamento lento.



Estes dados mostram a importância da refrigeração adequada após o processamento para evitar a degradação post mortem do músculo e a possível perda da sua integridade.

13. Anexos

13.1. Desenhos do estudo experimental

Este anexo nos dá uma visão geral do delineamento do estudo para qualquer estudo abordado na **Seção 8** (taxa de crescimento e miopatias do músculo peitoral) que não tenha sido publicado em revista especializada. A descrição completa da metodologia do estudo para outros estudos pode ser encontrada em revistas indicadas e publicadas por meio das referências fornecidas.

Estudo 1. Controle alimentar quantitativo

	Controle alimentar quantitativo
Localização	Aviagen Albertville, AL
Linhagem	Ross 708
Sexo	Machos
Período do estudo	0-48 dias
Iluminação	23L:1dia, 27 lux a 7 dias 20L:4 dias, 11 lux 8-48 dias
Dietas	Inicial (1-12 dias, partícula triturada) De engorda (13-31 dias, pellet) Final (32-40 dias, pellet) Ração de retirada (41-48 dias, pellet) Alimento formulado para satisfazer ou superar as recomendações da Aviagen. A base de milho e soja, subproduto de aves e resíduos de destilaria de milho. Todas as aves nos boxes receberam alimentos ad libitum nas primeiras 24 h após serem alojadas.
Tratamentos	Controle: ad libitum Trat. 1: 95% de consumo controlado Trat. 2: 90% do consumo controlado Trat. 3: 95% do consumo controlado até 11 dias, e depois, ad libitum (controle Inicial)
Registros coletados	Peso corporal e ração: 12, 31, 40 e 48 dias Processamento: 32 e 49 dias Componentes da carcaça pesados e peitoral maior avaliados visualmente e classificados em uma escala de 3 pontos para estriações musculares e peito amadeirado (0 = nenhum, 1 = leve, 2 = severo)

Estudo 2. Controle alimentar qualitativo

Controle alimentar qualitativo																																																																																					
Localização	Aviagen Albertville, AL																																																																																				
Linhagem	Yield Plus x Ross 708																																																																																				
Sexo	Machos																																																																																				
Período do estudo	0-62 dias																																																																																				
Iluminação	23L:1 dia, 25 lux a 7 dias 18L:6 dias, 10 lux 8-48 dias																																																																																				
Dietas	<p>Inicial (1-11 dias, partícula triturada) De engorda (12-28 dias, pellet) Final 1 (29-40 dias, pellet) Final 2 (41-48 dias, pellet) Ração de retirada (49-62 dias; pellet)</p> <p>O controle foi estabelecido para atender às recomendações de energia e aminoácidos da Aviagen. A base de milho e soja, contendo em alguns casos subproduto de aves e resíduos de destilaria de milho. O farelo de trigo foi incorporado para obter a diluição desejada de nutrientes. Todos os boxes receberam alimentação à vontade.</p>																																																																																				
Tratamentos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tratamento</th> <th>Dieta 1</th> <th>Dieta 2</th> <th>Dieta 3</th> <th>Dieta 4</th> <th>Dieta 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Último dia de alimentação</td> <td>11</td> <td>28</td> <td>40</td> <td>48</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Controle</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Controle</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Controle</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Controle</td> <td>Baixo</td> <td>Controle</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> </tr> </tbody> </table> <p>Controle = 100% das especificações nutricionais da Aviagen para aminoácidos e base energética da dieta. BAIXO - 90% das especificações nutricionais da Aviagen para aminoácidos e base energética da dieta.</p>	Tratamento	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5	Último dia de alimentação	11	28	40	48	62	1	Controle	Controle	Controle	Controle	Controle	2	Baixo	Controle	Controle	Controle	Controle	3	Baixo	Baixo	Controle	Controle	Controle	4	Baixo	Baixo	Baixo	Controle	Controle	5	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Controle	6	Controle	Baixo	Controle	Controle	Controle	7	Controle	Baixo	Baixo	Controle	Controle	8	Controle	Baixo	Baixo	Baixo	Controle	9	Controle	Controle	Baixo	Controle	Controle	10	Controle	Controle	Baixo	Baixo	Controle	11	Controle	Controle	Controle	Baixo	Controle	12	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Tratamento	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5																																																																																
Último dia de alimentação	11	28	40	48	62																																																																																
1	Controle	Controle	Controle	Controle	Controle																																																																																
2	Baixo	Controle	Controle	Controle	Controle																																																																																
3	Baixo	Baixo	Controle	Controle	Controle																																																																																
4	Baixo	Baixo	Baixo	Controle	Controle																																																																																
5	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Controle																																																																																
6	Controle	Baixo	Controle	Controle	Controle																																																																																
7	Controle	Baixo	Baixo	Controle	Controle																																																																																
8	Controle	Baixo	Baixo	Baixo	Controle																																																																																
9	Controle	Controle	Baixo	Controle	Controle																																																																																
10	Controle	Controle	Baixo	Baixo	Controle																																																																																
11	Controle	Controle	Controle	Baixo	Controle																																																																																
12	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo																																																																																
Registros coletados	<p>Peso médio e ração Processamento Componentes da carcaça pesados e peitoral maior avaliados visualmente e classificados em uma escala de 4 pontos para estriações musculares e peito amadeirado no dia 63 (0 = nenhum, 1 = leve, 2 = moderado, 3 = severo)</p>																																																																																				

