

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE *NUGGETS*
ELABORADOS COM PEITO DE FRANGO ACOMETIDOS PELA CONDIÇÃO
*WOODEN BREAST***

ANA LAURA CAPORUSSO HERRERA

**Jaboticabal – SP
2024**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE *NUGGETS*
ELABORADOS COM PEITO DE FRANGO ACOMETIDOS PELA
CONDIÇÃO *WOODEN BREAST***

Ana Laura Caporusso Herrera

**Orientadora: Prof^a Dr^a Hirasilva Borba
Co-orientadores: Dr. Rodrigo Alves de Souza
M.Sc. Jeane Vieira Leite**

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica)
apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para
graduação em Zootecnia.

Jaboticabal – SP
2º Semestre/2024

FICHA CATALOGRÁFICA

H565c Herrera, Ana Laura Caporusso
Composição química e perfil de ácidos graxos de nuggets elaborados com peito de frango acometidos pela condição Wooden Breast / Ana Laura Caporusso Herrera. -- Jaboticabal, 2024
36 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Hirasilva Borba
Coorientador: Rodrigo Alves de Souza

1. Frango de corte. 2. Pectoralis Major. 3. Empanados. 4. Qualidade da carne. I.
Título.

ANA LAURA CAPORUSSO HERRERA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE NUGGETS
ELABORADOS COM PEITO DE FRANGO ACOMETIDOS PELA CONDIÇÃO
WOODEN BREAST**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.


Orientador: Profa. Dra. Hirasilva Borba
Coorientadores: Dr. Rodrigo Alves de Souza
M.Sc. Jeane Vieira Leite

Área de Concentração: Produção Animal

Data da defesa: 29/11/2024

Aprovado
 Reprovado

Banca Examinadora:



Prof. Dra. Hirasilva Borba
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

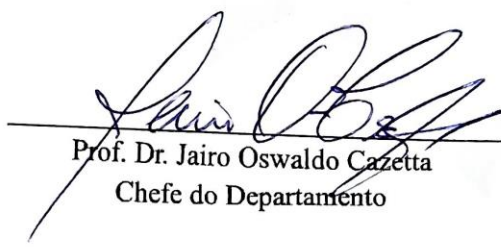
Documento assinado digitalmente
gov.br ERICK ALONSO VILLEGAS CAYLLAHUA
Data: 09/12/2024 08:40:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Erick Alonso Villegas Cayllahua
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br DANIEL RODRIGUES DUTRA
Data: 02/12/2024 11:00:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Daniel Rodrigues Dutra
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 11 / 12 / 24



Prof. Dr. Jairo Oswaldo Cazetta
Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

A Deus, fonte de força, sabedoria e orientação, a quem devo toda a minha gratidão por me conceder coragem e perseverança para superar os desafios ao longo dessa jornada.

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou com amor, paciência e compreensão em todas as etapas dessa caminhada. Agradeço especialmente ao meu pai, Marcelo, e à minha irmã, Maria Eduarda, pelo incentivo constante e pela crença no meu potencial.

Aos meus amigos, que tornaram essa trajetória mais leve e divertida, e aos professores e orientadores, cujos ensinamentos e orientações foram essenciais para a realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica, meu sincero agradecimento.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar expressando minha profunda gratidão ao meu pai e à minha irmã, que tornaram essa graduação possível. O apoio e o incentivo incondicional de vocês foram fundamentais em cada passo dessa jornada. Sem vocês, eu não teria chegado até aqui.

Agradeço também à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor e encorajamento nos momentos mais desafiadores. Vocês são meu alicerce!

Um agradecimento especial à República Essakana, minha segunda família em Jaboticabal. Com vocês, aprendi lições valiosas para a vida e criei memórias que levarei para sempre.

Quero deixar um agradecimento para minhas "favs" da república! Não mencionarei nomes, porque o mistério é parte da diversão! Hahaha! Vocês são incríveis e sou eternamente grata por cada momento que compartilhamos. Amo vocês demais!

Gostaria de dedicar também um agradecimento especial à Dona Mercês, a nossa querida "mãezona" da república. Sua presença foi um verdadeiro abrigo para todos nós, cuidando de mim com o carinho de uma avó e a dedicação de uma mãe. Sua importância em minha vida e na vida de todos que passaram pela república é imensurável. Te amo, Mérci!

Minha amiga Mariana Abrahao, você se tornou uma presença incrível na minha vida, e sou eternamente grata pelo apoio e pela força que me deu ao longo dessa caminhada. Te amo, amiga!

A todos os meus amigos, que estiveram ao meu lado durante esses anos, obrigada por cada palavra de incentivo, por me escutarem nos piores momentos e por tornarem essa jornada mais leve e divertida. Amo todos vocês.

Agradeço de coração à minha orientadora, Prof. Dra. Hirasilva Borba, por todo o ensinamento, apoio e incentivo. Sua orientação foi crucial para meu crescimento acadêmico.

Meu agradecimento também vai para meus coorientadores. Jeane Vieira Leite (flor hahaha), obrigada por todo o suporte, apoio, risadas e conselhos ao decorrer deste trabalho. Ao Rodrigo Alves de Souza, agradeço pela contribuição que foi essencial para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, Daniel Dutra e Erick Villegas, sou grata por sempre terem acreditado em mim, por todo suporte, oportunidades e pela amizade que transcende a faculdade.

Aos colegas do Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal (LaOra), obrigado pelas risadas, ensinamentos e bons momentos. Vocês tornaram essa experiência ainda mais especial.

Por fim, agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da UNESP de Jaboticabal, a todo o corpo docente, direção e funcionários, pelos ensinamentos e por fazerem parte da minha trajetória na universidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Avicultura no Brasil	2
2.2 <i>Wooden Breast</i>	2
2.3 Qualidade de Carne	3
2.3.1 Ácidos graxos	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 Local	6
3.2 Classificação das Amostras	6
3.3 Elaboração dos <i>Nuggets</i>	7
3.4 Análises	10
3.4.1 Composição Química	10
3.4.2 Perfil de Ácidos Graxos	11
3.4.3 Análise Estatística e Análise descritiva	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÃO.....	16
RESUMO.....	18
ABSTRACT	19
REFERÊNCIAS	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Identificação dos graus de <i>Wooden Breast</i> . Músculo peitoral normal (A), moderado leve (B) e moderado acentuado (C).....	7
Figura 2. Processo de moagem.....	8
Figura 3. Processo de moldagem.....	9
Figura 4. Pré-enfarinhamento.....	9
Figura 5. Processo de cobertura finalizado.....	10

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Ingredientes utilizados para elaboração dos *nuggets* à base de carne de frango acometida pela condição *Wooden Breast*. 7
- Tabela 2.** Valores da composição química de *nuggets* elaborados com músculo *Pectoralis major* de frango normais e com diferentes graus da condição *Wooden Breast*..... 12
- Tabela 3.** Valores do Perfil de Ácidos Graxos principais para alimentação humana presentes nos *nuggets* elaborados com *Pectoralis major* de frango com *Wooden Breast*. 14

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o segundo lugar no *ranking* mundial de produção de carne de frango, com 14 524 milhões de toneladas produzidas por ano. Além disso, o país é o líder de exportações desse produto, com cerca de 4 822 milhões de toneladas exportadas, o que corresponde a cerca de 9.762 bilhões de dólares e a aproximadamente 33% da produção no país (Embrapa, 2023).

A avicultura de corte é um dos principais setores do agronegócio brasileiro, gerando milhões de empregos diretos e indiretos, o que impulsiona tanto a economia interna quanto o comércio exterior. A cadeia produtiva envolve uma ampla rede de atividades, desde a criação dos frangos até a comercialização, passando pela produção de insumos, como ração e medicamentos, além da infraestrutura de transporte e processamento. Além de posicionar o Brasil como um dos maiores exportadores de carne de frango do mundo, o setor também contribui significativamente para a segurança alimentar, garantindo o abastecimento interno com proteínas de alta qualidade a preços acessíveis (ABPA, 2023; FAO, 2021).

