

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ZOOTECNIA

JÉSSICA BERLY MOREIRA MARINHO

**ÓLEO DA SEMENTE DE MORINGA OLEÍFERA: CARACTERIZAÇÃO
E UTILIZAÇÃO NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

**RECIFE
2021**

JÉSSICA BERLY MOREIRA MARINHO

**ÓLEO DA SEMENTE DE MORINGA OLEÍFERA: CARACTERIZAÇÃO
E UTILIZAÇÃO NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia da Universidade Federal Rural de
Pernambuco para obtenção do título de Doutor
em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientador(a): Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra
Júnior

Co-orientador(es): Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem
Rabello

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M338 Marinho, Jéssica Berly Moreira Marinho
Óleo da semente de Moringa oleífera: caracterização e utilização na dieta de frangos de corte / Jéssica Berly Moreira Marinho Marinho. - 2021.
82 f.
- Orientador: Wilson Moreira Dutra .
Coorientador: Carlos Boa-Viagem Rabello.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Compostos bioativos. 2. Promotor de crescimento. 3. Produção de aves. 4. Morfologia intestinal. 5. Óleo funcional.
I. , Wilson Moreira Dutra, orient. II. Rabello, Carlos Boa-Viagem, coorient. III. Título

**ÓLEO DA SEMENTE DE MORINGA OLEÍFERA:
CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO NA DIETA DE FRANGOS DE
CORTE**

Tese elaborada por

JÉSSICA BERLY MOREIRA MARINHO

Aprovado em 23/12/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior,
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Orientador)

Prof. Dr. Alex Martins Varella de Arruda
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA

Prof. Dr. Cláudio José Parro de Oliveira
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Profa. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Profa. Dra. Lilian Francisco Arantes de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Dedico este projeto primeiramente a Deus, aquele que foi responsável por minha fé, força, coragem, alegria, vontade, saúde e disposição para planejar, executar e escrever este projeto. Aos meus pais, noivo, amigos e professores, que foram indispensáveis, pois agregaram conhecimentos pessoais e profissionais na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu trio imbatível, Deus, Nossa Senhora e o Anjo da Guarda, por sempre estarem comigo, me protegendo, livrando, guiando e me dando sabedoria para resolver todos os desafios impostos ao longo dessa vida.

Às palavras de força e coragem diárias, às orações, à yoga, à meditação e aos exercícios físicos, que me fizeram atingir uma maturidade e um conhecimento físico e espiritual que foram indispensáveis nessa etapa da minha vida.

Aos meus pais Jailma Tôrres Moreira e Francisco de Assis Marinho Moraes, e aos meus avós, por todos os ensinamentos, pelos princípios repassados e por sempre incentivarem a educação, amor, respeito e honestidade. E aos meus irmãos Jaíne, Jamille e Edilson. Obrigada por estarem sempre comigo, mesmo que de longe. Amo vocês!

Ao meu noivo Victor Linhares Lunguinho, e aos meus sogros, Romildo e Socorro, por todo apoio, ajuda e por compartilhar amor, respeito, fé, otimismo e conhecimento ao longo desses anos. Minha família de coração, vocês são essenciais na minha vida.

Aos meu orientador Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior, meu respeito e admiração. Gratidão por me incentivar, acreditar e fazer parte desse projeto. Ao meu coorientador Dr. Carlos Bôa-Viagem e à professora Dra. Lilian Arantes, por toda ajuda, disponibilidade e o conhecimento repassado, durante todo esse período.

Aos meus colegas e amigos da universidade (Thyciana, Gabriel, Sharlanne, Marilene, Apolônio, Dayanne, Gleyce, Rebeca, David, Monique, Rogério, Kataryni, Carol e Gabi), que foram fundamentais na realização deste projeto. Obrigada pela disponibilidade, apoio, conversas e ajuda. Agradeço de coração, que Deus retribua tudo em dobro para vocês.

Gratidão a Leonardo e Jasiel, por terem contribuído para a minha estadia em Recife, e às minhas colegas de apartamento, Marilene e Chris, que, apesar das diferenças, foram importantes nesta etapa da minha vida.

Ao professor Dr. Waldemiro e ao técnico Alluanan, da Histologia, e à professora Dra. Mércia,

e à pós-graduanda Saruana Milena, da Microbiologia. À professora Dra. Helena Emília, e à aluna Carol, e ao professor Dr. Francisco, que foram importantes nas análises deste projeto.