Referências

- Bailey, R.A., Watson, K.A., Bilgili, S.F. e Avendano, S. (2015). Base genética das miopatias dos músculo peitorais maiores nas linhagens de frangos de corte modernos. *Avícola Ciência*, 94: 2870-2879. <https://doi.org/10.3382/ps/pev304>
- Baldi, G., Soglia, F., Mazzoni, M., Sirri, F., Canonico, L., Babini, E., Laghi, Cavani, C. e Petracci, M. 2017 Implicações de estriações musculares e anormalidades da carne mole em relação à qualidade da carne e características histológicas em frangos de corte. *Animal*, 17: 1 – 10. doi:10.1017/S1751731117001069
- Barnes, H.J., Borst, L.B, Wineland, M.J., Oviedo_Rondon, E.O. e Martin, M.P. 2017 Projeto de Pesquisa Nº 691 da Associação de Criadores de Aves e Ovos dos EUA, Factores que Contribuem para a Miodegeneração Peitoral Superficial e Esclerose ("Peito Amadeirado") em Frangos de Corte. North Carolina State University. http://www.uspoultry.org/research/resproj/PROJ_691.html
- Berri, C., Debut, M., Santé-Lhoutellier, V., Arnould, C., Boutten, B., Sellier, N., Baéza, E., Jehl, N., Jégo, Y., Duclos, M.J. e Le Bihan-Duval, E. (2005). Variações na qualidade da carne do peito de frango: implicações do teor de glicogênio no músculo no momento da morte. *Brit. Ciência Avícola*, 46: 572-579. 10.1080/00071660500303099
- Bilgili, S.G. 2016. Anormalidades do músculo peitoral em frangos de corte. Artigo Técnico AAAP. https://aaap.memberclicks.net/assets/Positions/white_paper_on_breast_muscle_abnormalities_in_broiler_chickens.pdf
- Boerboom, G., van Kempen, T., Navarro-Villa, A. e Pérez-Bonilla, A. (2018). Desvendando a causa de estriações musculares em frangos de corte através da metabolômica. *Avícola Sci.* Na imprensa <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey266>
- Chatterjee, D., Zhuang, H., Bowker, B.C., Rincon, A.M. e Sanchez-Brambila, G. 2016. Características da textura instrumental dos peitorais maiores dos frangos de corte com a condição de peito amadeirado. *Avícola Sci.*, 95: 2449 – 2454. <https://doi.org/10.3382/ps/pew204>
- Clark, D. L., Strasburg, G. M., Reed, K. M. e Velleman, G. 2017 Influência da temperatura e seleção de crescimento do músculo peitoral maior em perus, expressão dos genes adipogênicos nas células satélites e acúmulo de lipídios. *Avícola Sci.* 96:1015-1027
- Compaixão na Pecuária Mundial (2016). Diminuição do valor nutricional de frangos criados em fazendas. <https://www.ciwf.com/media/7429726/declining-nutritional-value-of-factory-farmed-chicken.pdf>
- Cordova-Noboa, H. A., Oviedo-Rondon E. O., Sarsour A. H., Barnes J., Lopez D., Gross L., Rademacher-Heilshorn M. e Braun U. (2018). Efeito da suplementação de ácido guanidinoacético no desempenho das aves vivas, qualidade da carne, miopatias peitorais e parâmetros do sangue dos frangos de corte do sexo masculino que recebem dietas à base de milho com ou sem subprodutos avícolas. *Avícola Sci.* Na imprensa
- Cowieson, A. J., Aureli R., Guggenbuhl P. e Fru-Nji F. (2014). Fitase e mio-inositol: oportunidades para melhorar a eficiência na produção de aves e suínos. DSM artigo técnico. pp 5
- Dadgar, S., Crowe, T.G., Classen, H.L., Watts, J.M. e Shand, P.J. (2012). Coxas de frango de corte e respostas de peito muscular ao estresse térmico durante o transporte simulado antes do abate. *Avícola Sci.*, 91: 1454 – 1464. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01520>
- Dalle Zotte, A., Cecchinato, M., Quartesan, A., Bradanovic, J., Tasoniero, G. e Puolanne E. (2014) Como a miodegeneração "Peito amadeirado" afeta a qualidade da carne das aves? *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 22: 476479
- Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Russo, E., Longoni, C. e Cecchinato, M. (2015). Impacto do programa de controle da coccidiose e plano de alimentação na prevalência das estriações musculares e grau de gravidade em filés de peito dos frangos de corte avaliados em três idades diferentes durante o crescimento. *Avícola Ciência*, 94: 2114 – 2123 <https://doi.org/10.3382/ps/pev205>