A relevante produção da carne de frango brasileira, em conjunto com a busca mercadológica por praticidade no preparo e baixo custo dos produtos alimentícios, favoreceu a criação de alimentos congelados, pré-cozidos, semi prontos e afins. Dentre eles, destacam-se os empanados, produtos processados que são moldados em variados formatos a partir do peito de frango previamente moído (Saccomori, 2013; Olivo, 2006). A aceitação de produtos empanados é crescente por parte dos consumidores, pois apresentam aparência, odor e sabor muito apreciados (Fontana & Nazario, 2014). Exemplos de produtos empanados são os *nuggets* de frango.

No entanto, um tema que tem ganhado importância no mercado global avícola é o aumento da ocorrência de anomalias no músculo *Pectoralis Major* dos frangos de corte, dentre as quais se destaca a *Wooden Breast* (WB). Também conhecida como “peito amadeirado”, esta condição acomete aves a partir da terceira semana de vida, sendo mais comum em machos pesados (Mutryn et al., 2015), o que tem se revelado uma crescente preocupação, pois os filés acometidos apresentam aparência desagradável (Kuttapan et al., 2012) e menor funcionalidade em produtos processados (Mudalal et al., 2014, 2015; Tijare et al., 2016). Diante disso, este estudo buscou verificar a influência da *Wooden Breast* sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos de *nuggets* de frango.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Avicultura no Brasil

A avicultura no Brasil é um dos principais segmentos do agronegócio nacional e tem se consolidado como uma das maiores potências globais na produção e exportação de carne de frango. Em 2024, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a produção de carne de frango no país deve atingir um recorde de 15,1 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 1,8% em relação a 2023. Este aumento na produção está atrelado à demanda global crescente, especialmente de mercados-chave como China, Japão e Emirados Árabes Unidos, que continuam a importar volumes expressivos de carne de frango brasileira (ABPA, 2024).

Entretanto, esse crescimento acelerado na produção de carne de frango também tem gerado preocupações relacionadas ao bem-estar animal e à qualidade do produto. A pressão por maior produtividade tem levado a mudanças no manejo, como o aumento da densidade de aves nas granjas e o uso intensivo de rações, visando otimizar a conversão alimentar e reduzir custos. Esses fatores têm sido associados a um aumento no número de condições musculares, sendo uma delas, conhecida como "peito amadeirado", que afeta principalmente o desenvolvimento do músculo peitoral, resultando em carnes de menor qualidade e com aparência alterada. Estudos apontam que essas anomalias musculares são mais frequentes em sistemas de produção intensiva, onde o crescimento rápido das aves pode levar a um desequilíbrio no desenvolvimento dos músculos, resultando em lesões e deformações (Petracci *et al.*, 2019).

2.2 Wooden Breast

A *Wooden Breast*, também conhecida como “Peito de Madeira” ou “Peito Amadeirado”, foi nomeada dessa maneira por conta da consistência dura presente nos músculos onde ela ocorre, que se assemelha à textura de madeira (Sanchez Brambila *et al.*, 2018). A primeira descrição de sua ocorrência se deu no ano de 2014, na Finlândia (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014). Pode ser identificada por expansivas áreas pálidas, endurecidas e levemente irregulares na musculatura do peito de frangos de corte (Mutryn *et al.*, 2015). Além disso, essas regiões podem estar cobertas com uma fina camada de material viscoso, o qual pode ser claro ou

levemente turvo, e com petéquias ou pequenas hemorragias distribuídas de maneira multifocal (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014). Kuttapan *et al.* (2016) complementam que a WB é caracterizada por miodegeneração, necrose, fibrose, lipidose e alterações regenerativas. A prevalência desta condição pode variar amplamente e depende de diversos fatores como a genética, o manejo, a alimentação e o ambiente de criação das aves. Em algumas produções, a prevalência pode chegar a até 50% dos frangos abatidos, embora esse número possa ser menor em sistemas de manejo mais cuidadosos (Sihvo *et al.*, 2014).

As causas da *Wooden Breast* (WB) ainda não são bem definidas, mas sabe-se que animais de crescimento rápido possuem mais fibras musculares quando comparados a animais de crescimento tardio e, conseqüentemente, há maior desenvolvimento do diâmetro destas fibras com o passar da idade e da expressão gênica para deposição de carne (Dranskfield; Sosnicki, 1999). Dessa forma, à medida que há aumento do diâmetro destas fibras, há diminuição e compressão dos capilares, limitando o aporte sanguíneo e, como consequência, de oxigênio, levando ao quadro de isquemia (Joiner, 2014).

O impacto econômico da *Wooden Breast* é significativo. Estimativas sugerem que esta condição pode resultar em perdas de milhões de dólares anualmente para a indústria avícola global (Petracci *et al.*, 2019). Os filés acometidos pela WB são frequentemente considerados de qualidade inferior devido à alteração em sua textura. O que pode levar à rejeição por parte dos consumidores e à necessidade de descontos nos preços de venda, e resultar em perdas econômicas para os produtores. (Kuttapan *et al.*, 2016).

Para reduzir a prevalência e o impacto da WB, diversas estratégias estão sendo adotadas. A seleção de linhagens de aves menos propensas a desenvolver tal condição é uma abordagem importante, assim como a implementação de uma nutrição adequada que promova um crescimento muscular mais saudável. Melhorias nas práticas de manejo, como a redução do estresse e a promoção do bem-estar das aves, também são essenciais para mitigar essa condição (Bailey *et al.*, 2015).

Dessa forma, é evidente a importância de novos estudos que avaliem o impacto das diferentes anomalias e demais miopatias relacionadas à carne de frango sobre a qualidade nutricional de produtos processados e seus potenciais implicações para a saúde humana.

2.3 Qualidade de Carne

A qualidade da carne é um conceito amplo que abrange vários processos e etapas produtivas, e incluem características sensoriais, nutricionais e de segurança alimentar, que são cruciais para a satisfação do consumidor e a viabilidade econômica da indústria da carne (Liu *et al.*, 2019; Njoga *et al.*, 2023). Para o consumidor, os fatores mais determinantes na escolha da carne incluem principalmente a cor, a maciez, o sabor e a suavidade, que são os principais atributos sensoriais observados no momento da compra e do consumo (Chauhan *et al.*, 2020). A cor da carne é frequentemente utilizada como um indicador de frescor, sendo que carne de frango, por exemplo, deve apresentar uma coloração rosada e uniforme para ser considerada de boa qualidade. Já a maciez está diretamente relacionada à textura da carne, sendo um dos aspectos mais desejados pelos consumidores, pois influencia a facilidade de mastigação e o prazer da refeição (Mancini & Hunt, 2005).

Essas características são muitas vezes mais visíveis e importantes para o consumidor no ponto de venda, influenciando a decisão de compra, enquanto os parâmetros técnicos como pH ou capacidade de retenção de água são mais relevantes no contexto da produção e controle de qualidade dentro da indústria (Barton *et al.*, 2021).

Do ponto de vista da saúde, a qualidade da carne é crítica, pois afeta diretamente o valor nutricional dos produtos cárneos. A carne de alta qualidade é tipicamente rica em nutrientes essenciais, incluindo proteínas, vitaminas e minerais, que são vitais para a saúde humana (Domínguez *et al.*, 2019; Petracci *et al.*, 2014). No entanto, a má qualidade da carne pode levar a riscos à saúde, como o consumo de carne com altos níveis de oxidação lipídica ou contaminantes, que podem afetar negativamente a saúde (Domínguez *et al.*, 2019; Petracci *et al.*, 2014).

Além disso, há uma crescente demanda do mercado consumidor por opções de carne mais saudáveis, que levou a indústria a se concentrar na melhoria da qualidade da carne por meio de melhores práticas de bem-estar animal e intervenções dietéticas (Lin *et al.*, 2022; Njoga *et al.*, 2023).

Deste modo, a qualidade da carne tem implicações substanciais para o desempenho econômico do setor agrícola. Produtos cárneos de alta qualidade têm melhores preços no mercado, aumentando assim a lucratividade dos produtores e contribuindo para a economia geral (Banach *et al.*, 2021; Tonsor *et al.*, 2021).