Ao Seu Pedro, por me ajudar no período experimental, e a Marcos, por contribuir com seu conhecimento estatístico.

À CAPES e aos demais professores, colegas e à Coordenação da Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE, por contribuírem com a minha formação profissional neste período de doutorado.

Agradeço a oportunidade de participar deste Programa e por poder contribuir com a ciência deste país, pois é somente por meio da Educação que podemos transformar vidas!

“O que você obtém ao atingir seus objetivos não é tão importante quanto o que você se torna ao atingir seus objetivos

(Henry David Thoreau)”.

RESUMO GERAL

O óleo da semente de moringa tem recebido atenção mundial devido às suas características nutricionais, composição físico-química, estabilidade oxidativa e compostos bioativos, além de ser promotor de saúde e promissor para ser utilizado nas rações de frangos de corte. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar a composição física, química, nutricional, parâmetros bioquímicos e o potencial antimicrobiano *in vitro* do óleo da semente de moringa e seus efeitos sobre os parâmetros de desempenho, rendimento, qualidade da carne, bioquímica sérica, pesos dos órgãos e morfologia intestinal de frangos de corte. Foram utilizados 360 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500, no período de 1 a 21 dias, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos de seis repetições com 10 frangos. Foram formuladas seis dietas, sendo uma ração denominada controle negativo (0,05% de inerte) e a outra denominada controle positivo (0,05% de bacitracina de zinco), e as demais rações com inclusões de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% de óleo da semente de moringa (OSM), extraído a frio, com 74,93% de ácido oleico, 0,74mg/100 ml de cálcio, 0,25 mg/100ml de magnésio e 0,33mg/100ml de potássio, 0,57% de proteína, 44,45% extrato etéreo, com a presença de α , δ - tocoferóis e contendo 9.652,96 kcal/g de energia bruta. Para o potencial antibacteriano *in vitro* do óleo não foi observada ação para as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enterite*. O nível de 0,5% do óleo diferiu significativamente das rações- controle, apresentando um melhor resultado para o ganho de peso e rendimento de carcaça, que não diferiu quanto ao rendimento dos cortes e diferiu quanto ao rendimento das vísceras, como fígado e moela, que apresentaram resultados mais satisfatórios para os controles. Com relação ao pH da carcaça fria, observou-se que o tratamento de 0,75% OSM apresentou resultado significativo com relação ao controle positivo, e quanto ao parâmetro de luminosidade (L^*) da carne observou-se que todos os tratamentos diferiram significativamente do controle negativo. Para os parâmetros bioquímicos foi constatado que o colesterol total (1% OSM), lipoproteína de alta densidade (0,25% OSM) e lipoproteína de baixa densidade (0,50% OSM) diferiram significativamente, apresentando valores superiores ao controle negativo; e alanina aminotransferase, em que todos os níveis apresentaram resultados menores do que o controle negativo, enquanto os triglicérides totais e a enzima aspartato aminotransferase não diferiram. Com relação aos parâmetros histomorfométricos analisados nos segmentos do intestino delgado, precisamente o duodeno, para a altura de vilos (AV), constatou-se que o nível de 0,75% apresentou diferenças tanto para ração sem adição de aditivo (com inerte) quanto para a dieta-controle positiva com a adição antibiótico (bacitracina). Foi observado, também, efeito para o comprimento de mucosa (CM) ao nível de 0,25% OSM. O jejuno, por sua vez, o nível de 1% OSM apresentou os melhores resultados para a altura de vilos (AV), diferindo das rações-controle e para relação altura de vilos: profundidade de cripta (V:L), comprimento de mucosa (CM), diferindo da ração controle positiva, enquanto para o íleo não foram observadas diferenças para os parâmetros estudados. Estimou-se, também, os níveis ótimos do OSM para os parâmetros de desempenho, rendimento de vísceras, bioquímica sérica, histomorfometria intestinal. Contudo, os níveis de 0,5% e 1% fornecem subsídios para o potencial uso do óleo da semente de moringa na alimentação de frangos de corte, devido ao sinergismo entre o aporte de ácidos graxos monoinsaturados e a presença de tocoferóis sobre a produtividade e os parâmetros histomorfométricos, respectivamente, sendo uma alternativa promissora na alimentação animal.