Debut, M., Berri, C., Bae'za, E., Sellier, N., Arnould, C., Gue'mene', D., Jehl, N., Boutten, B., Jego, Y., Beaumont, C. e Le Bihan-Duval, E. (2003) Variação da qualidade tecnológica da carne de frango em relação ao genótipo e às condições de estresse pré-abate. *Avícola Sci.*, 82: 1829 – 1838

Desai, M.A., Jackson, V., Zhai, W., Suman, S.P., Nair, M.N., Beach, C.M. e Schilling, M.W. 2016. Base de proteoma da carne do peito (do tipo PME) pálida, mole e exsudativa de frangos de corte (peitoral maior). *Avícola Sci.*, 95: 2696 – 2706. <https://doi.org/10.3382/ps/pew213>

Droval, A.A., Benassi, V.T., Rossa, A., Prudencio, S.H., Paião, F.G. e Shimokomaki, M. (2012). Atitudes dos consumidores e sua preferência pela carne do peito de frango pálida, mole ou exsudativa. *J. of App. Avícola Res.*, 21: 502 – 507. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00392>

Ferreira, T. Z., Casagrande, R. A., Vieira, S. L., Driemeier, D. e Kindlein, L. (2014). Pesquisa sobre caso relatado de estriações musculares em frangos de corte. *J. de Appl. Avícola Res.* 23: 748-753. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00847>

Halevy O., Biran, I. e Rozenboim, I. (1998). Vários tratamentos com fonte de luz afetam o corpo e o crescimento do músculo esquelético, influenciando a proliferação das células satélites do músculo esquelético em frangos de corte. *Comp. Fisiol. Bioquím.* 74: 317 – 323. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(98\)10032-6](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10032-6)

Halevy, O., Geyra, A., Barak, M., Uni, Z. e Sklan, D. (2000). A fome após o início da incubação diminui a proliferação das células satélites e o crescimento do músculo esquelético dos pintos. *The J. of Nutrition*, 130: 858 – 864. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.858>

Harthan, L.B., McFarland, D.C. e Velleman, S.G., (2013). Efeito do estado nutricional e a idade das células satélites na proliferação das células satélites em perus, diferenciação e expressão dos fatores regulatórios de transcrição miogênica e proteoglicanos de sulfato de heparan sindecano-4 e glipicano-1. *Avícola Sci.* 93:174–86. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03570>

Holm, C.G.P. e Fletcher, D.L. (1997). Temperaturas de manutenção ante morte e qualidade da carne do peito dos frangos de corte. *J. de Appl. Avícola Res.*, 6: 180 – 184

Kuttappan, V.A., Lee, Y.S., Erf, G.F., Meullenet, J.-F.C., McKee, S.R. e Owens, C.M. (2012a). Aceitação do consumidor da aparência visual da carne do peito dos frangos de corte com diferentes graus de estriações musculares. *Avícola Sci.*, 91: 1240 – 1247. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01947>

Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Apple, J. K., Waldroup, P. W. e Owens, C. M. (2012b). Influência da taxa de crescimento na ocorrência das estriações musculares nos filés de peito dos frangos de corte, *Ciência Avícola*, 91(10): 2677-85

Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Mauromoustakos, A., McKee, S. R., Emmert, J. L., Meullenet, J. F. e Owens, C. M. (2012c). Estimativa dos fatores associados à ocorrência de estriações musculares nos filés de peito dos frangos de corte, *Ciência Avícola*, 92(3); 811-819

Kuttappan, V. A., Shivaprasad, H. L., Shaw, D. P., Valentine, B. A., Hargis, B. M., Clark, F. D., McKee, S. R. e Owens, C. M. (2012d). Alterações patológicas associadas às estriações musculares nos músculos peitorais dos frangos de corte, *Ciência Avícola*, 92(2); 331-338

Kuttappan, V.A., Goodgame, S.D., Bradley, C.D., Mauromoustakos, A., Hargis, B.M., Waldroup, P.W. e Owens, C.M., (2012e). Efeito dos diferentes níveis da dieta com vitamina E (acetato de DL- α -tocoferol) na ocorrência de vários graus de estriações musculares nos filés de peito dos frangos de corte. *Avícola Sci.*, 91: 3230-3235. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02397>

Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Mauromoustakos, A., McKee, S.R., Emmert, J.L., Meullenet, J.F., and Owens, C.M. (2013a). Estimativa dos fatores associados à ocorrência de estriações musculares nos filés do peito dos frangos de corte. *Avícola Sci.*, 92: 811 – 819. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02506>

Kuttappan, V.A., Huff, G.R., Huff, W.E., Hargis, B.M., Apple, J.K. Coon, C, and Owens, C.M. (2013b). Comparação dos perfis hematológicos e sorológicos dos frangos de corte com graus normais e graves das estriações musculares nos filés de peito. *Avícola Sci.*, 92: 339-345. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02647>