2.3.1 Ácidos graxos

Ácidos graxos são compostos orgânicos essenciais para a estrutura e função das células, presentes principalmente nas gorduras e óleos. Consistem em cadeias de átomos de carbono e hidrogênio, com um grupo carboxila (-COOH) na extremidade da cadeia. De acordo com a sua estrutura, os ácidos graxos podem ser classificados em saturados (sem duplas ligações entre os carbonos) e insaturados (que possuem uma ou mais duplas ligações entre os carbonos) (Nelson & Cox, 2017). Os ácidos graxos desempenham um papel fundamental na produção de energia, sendo um componente essencial nas membranas celulares e participando de processos de sinalização biológica (Berg *et al.*, 2015).

Nesse contexto, os ácidos graxos presentes na carne de frango, incluindo os monoinsaturados e poli-insaturados, desempenham um papel importante na dieta humana, ao contribuir para a saúde cardiovascular, o controle do colesterol, bem como para a função metabólica (Gao *et al.*, 2017). Os ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico e o ácido esteárico, são frequentemente encontrados na carne de frango e desempenham um papel importante na composição lipídica dessa carne (Della Lucia *et al.*, 2017). O ácido palmítico (C16:0) é um dos principais AGS e está associado a diversos efeitos metabólicos, incluindo a regulação do metabolismo lipídico (Patel *et al.*, 2016). Por outro lado, o ácido esteárico (C18:0) é considerado neutro em termos de efeitos sobre os níveis de colesterol, sendo uma opção interessante em dietas equilibradas (Grundy, 1997).

Já os ácidos graxos monoinsaturados (AGM), também presentes na carne de frango, como, o ácido oléico (C18:1) e o ácido palmitoleico (C16:1) são relevantes por suas propriedades benéficas à saúde cardiovascular. O ácido oléico, em particular, é conhecido por reduzir o LDL (colesterol ruim) e aumentar o HDL (colesterol bom), promovendo assim a saúde do coração (Liu *et al.*, 2014). O ácido palmitoleico também é considerado importante, pois pode influenciar positivamente o metabolismo lipídico e a sensibilidade à insulina (Bai *et al.*, 2014).

Estudos indicam que a carne de frango contém uma quantidade significativa de ácidos graxos, incluindo os ômega-6, como o ácido linoleico, embora em menores concentrações de ácidos graxos ômega-3 (Djuric *et al.*, 2008). O perfil de lipídios da carne de frango pode variar de acordo com a alimentação e o manejo da ave, o que influencia a quantidade e a proporção dos diferentes ácidos graxos presentes. Em aves alimentadas com dietas enriquecidas com fontes de ácidos graxos ômega-3, como sementes de linhaça ou óleo de peixe, a concentração de EPA e DHA na carne de frango pode ser aumentada, tornando-a uma fonte adicional desses ácidos graxos benéficos (Gonzalez-Esquivia *et al.*, 2017). Merecem destaque os ácidos graxos poli-insaturados (AGP), como o ácido linoleico (ω -6), o ácido α -linolênico (ω -3), o ácido

eicosapentaenoico (EPA) e o ácido docosahexaenoico (DHA), pois são essenciais para a saúde humana e são obtidos através da dieta. O ácido linoleico (C18:2), um ω -6, é fundamental para a síntese de prostaglandinas e a modulação da inflamação (Simopoulos, 2002). Já o ácido α -linolênico (C18:3), um ω -3, é importante na prevenção de doenças cardiovasculares e na promoção da saúde cerebral (Geleijnse *et al.*, 2002).

Por fim, O EPA (C20:5) e o DHA (C22:6) são ácidos graxos do grupo ômega-3 que têm sido amplamente estudados por suas propriedades anti-inflamatórias e seu papel na redução do risco de doenças crônicas, como doenças cardíacas e neurodegenerativas (Bousquet *et al.*, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

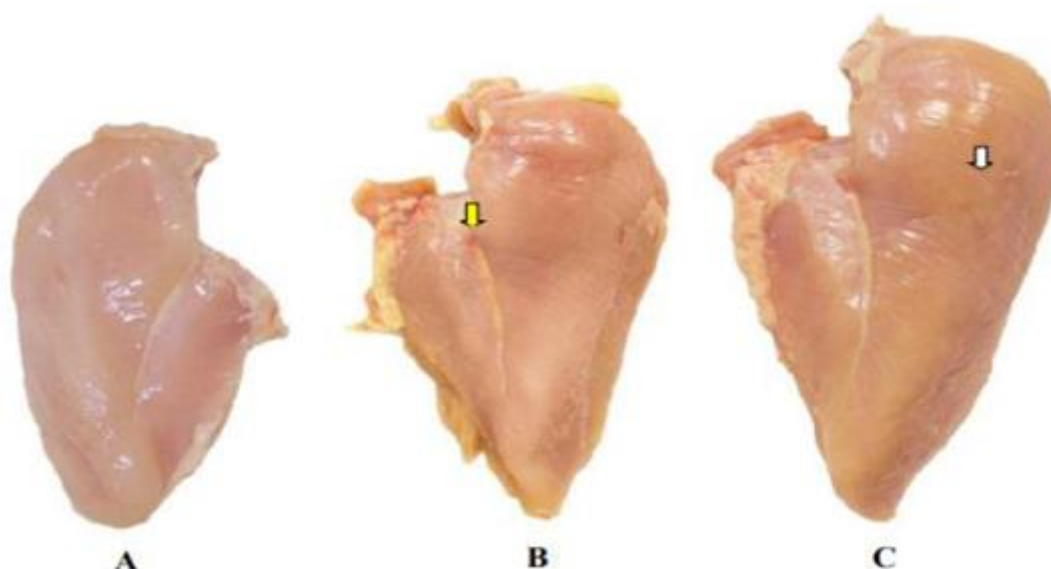
Foram utilizados 87 frangos de corte da linhagem *Ross* abatidos aos 47 dias de vida. As carcaças foram obtidas em um abatedouro na região de Ribeirão Preto- SP. As mesmas foram resfriadas a 4°C na câmara fria do próprio laboratório de eutanásia e transportadas no dia seguinte para o LaOra para serem processadas.

O procedimento experimental, bem como as análises de composição química foram realizados no Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal (LaOra), localizado no Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Jaboticabal.

3.2 Classificação das Amostras

Foram coletadas amostras do músculo *Pectoralis major*, as quais foram classificadas em normal (sem WB) e nas categorias da condição *Wooden Breast* denominadas de moderado leve e moderado acentuado (Figura 1), baseando-se na metodologia proposta por Oliveira et al. (2021). A amostra foi classificada como “normal” (grupo controle) na ausência de qualquer anomalia no músculo. Já a categoria que indicava um grau de moderado leve foi utilizada quando houve presença de dureza apenas na região cranial ou caudal do peito. Por fim, nas amostras classificadas com o grau “moderado acentuado”, toda a região do músculo peitoral analisado apresentou resistência ao toque.

Figura 1. Identificação dos graus de *Wooden Breast*. Músculo peitoral normal (A), moderado leve (B) e moderado acentuado (C).



Fonte: OLIVEIRA, et al 2021.

3.3 Elaboração dos *Nuggets*

Para a elaboração dos *nuggets*, as amostras foram separadas de acordo com a categoria de classificação, a qual foi definida de acordo com o grau da condição *Wooden Breast* presente no músculo. Para o processamento e formulações (Tabela 1), foram utilizados como base o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Empanados (Brasil, 2001), bem como a Instrução Normativa n°. 51/2006 do Ministério da Agricultura (Brasil, 2007) e a Portaria n° 1004 da ANVISA (Brasil, 1998).

Tabela 1. Ingredientes utilizados para elaboração dos *nuggets* à base de carne de frango acometida pela condição *Wooden Breast*.