Palavras-chave: Compostos bioativos; Promotor de crescimento; Produção de aves; Morfologia intestinal; Óleo funcional.

GENERAL ABSTRACT

Moringa seed oil has received worldwide attention due to its nutritional characteristics, physicochemical composition, oxidative stability and bioactive compounds. Health promoter and promising to be used in diets for broilers. Therefore, the objective of this study was to evaluate the physical, chemical, nutritional composition, biochemical parameters and the in vitro antimicrobial potential of moringa seed oil and its effects on performance parameters, yield, meat quality, serum biochemistry, organ weights and intestinal morphology of broilers. A total of 360 male broilers of the Cobb 500 strain were used from 1 to 21 days, distributed in a completely randomized design with 6 treatments of 6 replications with 10 chickens. Six diets were formulated, one ration called negative control (0.05% inert) and the other called positive control (0.05% zinc bacitracin). And the other diets with inclusions of 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1% of moringa seed oil (OSM). Cold extracted OSM has 74.93% oleic acid, 0.74mg/100ml calcium, 0.25mg/100ml magnesium and 0.33mg/100ml potassium, 0.57% protein, 44.45% ether extract, with the presence of α , δ -tocopherols and containing 9,652.96 kcal/g of gross energy. For the in vitro antibacterial potential of the oil, no action was observed for the bacteria *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritis*. The level of 0.5% of the oil differed significantly from the control diets, showing a better result for the weight gain and carcass yield, which did not differ in terms of the yield of cuts and differed in terms of the yield of viscera such as liver and gizzard, which presented more satisfactory results for the controls. Regarding the pH of the cold carcass, it was observed that the treatment of 0.75% OSM presented a significant result in relation to the positive control and regarding the parameter of luminosity (L^*) of the meat, it was observed that all treatments differed significantly of the negative control. For the biochemical parameters, it was found that total cholesterol (1% OSM), high-density lipoprotein (0.25% OSM), low-density lipoprotein (0.50% OSM) differed significantly, presenting values higher than the negative control and alanine aminotransferase all levels showed lower results than the negative control. While total triglycerides and aspartate aminotransferase enzyme did not differ. Regarding the histomorphometric parameters analyzed in the segments of the small intestine, precisely the duodenum, for villus height (AV) it was found that the level of 0.75% showed differences both for ration without additive addition (with inert) and for positive control diet with the addition of antibiotic (bacitracin). An effect was also observed for the length of the mucosa (MC) at the level of 0.25% OSM. The jejunum, in turn, the level of 1% OSM presented the best results for the villus height (AV), differing from the control rations and for the villus height: crypt depth (V:L), mucosa length (CM), differing from the positive control diet, while for the ileum no differences were observed for the parameters studied. The optimal levels of OSM were also estimated for performance parameters, viscera yield, serum biochemistry, intestinal histomorphometry. However, the levels of 0.5% and 1% provide subsidies for the potential use of moringa seed oil in the diet of broilers, due to the synergism between the supply of monounsaturated fatty acids and the presence of tocopherols on productivity and the histomorphometric parameters, respectively, being a promising alternative in animal feed.

Keywords: Bioactive compounds; Growth promoter; Poultry production; Intestinal morphology; Functional oil.

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1- Composição de ácidos graxos do óleo da semente de moringa.	15
Tabela 2- Teores de tocoferóis do óleo da semente de moringa.....	17
Tabela 3- Composição físico-química do óleo da semente de moringa.	19
Tabela 4- Compostos bioativos presentes no óleo da semente de moringa.....	20
Tabela 5- Composição da fração esterólica do óleo da semente de moringa.	23
Tabela 6- Compostos antinutricionais presentes no óleo da semente de moringa.	24

CAPÍTULO 1

Tabela 1- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 1-7 dias.....	41
Tabela 2- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 8-21 dias.....	42
Tabela 3- Composição físico-química e nutricional do óleo da semente de moringa ...	44
Tabela 4- Perfil dos ácidos graxos presentes no óleo da semente de moringa.....	45
Tabela 5- Perfil de tocoferóis do óleo da semente de moringa	45
Tabela 6- Análise antibacteriana in vitro do óleo da semente de moringa.....	46
Tabela 7- Valores médios do ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas com níveis do óleo da semente.....	47
Tabela 8- Análise do rendimento de carcaça e das vísceras comestíveis de frangos de 1 a 21 dias alimentados com óleo da semente de moringa	49
Tabela 9- Parâmetros tecnológicos da carne e da pele dos frangos alimentados com o óleo da semente de moringa no período de 1 a 21 dias	50