- Kuttappan, V.A., Bottje, W., Ramnathan, R., Hartson, S.D., Coon, C.N., Kong, B.-W., Owens, C.M., Vazquez-Añon, M., and Hargis, B.M. 2017 A análise proteômica revela alterações no metabolismo de carboidratos e proteínas associadas à miopatia de peito dos frangos de corte. *Avícola Sci.* 96: 2992-2999. <https://doi.org/10.3382/ps/pex069>
- Lien, R.J., Bilgili, S.F., Hess, J.B. e Joiner, K.S. (2012). Indução de miopatia peitoral profunda nos frangos de corte através do batimento de asas estimulado. *O J. de Appl. Avícola Res.*, 21: 556 – 562. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00441>
- Mann, C. J., Perdiguero, E., Kharraz, Y., Aguilar, S., Pessina, P., Serrano, A.L. e Munoz-Canoves, P., (2011). Reparo anormal e desenvolvimento de fibrose no músculo esquelético. *Esquelético Músculo* 1:21.
- McGovern, R.H., Feddes, J.J.R., Zuidhof, M.J., Hanson, J.A. e Robinson, F.E. (2001). Desempenho no crescimento, características do coração e incidência de ascite em frangos de corte em resposta às concentrações de oxigênio e dióxido de carbono. *Can. Biosyst. Eng.*, 43, 41–46
- Meloche, K.J., Fancher, B.I., Emmerson, D.A., Bilgili, S.F. e Dozier, W.A., III (2018a). Efeitos da alocação quantitativa de nutrientes nas miopatias dos músculos peitorais maiores em frangos de corte aos 32, 43 e 50 dias de idade. *Avícola Sci.* 97: 1786 – 1793. <https://doi.org/10.3382/ps/pex453>
- Meloche, K.J., Fancher, B.I., Emmerson, D.A., Bilgili, S.F. e Dozier, W.A., III (2018b). Efeitos da energia dietética reduzida e densidade dos aminoácidos nas miopatias dos músculos peitorais maiores em frangos de corte aos 36 e 49 dias de idade 1. *Avícola Sci.* 97: 1794 – 1807. <https://doi.org/10.3382/ps/pex454>
- Meloche, K.J., Fancher, B.I., Emmerson, D.A., Bilgili, S.F. e Dozier, W.A., III (2018c). Efeitos da densidade reduzida de lisina digestível nas miopatias dos músculos peitorais maiores em frangos de corte aos 48 e 62 dias de idade. *Avícola Ciência, na imprensa* <https://doi.org/10.3382/ps/pey171>
- Meloche, K.J., Dozier, W.A., Brandebourg, T.J. e Starkey, J.D. (2018d). Características do crescimento do músculo esquelético e atividade das células-tronco miogênicas em frangos afetados pelo peito amadeirado. *Avícola Ciência na imprensa* <https://doi.org/10.3382/ps/pey287>
- Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C. e Petracci, M. (2014). Quantidade e funcionalidade das frações proteicas em filés de peito de frango afetados por estriações musculares. *Avícola Ciência*, 93: 2108 – 2116 <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03911>
- Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F. e Cavani, C. (2015.) Implicações das anomalias das estriações musculares e do peito amadeirado em relação à qualidade da carne de frango crua e marinada. *Animal*, 9: 728 – 734. <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>
- Mutryn, M.F., Brannick, E.M, Fu, W., Lee W.R. e Abasht, B. (2015). Caracterização de um novo distúrbio muscular dos frangos através da análise das vias e expressão gênica diferencial utilizando o sequenciamento de RNA. *BMC Genomics* 16:399. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1623-0>
- Noy, Y. e Sklan, D. (1997). Desenvolvimento dos frangos de corte após o nascimento. *J. Appl. Avícola Res.*, 6:344 - 354
- Olanrewaju, H.A., Dozier III, W.A., Purswell, J.L., Branton, S.L., Miles, D.M., Lott, B.D., Pescatore, A.J. e Thraxton, J.P. (2008). Desempenho de crescimento e variáveis fisiológicas para frangos de corte submetidos a concentrações elevadas de dióxido de carbono por um período curto. *Int. J. of Poult. Sci.*, 7: 738 – 742
- Petracci, M., Mudalal, S., Bonfiglio, A. e Cavani, C. (2013.) Ocorrência de estriações musculares em condições comerciais e seu impacto na qualidade da carne de peito de frangos de corte. *Avícola Sci.* 92: 1670-1675. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-03001>
- Petracci, M., Mudalal, S., Babini, E. e Cavani, C. (2014). Efeito das Estriações Musculares na Composição Química e Valor Nutritivo da Carne de Peito de Frango de Corte. *It. J. of Anim. Sci.*, 13: 179 – 183. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3138>
- Pietsun, Y., Harel, M., Barak, M., Yahav, S. e Halevy, O. (2009). As manipulações térmicas nos embriões tardios dos pintos têm efeitos imediatos e de longo prazo na proliferação de mioblastos e na hipertrofia do músculo esquelético. *J. Appl. Fisiol.* 106:233-240

Powell, D. J., D. C. McFarland, A. J. Cowieson, W. I. Muir, S. G. Velleman. 2014. Efeito do estado nutricional na expressão gênica mio gênica das células satélites provenientes de diferentes tipos de músculos. *Ciência Avícola* 93:2278-2288

Radaelli, G., Piccirillo, A., Birolo, M., Bertotto, D., Gratta, F., Ballarin, C., Vascellari, M., Xiccato, G. e Trocino, A. 2016. Efeito da idade na ocorrência da degeneração da fibra muscular associada a miopatias em frangos submetidos à restrição alimentar. *Avícola Sci.*, 96: 309 – 319. <https://doi.org/10.3382/ps/pew270>

Rozenboim, I., Biran, I., Uni, Z., Robinzon, B. e Halevy, O. (1999). O efeito da luz monocromática no crescimento e desenvolvimento dos frangos de corte, *Poult. Sci.*, 78: 135 – 138

Rozenboim, I., Pietsun, Y., Mobarkey, N., Hoyzman, A. e Halevy, O. (2004). Os estímulos da luz monocromática durante a embriogênese melhoram o desenvolvimento do embrião após a incubação. *Ciência Avícola* 83:1413-1419

Sams, A. R. (2002). Estimulação elétrica nos frangos de corte post mortem. *Avicultura Mundial*. *Ciência*, 58: 147-157

Sandercock, D.A., Hunter, R.R., Mitchell, M.A. e Hocking, P.M. (2006). A capacidade termorreguladora e a integridade da membrana muscular estão comprometidas nos frangos de corte comparativamente a camadas com a mesma idade ou peso corporal. *Brit. Avícola Sci.*, 47: 322 – 329. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00545296>