COMPOSIÇÃO (Ingredientes da Massa 1kg)	Quantidade Ingredientes
Peito de frango (TPGN, TPGML e PGMA)	514,15
Amido de milho	15,00
Fécula de mandioca	15,00
Sal (g)	6,55
Glutamato monossódico	0,95
Pimenta branca (g)	0,20
Óleo de soja (ml)	10,00
Alho em pó (g)	0,20

Cebola em Pó (g)	0,70
Páprica doce (g)	5,00
Orégano (g)	0,20
Ácido Cítrico (g)	0,05
Gelo (g)	12,00
Ingredientes Empanados	
Fubá de milho (g)	90,00
Amido de Milho (g)	90,00
Água (ml)	150,00
Farinha de rosca (g)	90,00

TPGN (Tratamento Peito Grau Normal); TPGML (Tratamento Peito Grau Moderado Leve) e TPGMA (Tratamento Peito Grau Moderado Acentuado).

A etapa de processamento pode ser sintetizada conforme as etapas:

a) Moagem: Essa etapa visou diminuir o tamanho das partículas da carne de frango. Ela foi realizada com o uso de um moedor de carne da marca Filizola ®. Primeiramente, a carne foi submetida a um disco de tamanho 10mm e furo de tamanho 16mm e, em seguida, a um disco de boca de tamanho 10mm e furo de tamanho 12mm, ambos da marca CAF Máquinas ®. Como visto na Figura 2.

Figura 2. Processo de moagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

b) Emulsão e moldagem: consistiu na mistura mecânica de gordura, carne e água (em formato de gelo), na mistura dos insumos secos e, por fim, na definição do formato dos *nuggets* com a prensagem da massa dentro de um molde, representado na Figura 3, e por fim o corte, que pode ser evidenciado na figura 4.

Figura 3. Processo de moldagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

c) Pré – enfarinhamento (*predust*): Nessa etapa, foi utilizado fubá de milho para envolver os *nuggets* (Figura 4).

Figura 4. Pré-enfarinhamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

d) Empanamento (*batter*): consistiu na aplicação do líquido de empanamento, uma mistura de água e amido de milho. Essa fase tem influência tanto em questões sensoriais, como maciez, crocância e cor, quanto em questões econômicas, como na espessura da cobertura (Nascimento et al., 2020).

e) Cobertura (*breeding*): foi feito o revestimento dos *nuggets* com farinha de rosca (Figura 5). Essa farinha de cobertura, assim como outras de mesma função, dá ao produto um acabamento final importante (Nascimento et al., 2020).

Figura 5. Processo de cobertura finalizado.



Fonte: Elaborado pela autora.

f) Pré-fritura e congelamento – Nessa etapa, os *nuggets* foram submetidos a uma máquina “*Air fryer*” por um período de 5 minutos em uma temperatura de 200°C. Após retorno à temperatura ambiente, as amostras foram refrigeradas em BOD (Citar marca) até o momento da realização das análises.

3.4 Análises

3.4.1 Composição Química

Para análise de umidade, as amostras foram moídas, congeladas e então desidratadas em liofilizador (Super Modulyo 220, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) e consequentemente moídas para determinação das concentrações: de matéria mineral, proteína, conforme procedimentos preconizados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011), e lipídios totais, conforme o método de Folch (1957) e Bligh e Dyer (1959).

Para a determinação da concentração de umidade, foi utilizado o método de liofilização. Neste procedimento, foram utilizadas amostras de 100 g de *nuggets* moídos e triturados em processador (se achar a marca, citar) e dispostas em bandejas de alumínio que foram pesadas e

logo mais congeladas. Após atingirem congelamento, as bandejas com amostras foram então transferidas para a liofilizadora (Super Modulyo 220, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA), onde a pressão foi reduzida à menos 40 °C para permitir a sublimação da água. O processo de liofilização foi realizado até que a amostra estivesse completamente seca e novamente pesada. (AOAC, 2011).

Na determinação da concentração de matéria mineral, foi utilizado o método oficial 920.153. As amostras previamente pesadas foram submetidas ao processo de combustão em mufla a 600°C até resultar em cinzas claras, as quais foram novamente pesadas para cálculo da porcentagem de matéria mineral (AOAC, 2011).

Para a determinação da concentração de proteína, foi utilizado o método oficial 977.14, o qual passa pelas etapas de digestão, destilação e titulação para quantificar o nitrogênio proteico total presente na amostra (AOAC, 2011).

Para a extração dos lipídios totais, foi utilizado o método de Folch (1957), adaptado por Bligh e Dyer (1959). Foram primeiramente pesados aproximadamente 3g de cada amostra. Em seguida, foram adicionados 10 ml de clorofórmio, 20 ml de metanol e 8 ml de H₂O destilada, e foi feita a agitação da mistura por 45 minutos em mesa agitadora. Após esse processo, adicionou-se 10 ml de clorofórmio e 10 ml de sulfato de sódio. Agitou-se por mais 15 minutos e filtrou-se em tubo Falcon. Nessa etapa, houve separação de fases, onde foram coletados 5 ml da fase inferior, os quais foram transferidos para béqueres. Esses béqueres foram deixados em estufa de circulação de ar por 24 horas, pesados e, por fim, foi feita a análise dos dados.

3.4.2 Perfil de Ácidos Graxos

A composição do perfil de ácidos graxos foi realizada no laboratório de Bioquímica de Microrganismos e de Plantas do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental (DBAA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal.

As amostras foram agrupadas em três *pools*, cada um representando as três formulações dos tratamentos dos *nuggets*. Cada *pool* consistiu na mistura de 10 repetições por tratamento, totalizando uma única amostra. Concluída a análise de lipídio, o teor e gordura resultante foi então direcionado para extração de ácidos graxos que foi determinado conforme a metodologia proposta pela ISO 5509 (ISO, 1958) os quais foram analisados em cromatógrafo gasoso - Shimadzu 14B, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida

(OMEGAWAX 250), sendo utilizado H₂ como gás de arraste. A identificação dos picos foi efetuada por comparação dos tempos de retenção com padrões de composição conhecida.

3.4.3 Análise Estatística e Análise descritiva

A análise da composição química dos diferentes tratamentos de *nuggets* foi realizada em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados obtidos foram processados no programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc, Cary, NC) (SAS, 2002) e submetidos à análise de variância, com as médias comparadas pelo teste de *Tukey*, adotando-se um nível de significância de $p < 0,05$. Porém, os dados referentes aos ácidos graxos foram analisados de forma descritiva em caráter experimental e transversal, onde os dados foram coletados em um ambiente controlado e foi manipulada determinadas variáveis de ácidos graxos para observar seus efeitos. Já o caráter transversal refere-se ao fato de que a coleta de dados ocorreu em um único momento, sem acompanhamento ao longo do tempo. Assim, o estudo foi realizado de maneira pontual, observando as variáveis em um dado instante.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para a composição química dos *nuggets* provenientes dos três tratamentos elaborados com carne sem WB e com os diferentes graus da condição são apresentados na Tabela 1.

Tabela 2. Valores da composição química de *nuggets* elaborados com músculo *Pectoralis major* de frango normais e com diferentes graus da condição *Wooden Breast*.

Variável (%)	TPGN	TPGML	TPGMA	Valor de P
Umidade	56,48±3,06	58,45±0,93	56,70±1,02	0,0612
Lipídios	2,70±0,2 B	2,72±0,43 B	3,11±0,42 A	0,0001
Proteína	13,97±1,03 A	13,57±1,02 A	11,32±1,04 B	0,0001
Matéria Mineral	1,49±0,15 A	1,38±0,18 AB	1,31±0,20 B	0,0487

TPGN (Tratamento Peito Grau Normal); TPGML (Tratamento Peito Grau Moderado Leve) e TPGMA (Tratamento Peito Grau Moderado Acentuado); A, B Letras diferentes na mesma linha, indicam diferença estatística pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$).

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) no percentual de umidade entre os tratamentos. No entanto, o percentual de lipídios, proteína e matéria mineral, apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) com relação ao grau de condição das amostras.

Em relação ao teor de lipídios, TPGN e TPGML apresentaram valores inferiores (3,70 e 2,72, respectivamente), quando comparados às provenientes do TPGMA (3,11). Tais dados corroboram com os encontrados por Villegas-Cayllahua *et al.* (2023), ao apresentarem resultados semelhantes, onde as amostras que apresentavam a condição *Wooden Breast* no grau moderado acentuado também tiveram maiores valores de porcentagem de lipídios do que a carne de frango normal devido à substituição de proteína por gordura no grau moderado acentuado da condição.

Amostras provenientes do TPGN e TPGML apresentaram percentuais de proteínas maiores (13,97% e 13,57) respectivamente, do que o tratamento TPGML com carne de frangos acometidos pelo grau moderado acentuado.

No estudo de Villegas-Cayllahua *et al.* (2023), foram encontrados dados semelhantes, onde as amostras provenientes de frangos normais também apresentaram valores superiores às amostras oriundas de frangos acometidos pela condição *Wooden Breast*. Além disso, no estudo de Mazzoni *et al.* (2024), observou-se que, ao avaliar os efeitos da miodegeneração muscular na qualidade da carne, as maiores variações ocorreram na composição química. À medida que a miodegeneração se intensificava, de leve à severa, foi registrada uma redução no conteúdo de proteínas e cinzas, acompanhada por um aumento na umidade e nos lipídios. Essas alterações são provavelmente atribuídas ao processo de degeneração das fibras musculares. A maior quantidade de adipócitos no perimísio pode explicar o aumento de lipídios intramusculares. (Mazzoni *et al.*, 2024).

A diferença nas porcentagens de proteínas e lipídeos é resultado da miodegeneração das fibras musculares. Nesse processo, que ocorre nos quadros de condição WB, há uma diminuição nos teores de proteína no músculo, já que a sua taxa de degeneração se torna maior que sua taxa de regeneração. Como compensação, o organismo substitui essas fibras musculares danificadas por tecido conjuntivo (colágeno) e adiposo, causando fibrose e lipidose, respectivamente. Portanto, após esse processo, a porcentagem de proteínas no músculo se torna menor, enquanto a porcentagem de lipídios se torna maior (Brack, et al., 2007; Natarajan *et al.*, 2010; Petracci *et al.*, 2014).

Com relação à porcentagem de matéria mineral, pode-se observar que houve redução da concentração de cinzas com o aumento do grau de moderação acentuada da condição WB, em

que amostras acometidas por essa condição apresentam menores valores (1,38% e 1,31 % em amostras acometidas pelos graus moderado leve e moderado acentuado da condição WB, respectivamente) em comparação com amostras normais (1,49%). No entanto, os valores de percentual de matéria mineral encontrados nas amostras acometidas pelos graus normal e moderado acentuado da condição *Wooden Breast* diferiram entre si.

Essa tendência de diminuição na porcentagem de matéria mineral, conforme o aumento no grau da condição, já foi reportada por outros autores (Soglia *et al.*, 2016; Thanatsang *et al.*, 2020; Villegas-Cayllahua *et al.*, 2023) e se deve à maior produção de exsudato, produto da miodegeneração, característica de carnes que apresentam essa condição. No momento em que esse exsudato sai das células, ele leva consigo, além da água, outros compostos hidrofílicos como minerais. Dessa forma, conforme aumenta o grau da condição WB nos tratamentos, menor o percentual de matéria mineral correspondente (Petracci *et al.*, 2015).

A seguir, será apresentado o Perfil de Ácidos Graxos principais para alimentação humana nas amostras analisadas, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3. Valores do Perfil de Ácidos Graxos principais para alimentação humana presentes nos *nuggets* elaborados com *Pectoralis major* de frango com *Wooden Breast*.

Classificação dos ácidos graxos	Nomenclatura	Tratamentos		
		TPGN	TPGML	TPGMA
Saturados				
Ácido Palmítico	C16:0	15,7%	15,5%	14,7%
Ácido Esteárico	C18:0	5,2%	5,4%	5,3%
Total		20,9%	20,915%	20,1%
Monoinsaturados				
Ácido Oléico	C18:1n9	27,2%	25,4%	25,2%
Ácido Palmitoleico	C16:1	1,5%	1,0%	0,8%
Total		28,7%	26,4%	26,0%
Poli-insaturado				
Ácido Linoleico (ω -6)	C18:2n6	40,8%	42,8%	43,9%
Ácido α -Linolênico (ω -3)	C18:3n3	3,6%	3,9%	4,1%
Ácido Eicosapentaenoico (EPA)	C20:5n3	0,052%	0,063%	0,053%

Ácido				
Docosaheptaenoico				
(DHA)	C22:6n3	0,2%	0,2%	0,18%
Total		44,7%	46,9%	48,3%

TPGN (Tratamento Peito Grau Normal Normal); TPGML (Tratamento Peito Grau Moderado Leve) TPGMA (Tratamento Peito Grau Moderado Leve)

A análise do perfil de ácidos graxos nos *nuggets* elaborados com *Wooden Breast* mostrou resultados variados, uma vez que apresentou ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

O ácido palmítico, ácido graxo saturado, apresentou maior prevalência em ambos os tratamentos, embora tenha apresentado maiores valores em TPGN (15,709), seguido por TPGML (15,511) e por fim TPGMA (14,774). Estudos de Liu *et al.* (2022), corroboram com os resultados deste estudo ao observarem níveis mais baixos de ácidos graxos saturados à medida que a gravidade da WB aumenta.

No estudo de Villegas-Cayllahua *et al* (2023), não houve diferença significativa na porcentagem do ácido palmítico, levando-se em conta a variação na severidade da condição WB, mas houve uma diminuição na concentração do ácido esteárico nas amostras conforme o aumento da severidade da condição.

O ácido palmítico eleva a concentração plasmática do colesterol LDL-C, tendo então efeitos negativos para a saúde cardiovascular (Nicolosi *et.al*, 1990)

Já se tratando do ácido esteárico, as concentrações foram de 5,24% (TPGN), 5,40% (TPGML) e 5,35% (TPGMA), sendo os percentuais semelhantes entre os diferentes graus da condição *Wooden Breast*. Em relação aos efeitos de ambas as moléculas no organismo humano, o ácido esteárico é rapidamente convertido em ácido oleico no fígado (JENSEN, R. G., 1999), portanto, não está associado com a maior incidência de doenças cardiovasculares, já que não eleva a colesterolemia (Keys *et al.*, 1965).

O ácido oleico (C18:1n9) e o ácido palmitoleico (C16:1) foram os ácidos graxos monoinsaturados quantificados nas amostras. Em relação ao ácido oleico, as concentrações foram de 27,2% (TPGN), 25,4% (TPGML) e 25,1% (TPGMA). Já a análise do ácido palmitoleico resultou nos valores: 1,5% (TPGN), 1% (TPGML) e 0,8% (TPGMA). No estudo de Villegas-Cayllahua *et al* (2023), não houve diferença significativa na porcentagem desses dois ácidos graxos levando-se em conta a variação na severidade da condição WB. Com relação ao efeito do ácido oleico na saúde humana, observou-se que, comparativamente à gordura saturada, essa molécula é capaz de diminuir a concentração plasmática de LDL-C (Reaven *et.*

al, 1994). Já o ácido palmitoleico possui ação anti-inflamatória e ajuda a melhorar a sinalização muscular de insulina (Cao *et al.*, 2008).

Nas análises dos ácidos graxos poli-insaturados, foi quantificada a concentração de quatro moléculas: o ácido linoleico (ω -6) (C18:2n6), o ácido α -linolênico (ω -3) (C18:3n3), o ácido eicosapentaenoico (EPA) (C20:5n3) e o ácido docosahexaenoico (DHA) (C22:6n3). Em relação aos ácidos linoleico e α -linolênico, as concentrações foram de 40,8% (TPGN), 42,7% (TPGML) e 43,9% (TPGMA) e de 3,7% (TPGN), 3,9% (TPGML) e 4,1% (TPGMA), respectivamente. Já em relação aos ácidos eicosapentaenoico e docosahexaenoico, as porcentagens encontradas foram de 0,052% (TPGN), 0,063% (TPGML) e 0,053% (TPGMA) e de 0,2% (TPGN), 0,2% (TPG ML) e 0,2% (TPGMA), respectivamente. No estudo de Villegas-Cayllahua *et al.* (2023), as amostras acometidas com WB apresentaram porcentagens mais altas de ácido linoleico e α -linolênico quando comparadas às amostras normais. O ácido linoleico é capaz de reduzir as concentrações de colesterol (LDL) no organismo humano, sendo assim um aliado da saúde cardiovascular (Bazinet & Chu, 2014) e tanto o ácido linoleico como o ácido α -linolênico são precursores das famílias ômega-3 e ômega-6 (Ramírez *et al.*, 2005).