Sihvo, H. K., Immonen, K. e Puolanne, E. (2013) "Miodegeneração com fibrose e regeneração do músculo peitoral maior em frangos de corte," *Vet Pathol*, 51(3), pp. 619-23

Simões, G.S., Oba, A., Matsuo, T., Rossa, A., Shimokomak, M. e Ida, E.I. (2009) Avaliação do microclima térmico do veículo durante o transporte de frangos de corte no verão brasileiro e a ocorrência de carne pálida, macia e exsudativa. *Braz. Arch. Of Biol. And Technol.*, 52: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132009000700025>

Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E., Di Nunzio, M., Mazzoni, M., Sirri, F., Cavani, C. e Petracci, M. (2015). Histologia, composição e características relacionadas à qualidade dos músculos peitorais maiores em frangos de corte afetados pela anomalia do peito amadeirado. *Avícola Sci.*, 95: 651 + 659. <https://doi.org/10.3382/ps/pew353>

Tasoniero, G., Cullere, M., Cecchinato, M., Puolanne, E. e Dalle Zotte, A. 2016. Qualidade tecnológica, perfil mineral e atributos sensoriais dos peitos dos frangos de corte afetados por miopatias com estriações musculares e peito amadeirado. *Avícola Sci.*, 95: 2707 – 2714. <https://doi.org/10.3382/ps/pew215>

Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracci, M. e Xiccato, G. (2015). Efeito da restrição genotípica, sexo e alimentos para animais em fase de crescimento, qualidade da carne e a ocorrência de estriações musculares e peito amadeirado em frangos de corte. *Avícola Sci.* 94:2996–3004

York, T. W, Bedford, M.R. e Walk, C.L (2016). Oligominerais - que papel desempenham no setor avícola atual em relação à taxa de crescimento rápida e à anomalia de peito amadeirado? Em: C.L Walk et.al. (ed.) *Consequências da destruição dos fitatos na nutrição animal de precisão*, Wageningen Academic Publishers, p. 251-266

Velleman, S.G., Nestor, K.E., Coy, C.S., Harford, I. e Anthony, N.B., (2010). Efeito da restrição alimentar após a incubação no desenvolvimento dos músculos e na regulação da transcrição muscular de frangos de corte e expressão do proteoglicano de heparan sulfato. *Int. J. Poult. Sci.* 9:417–425

Velleman, S.G., Coy, C.S. e Emmerson, D.A. (2014). Efeito do tempo estabelecido para restrições alimentares após o nascimento no desenvolvimento do músculo peitoral e expressão gênica da regulação da transcrição muscular dos frangos de corte. *Avícola Sci.*, 93:1484 – 1494. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03813>

Verhoelst, E., De Ketelaere, B., Decuyper, E. e De Baerdemaeker, J., (2011) Efeito da Hipercapnia no Início do Pré-natal na Rede Vasculare da Membrana Corioalantoica no Embrião dos Frangos. *Biotechnol. Prog.*, 27:562-570

Zahoor, I., Mitchell, M.A., Hall, S., Beard, P.M., Gous, R.M., De Koning, D.J. e Hocking, P.M. 2016. A temperatura ambiente ideal e prevista para que os frangos de corte dissipem o calor metabólico não afeta o desempenho nem melhora a qualidade do músculo peitoral. *Brit. Avícola Sci.*, 57: 134 – 141. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1124067>

Zambonelli, P., Zappaterra, M., Soglia, F., Petracci, M., Sirri, F., Cavani, C. e Davoli, R. 2016. Detecção dos genes diferencialmente expressos no músculo peitoral maior dos frangos de corte afetados por miopatias com estriações musculares e peito amadeirado. *Avícola Sci.*, 95: 2771 – 2785. <https://doi.org/10.3382/ps/pew268>



A Aviagen e o logotipo Aviagen são marcas registradas da Aviagen nos EUA e em outros países.
Todas as outras marcas registradas ou nomes comerciais foram registrados pelos seus respectivos proprietários.
© 2019 Aviagen

Política de privacidade: A Aviagen coleta dados para comunicar e fornecer informações sobre nossos produtos e os nossos negócios de forma eficaz. Estes dados podem incluir seu endereço de e-mail, nome, endereço comercial e número de telefone. Para ler a nossa política de privacidade completa, visite <http://eu.aviagen.com/privacy-policy/>