Ácidos graxos monoinsaturados, como o oléico, e poli-insaturados, como o linoleico e o α -linolênico, desempenham um papel energético fundamental na saúde cardiovascular e metabólica, ajudando a reduzir o risco de doenças cardiovasculares (Banni *et al.*, 2011).

A presença elevada de ácidos graxos insaturados, como o ácido oleico e o ácido linoleico, em amostras com maior severidade da condição WB pode ser um reflexo de adaptações metabólicas do organismo diante da degeneração muscular. O ácido oleico, por exemplo, é conhecido por seu efeito benéfico sobre a redução de colesterol LDL-C, o que pode representar uma tentativa do organismo de mitigar os efeitos adversos da degeneração muscular na saúde cardiovascular (Reaven *et al.*, 1994). Já o aumento de ácidos linoleico e α -linolênico, precursores dos ácidos graxos ômega-6 e ômega-3, respectivamente, pode estar relacionado à tentativa do organismo de regular a inflamação e promover processos de recuperação tecidual, dado que esses ácidos possuem propriedades anti-inflamatórias e moduladoras da sinalização de insulina (Cao *et al.*, 2008; Bazinet & Chu, 2014).

5. CONCLUSÃO

A condição *Wooden Breast* (WB) impacta a composição nutricional dos *nuggets* produzidos com peitos de frango acometidos, resultando em menor concentração de matéria

mineral e proteína, além de maior teor de lipídios. Essa alteração é atribuída à substituição das fibras musculares por tecido adiposo e colágeno devido à miodegeneração muscular. Além disso, a análise do perfil de ácidos graxos evidenciou redução nos níveis de ácidos graxos poli-insaturados, como o ácido linoleico e o ácido α -linolênico, conhecidos por seus benefícios à saúde cardiovascular.

A abordagem transversal do estudo permitiu uma avaliação precisa da composição nutricional dos produtos derivados de frango com WB, fornecendo informações valiosas sobre a qualidade nutricional e ressaltando a necessidade de estratégias para mitigar os efeitos da miodegeneração na carne de frango, especialmente no que diz respeito à manutenção de sua qualidade e valor nutricional. Desse modo, os dados sugerem que, embora as amostras com WB apresentem algumas características benéficas em termos de ácidos graxos, o aumento nos lipídios e a redução nas proteínas e minerais podem comprometer a qualidade nutricional do produto.

RESUMO

O Brasil possui grande relevância no cenário mundial de produção de carne de frango. Nesse contexto, um tema que vem ganhando destaque é a prevalência da ocorrência da condição *Wooden Breast*, a qual acarreta grandes prejuízos para a indústria avícola global. Desse modo, o objetivo deste estudo foi verificar a influência dessa condição sobre a qualidade de *nuggets* de frango, um produto empanado de importância crescente no mercado brasileiro e mundial. Foram utilizadas amostras do músculo *Pectoralis major* de frangos machos da linhagem *Ross*, as quais foram de acordo com o grau da condição *Wooden Breast* presente: normal, moderado leve e moderado acentuado (TPGN, TPGML e TPGMA, respectivamente). Após a elaboração dos *nuggets*, foi realizada a análise de composição química desses empanados, na qual foram definidas as porcentagens de umidade, matéria mineral, proteínas e lipídios. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) no percentual de umidade com relação ao grau de moderação acentuada da WB das amostras. Com relação à porcentagem de matéria mineral, pode-se observar uma redução com o aumento do grau de moderação acentuada da condição, em que amostras acometidas pela *Wooden Breast* apresentam menores valores em comparação com amostras normais. Já se tratando dos percentuais de proteína, as amostras provenientes de frangos normais apresentaram maiores valores do que as provenientes de frangos acometidos por essa condição. Em relação ao teor de lipídios, as amostras preparadas com carne de frangos normais apresentaram valores inferiores às elaboradas com peitos de frangos acometidos pela condição. Além disso, a análise do perfil de ácidos graxos nos *nuggets* mostrou uma composição lipídica diversificada, com a presença de ácidos graxos saturados monoinsaturados e poli-insaturados. Os dados indicaram que a concentração de ácido palmítico foi semelhante entre as categorias, mas houve uma leve diminuição no ácido esteárico conforme a severidade da condição. Os ácidos graxos monoinsaturados, como o oleico, e os poli-insaturados, como o linoleico e o α -linolênico, destacaram-se por suas propriedades benéficas para a saúde cardiovascular. Essas informações contribuem para uma melhor compreensão da qualidade nutricional dos *nuggets* de frango afetados pela condição *Wooden Breast* e ressaltam a necessidade de investigações adicionais para aprofundar o conhecimento sobre as implicações dessa anomalia na indústria avícola.

Palavras-chave: Frango de corte, *Pectoralis major*; empanados, qualidade da carne.

ABSTRACT

Brazil holds significant importance in the global poultry meat production scenario. In this context, a topic that has been gaining attention is the prevalence of the Wooden Breast condition, which results in major losses for the global poultry industry. Therefore, the aim of this study was to assess the influence of this condition on the quality of chicken nuggets, a breaded product of growing importance in both the Brazilian and global markets. Samples of the *Pectoralis major* muscle from male Ross broilers were used, classified according to the degree of Wooden Breast condition: normal, mild moderate, and severe moderate (TPGN, TPGML, and TPGMA, respectively). After preparing the nuggets, a chemical composition analysis was conducted to determine the percentages of moisture, minerals, proteins, and lipids. No significant differences ($p < 0.05$) in moisture percentage were observed in relation to the severity of the Wooden Breast condition in the samples. Regarding the mineral content, a reduction was observed with the increasing severity of the condition, where samples affected by Wooden Breast showed lower values compared to normal samples. As for the protein percentages, samples from normal chickens had higher values than those from chickens affected by this condition. In terms of lipid content, samples made from normal chicken breasts had lower values than those made with chicken breasts affected by the condition. Furthermore, the fatty acid profile analysis of the nuggets revealed a diverse lipid composition, with the presence of saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids. The data indicated that the concentration of palmitic acid was similar across categories, but there was a slight decrease in stearic acid as the condition severity increased. Monounsaturated fatty acids, such as oleic acid, and polyunsaturated fatty acids, such as linoleic and α -linolenic acids, stood out for their beneficial properties for cardiovascular health. These findings contribute to a better understanding of the nutritional quality of chicken nuggets affected by the Wooden Breast condition and highlight the need for further research to deepen knowledge about the implications of this anomaly in the poultry industry.

Palavras-chave: Frango de corte, *Pectoralis major*, empanados, qualidade da carne.

REFERÊNCIAS

AOAC (2011). Official methods of analysis. 18th edn. (Association of Analytical Chemists: Washington, DC). ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2020. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2020>>. Acesso em: 22 set. 2023.

Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). (2024). Dados de Consumo e Produção de Carne de Frango no Brasil.

Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). (2024). Expectativas de Produção e Exportação de Carne de Frango.

BAI, Y., et al. (2014). Palmitoleic acid: a new player in lipid metabolism and insulin sensitivity. **Diabetes**, 63(7), 2197-2200. DOI:10.2337/db13-1742

BAILEY, R. A. et al, SOUZA, E., AVENDANO, S., & BERGMANN, R. (2015). Genetic Parameters of Wooden Breast and White Striping in Broilers. **Poultry Science**, 94(12), 2884-2889.

BANACH, J. et al. (2021). Influence of various chilling methods on the sustainable beef production based on high voltage electrical stimulation. **Plos One**, v. 16, n. 11, e0240639, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240639>

BANNI, S., CORONGIU, F. P., & PINNA, C. (2011). The role of dietary polyunsaturated fatty acids in the modulation of cardiovascular risk. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, 14(2), 138-145.

BARTON, M. D., et al. (2021). "Meat quality traits and their relationship to consumer acceptance." *Journal of Meat Science and Technology*, 10(4), 321-335.

BASTIAN, E. D., et al. (2019). "Consumer perception of beef flavor and its impact on purchasing behavior." *Food Quality and Preference*, 73, 68-74.

BAUERMEISTER, L. J. et al; MOREY, A. U.; MORAN, E. T.; SINGH, M.; OWENS, C. M.; MCKEE, S. R., (2009). Ocorrência de WS em filés de peito de frango em relação ao tamanho do frango. **Poultry. Ciência Science** 88-:104.

BAZINET R. P., CHU M. W., (2011). Omega-6 polyunsaturated fatty acids: is a broad cholesterol-lowering health claim appropriate? **CMAJ**. 2014 Apr 1;186(6):434-9. doi: 10.1503/cmaj.130253. Epub 2013 Nov 11. PMID: 24218530; PMCID: PMC3971029.

BERG, J. M., TYMOCZKO, J. L., & GATTO, G. J. (2015). **Bioquímica (8ª ed.)**. Guanabara Koogan.

BILGILI, S. F. et al; MELOCHE, K. J.; CAMPASINO, A.; DOZIER, W. A., (2014). A influência da suplementação de carnitina e ácido guanidinoacético de dietas de baixa e alta

densidade de aminoácidos em miopatias de *Pectoralis major* em frangos de corte. **Poultry Science**. ciência 93:M56.

BLIGH, E. G., & DYER, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37(8), 911-917. DOI:10.1139/o59-099

BLIGH, E.G. &; DYER, W.JK., (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, v.37, n.8, p. 911 — 917.

BOUSQUET, J., et al. (2013). Omega-3 fatty acids in the management of asthma: a review. **Clinical and Experimental Allergy**, 43(2), 135-142. DOI:10.1111/cea.12029.

BRACK, A. S.et al, CONBOY MJ, ROY S, LEE M, KUO CJ, KELLER C, RANDO TA (2007). Increased Wnt signaling during aging alters muscle stem cell fate and increases fibrosis. **Science** 317: 807-810.

BRASIL (2001). Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa Nº 6 de 15 de fevereiro de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Empanados. 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2007). Instrução Normativa nº. 51/2006. Regulamento técnico de atribuição de aditivos e seus limites das seguintes categorias de alimentos: grupo 8 – carnes e produtos cárneos. Diário oficial da União (seção 1), Brasília, 04/01/2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 1004/1998. Regulamento Técnico: Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos. Diário oficial da União, Brasília, 14/12/1998.

BRF. (2023). Compromissos de Sustentabilidade e Inovação na Avicultura.

CAO, H. et al; GERHOLD, K.; MAYERS, JR.; WIEST, MM.; WATKINS, SM.; HOTAMISLIGIL, GS. (2008). Identification of a lipokine, a lipid hormone linking adipose tissue to systemic metabolism. **Cell**, California, USA, v. 134, n. 6, p. 933-44., 2008.

DECKER, E. A., & PARK, Y. (2010). Antioxidants in meat and poultry. **Meat Science**, 86(2), 289-295. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.04.027

DELLA LUCIA, E. M., OLIVEIRA, M. E., & MACHADO, M. F. (2017). Composição lipídica e perfil de ácidos graxos da carne de frango: Implicações nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 46(5), 365-371.

DJURIC Z. et al. (2008). "Effect of dietary fat on fatty acid composition of broiler chicken meat." **Poultry Science**, 87(9), 1833-1842.

DOMÍNGUEZ, R. et al.; PATEIRO, M.; GAGAOUA, M.; BARBA, F. J.; ZHANG, W.; LORENZO, J. M., (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. **Antioxidants**, v. 8, n. 10, 429. 2019.

DRANSKFIELD, E.; SOSNICKI, A. A., (1999). Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, n. 78, p. 740-746., 1999.

EMBRAPA (2023). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <Estatísticas - Portal Embrapa>/ Acesso em: 2 de outubro de 2023.

EMBRAPA . (2023). Tecnologias de Produção Sustentável e Inovações no Setor Avícola.

FAO. (2018). The state of food and agriculture 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from FAO website.

FLORES, A. F., (2012). Desenvolvimento de *nuggets* enriquecidos com fibras e sem adição de glúten. 2012. 48 p. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão., 2012.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S., (1957). A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues. **J. Biol. Chem.**.;v.226,n.1, p.497-509.

FONTANA, M. O; NAZARIO, J. A., (2014). Interferência do tratamento térmico sobre as características físico-químicas de *nuggets* de frango. 2014. 43 p. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão., 2014.

GAO, Y., JIANG Z., & WANG, Y. (2017). Fatty acid profile and health benefits of chicken meat. **Food Science and Human Wellness**, 6(4), 152-159

GARCÍA, L., et al. (2014). Effects of moisture content on the physicochemical properties of chicken meat. **Poultry Science**, 93(3), 546-552. DOI:10.3382/ps.2013-03256

GELEIJNSE, J. M., et al. (2002). Dietary intake of fatty acids and 30-year mortality from cardiovascular disease: a prospective cohort study. **European Journal of Nutrition**, 41(4), 158-167. DOI:10.1007/s00394-002-0324-y

GONZALEZ-ESQUIVA, S. et al. (2017). "Enrichment of poultry meat with omega-3 fatty acids: Impact of dietary fat sources." **Poultry Science**, 96(6), 1600-1606.

GRAND VIEW RESEARCH. (2021). Chicken Nuggets Market Size, Share & Trends Analysis Report By Distribution Channel (Supermarkets & Hypermarkets, Convenience Stores, Online), By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028.

GRUNDY, S. M. (1997). Dietary fats, carbohydrates, and heart disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, 65(5), 1756S-1760S. DOI:10.1093/ajcn/65.5.1756S

ISO – International Organization For Standardization (1978). Animal and vegetables fats and oils: preparation of methyl esters of fatty acids. Geneve: ISO. Method ISO 5509. p. 1-6. 1978.

JENSEN, R. G., (1999). Lipids in human milk. **Lipids**. 1999; 34(12): 1243-71. doi: 10.1007/s11745-999-0477-2.

JOINER, K. S., (2014). Evaluation of capillary and myofiber density in the *pectoralis major* muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. **Avian Diaseases**, n. 58, v.3, p. 377-382., 2014.

JORGE A. RAMÍREZ, J. A., et al. ISABEL DIAZ, MARCIAL PLA, MARTA GIL, AGUSTÍN BLASCO, MARIA ÀNGELS OLIVER, (2005). Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate., **Food Chemistry**, Volume 90, Issues 1–2, 2005, Pages 251-256, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.001>.

KEYS, A., ANDERSON, J. T., GRANDE, F., (1965). Serum cholesterol response to changes in the diet IV. Particular saturated fatty acids in the diet. **Metabolism**. 1965;14:776-87.

KUTTAPPAN, V. A. et al., Brewer, V. B., Apple, J. K., Waldroup, P. W., & Owens, C. M. (2016). Influence of growth rate on the occurrence of white striping and wooden breast in broiler breast fillets. **Poultry Science**, 91(11), 2677-2685.

KUTTAPPAN, V. A. et al.; BREWER, V. B.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R.; MEULLENET, J. F.; EMMERT, J. L. e OWENS, C. M., (2009). Efeito do white striping nas características histológicas e de qualidade da carne de filés de frango. **Poult. Sci.** ciência 88:136–137.

KUTTAPPAN, V. A. et al.; LEE, Y. S.; ERF, G. F.; MEULLENET, J.C.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M., (2012). Aceitação do consumidor quanto à aparência visual da carne de peito de frango com vários graus de WS.

KUTTAPPAN, V. A. et al.; YANG, F. L.; ALVARADO. C. Z.; OWENS, M.; COON, C. N. (2016). White striping and woody breast: Effect on raw broiler breast fillet quality. **Poultry Science**. Cary, v. 94, p.521. 2016.

LIN, Y. et al. (2022). Effects of yeast culture supplementation in wheat–rice-based diet on growth performance, meat quality, and gut microbiota of growing–finishing pigs. **Animals**, v. 12, n. 17, 2177, 2022. <https://doi.org/10.3390/ani12172177>

LIU, Y. et al. (2019). Dietary mulberry leaf powder affects growth performance, carcass traits and meat quality in finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 103, n. 6, p. 1934-1945. 2019. <https://doi.org/10.1111/jpn.13203>

LIU, Y., et al. (2014). The effects of dietary oleic acid on cholesterol metabolism in humans: a systematic review and meta-analysis. **Nutrition Reviews**, 72(10), 681-694. DOI:10.1111/nure.12134

MAIA, E. L.; RODRIGUES-AMAYA, D. (1993). Avaliação de um método simples e econômico para metilação de ácidos graxos de lipídeos de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 53, p. 27-35., 1993.

MANCINI, R. A., & HUNT, M. C. (2005). "Current research in meat flavor." **Meat Science**, 70(1), 1-20.

MAZZONI, MAURIZIO. et al. (2015). Relationship between *pectoralis major* muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v. 94, n. 1, p. 123-130., 2015.

MUDALAL, S.; et al. LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, E. M., (2015). Implicações de estrias brancas e anormalidades do peito de madeira nas características de qualidade da carne de frango crua e marinada. **Animal**. 9:728– 734.

MUDALAL, S.; et al. BABINI, E.; CAVANI, C.; PETRACCI, E. M., (2014). Quantidade e funcionalidade de frações protéicas em filés de peito de frango acometidos por SW. **Poultry Science. ciência** 93:1–9.

MUTRYN, M. F.; et al. BRANNICK, E. M.; FU, W.; LEE, W.R.; ABASHT, Bet al., (2015). Caracterização do novo distúrbio muscular de frango por meio da expressão diferencial de genes e análise de vias usando sequenciamento de RNA. **BMC Genômica**. 16:399. doi:10.1186/s12864-015-1623-0.

NASCIMENTO, A. L., et al. SOUSA, A. S., ALMEIDA, A. M., SANTOS, M. A., & SOUZA, S. M. (2020). Boas Práticas de Fabricação de *Nuggets* Artesanal e Avaliação Microbiológica. **Revista de Saúde — RSF**, Brasília, v. 7, n. 1., Jan - Jul 2020.

NATARAJAN, A., LEMOS, D. R., ROSSI, F. M. V. (2010) "Fibro/adipogenic progenitors: a double-edged sword in skeletal muscle regeneration." **Cell Cycle** 1:2045-2046.

NELSON, D. L., & COX, M. M. (2017). *Princípios de bioquímica* (7ª ed.). Artmed.

NICOLOSI, R. J., et al. STUCCHI AF, KOWALA MC, HENNESSY LK, HEGSTED DM, SCHAEFFER E. (1990) Effect of dietary fat saturation and cholesterol on LDL composition and metabolism. **Arteriosclerosis**. 1990; 10(1):119-28.

NJOGA, E. O., et al. (2023). Pre-slaughter, slaughter and post-slaughter practices of slaughterhouse workers in southeast, nigeria: animal welfare, meat quality, food safety and public health implications. **Plos One**, v. 18, n. 3, p. e0282418. 2023, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282418>

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC). (2011). *Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, VA: AOAC International.

OLIVEIRA, R. F., et al.; MELLO, J. L. M.; FERRARI, F. B. ; SOUZA, R. A.; PEREIRA, M. R.; CAVALCANTI, E. N. F.; VILLEGAS-CAYLLAHUA, E. A.; FIDELIS, H. A.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; FAVERO, M. S.; SOUZA, P. A.; BORBA, H., (2021). Effect of aging on the quality of breast meat from broilers affected by wooden breast myopathy. **Animals**, 11, p. 1960.

OLIVO, R. (2006). Estrutura, composição e funcionalidade do tecido muscular. In: OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: Cap. 20, p. 240-272, .2006.

PATEL, D., et al. (2016). Dietary fatty acids: The balance between health and disease. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 30, 1-11. DOI:10.1016/j.jnutbio.2015.09.004.

PETRACCI, M., et al. (2015)., MUDALAL S, SOGLIA F, CAVANI C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **Worlds Poultry Science J.** (2015) 71:363–74. doi: 10.1017/S0043933915000367.

PETRACCI, M., et al. MUDALAL S, BABINI E, CAVANI C (2014) Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. **Italian Journal of Animal Science** 13:3138.

PETRACCI, M., et al. MUDALAL, S., SOGLIA, F., & CAVANI, C. (2019). Wooden Breast Syndrome in Broiler Chickens: A Review. **Journal of Poultry Science**, 96(2), 324-332.

REAVEN, P. D., GRASSE, B. J., TRIBBLE, D. L. (1944). Effect of linoleate-enriched and oleate-enriched diets in combination with α -tocopherol on the susceptibility of LDL and LDL subfractions to oxidative modification in humans. *Arterioscler. Thromb.*1994;14(4):557-66.

SACCOMORI, F. (2013). Fungos deteriorantes de empanados congelados de frango: isolamento, caracterização e crescimento em baixas temperaturas. 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SANCHEZ BRAMBILA, G. et al. (2018) Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4°C and -20°C. **Poultry Science**, v. 97, p. 44 1762–1767., 2018.

SCHUCH, A. F.; SILVA, A. C. (2013). Atributos na embalagem de *nuggets* de frango e fatores que impactam na intenção de compra do consumidor. 2013. 50 p. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E.(2014). Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 51, n. 3, p. 619–623, 2014.

SIMOPOULOS, A. P. (2002). Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **World Review of Nutrition and Dietetics**, 92, 1-16. DOI:10.1159/0000632027.

SOGLIA, F., et al.LAGHI L, CANONICO L, CAVANI C, PETRACCI M (2016) Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International** 89:1071-1076.

SUKHIJA, P. S., & PALMQUIST, D. L. (1988). Rapid method for the quantification of total fatty acid content in feedstuffs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 46(2), 141-149. DOI:10.1002/jsfa.2740460204

THANATSANG, K.V. et al. (2020).; MALILA, Y.; ARAYAMETHAKORN, S.; SRIMARUT, Y.; TATIYABORWORNTHAM, N.; UENGWETWANIT, T.; PANYA, A.; RUNGRASSAMEE, W.; VISESSANGUAN, W. Nutritional Properties and Oxidative Indices of Broiler Breast Meat Affected by Wooden Breast Abnormality. **Animals** 2020, 10, 2272. <https://doi.org/10.3390/ani10122272>

TIJARE, V., et al.YANG, F.; KUTTAPPAN, V.; ALVARADO, C.; COON, C.; OWENS, C., (2016). Qualidade da Carne de Filé de Peito de Frango com Miopatias do Músculo do Peito estriado e Amadeirado. **Poult. Cciência Sci.** doi: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew209>.

TONSOR, G. T. et al. (2021). Meat demand monitor during covid-19. **Animals**, v. 11, n. 4, 1040. 2021, <https://doi.org/10.3390/ani11041040>

VILLEGAS-CAYLLAHUA, E. A.; DE MELLO, J.L.M.; DUTRA, D.R.; DE OLIVEIRA, R.F.; CAVALCANTI, É.F.; PEREIRA, M.R.; FERRARI, F.B.; de SOUZA, R.A.; CARNEIRO,

N.M.G.M.; de ALMEIDA FIDELIS, H.; et al. (2023). Effect of Freezing on the Quality of Breast Meat from Broilers Affected by Wooden Breast Myopathy. **Poultry Science**. 2023, 102, 102702.

ZAUUU, J-L. Z. et al. (2021). Standardized extraction techniques for meat analysis with the electronic tongue: a case study of poultry and red meat adulteration. **Sensors**, v. 21, n. 2, 481, 2021, <https://doi.org/10.3390/s21020481>