CAPÍTULO 2

Tabela 1- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 1-7 dias.....	69
Tabela 2 - Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 8 -21 dias.....	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 3- Peso relativo e comprimento dos órgãos de frangos de corte machos, de 1 a 21 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de moringa	72
Tabela 4 - Parâmetros bioquímicos de frangos de cortes alimentados com o óleo da semente de moringa no período de 1 a 21 dias de idade ..	Erro! Indicador não definido.
Tabela 5- Histomorfometria dos segmentos do duodeno e jejuno de frangos de corte machos de 1 a 21 dias alimentado com dietas contendo níveis do óleo da semente de moringa	75
Tabela 6- Histomorfometria do segmento do íleo de frangos de corte machos de 1 a 21 dias alimentados com dietas contendo níveis do óleo da semente de moringa.....	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NATURAIS EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE ...	14
2.2 ÓLEO DA SEMENTE DE MORINGA	15
2.2.1 Caracterização nutricional	15
2.2.2 Perfil lipídico	15
2.2.3 Vitamina E	16
2.2.4 Caracterização físico-química	18
2.2.5 Compostos bioativos	20
2.2.5.1 <i>Tocoferóis</i>	21
2.2.5.3 <i>Fenólicos</i>	22
2.2.5.4 <i>Flavonoides</i>	22
2.2.5.5 <i>Fitol</i>	23
2.2.5.6 <i>Fração esterólica</i>	23
2.2.6 Compostos antinutricionais	24
2.2.7 Atividade antioxidante	26
2.2.8 Atividade anti-inflamatória e antimicrobiana	27
3 REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 1	35
RESUMO	36
ABSTRACT	37
1 INTRODUÇÃO	38
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO	39
2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO ÓLEO	39
2.3 POTENCIAL ANTIMICROBIANO <i>IN VITRO</i>	39
2.4 LOCAL DO EXPERIMENTO	40
2.5 ANIMAIS, DIETAS E MODELO EXPERIMENTAL	40
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1 RESULTADOS	44
3.1.1 Análises físico-químicas e nutricionais do óleo	44
3.1.2 Perfil dos ácidos graxos	45
3.1.3 Análise de vitamina E	45
3.1.4 Potencial antibacteriano <i>in vitro</i>	46

3.1.5 Desempenho animal	46
3.1.6 Rendimento de carcaça e parâmetros tecnológicos	48
3.2 DISCUSSÃO	51
3.2.1 Análises físico-químicas e nutricionais do óleo	51
3.2.2 Perfil dos ácidos graxos	53
3.2.3 Análise de vitamina E	54
3.2.4 Potencial antibacteriano <i>in vitro</i>	55
3.2.5 Desempenho animal	56
3.2.6 Rendimento de carcaça e parâmetros tecnológicos	57
4 CONCLUSÃO	58
5 REFERÊNCIAS	58
CAPÍTULO 2	64
RESUMO	65
ABSTRACT	66
1 INTRODUÇÃO	67
2. MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO	68
2.2 EXPERIMENTO DE CAMPO	68
2.3 ANÁLISE BIOQUÍMICA	71
2.4 HISTOMORFOMETRIA INTESTINAL	71
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.1 RESULTADOS	72
3.1.1 Biometria dos órgãos	72
3.1.2 Análises bioquímicas	73
3.2 DISCUSSÃO	76
3.2.1 Biometria dos órgãos	76
3.2.2 Bioquímica sérica	76
3.2.3 Histomorfometria do intestino delgado	77
4 CONCLUSÃO	79
5 REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

Há décadas, os antibióticos vêm sendo amplamente usados na criação de animais para tratar as infecções bacterianas, para a melhoria da saúde e bem-estar dos animais de produção, como promotores de crescimento para fins profiláticos ou para melhorar o desempenho animal, reduzir patógenos e aumentar a eficiência da conversão alimentar (GILANI *et al.*, 2021; HERNÁNDEZ *et al.*, 2006). Porém, a subdosagem terapêutica como aditivo promotor ao longo dos anos levou o surgimento da resistência bacteriana e o aumento da preocupação do mercado consumidor como os potenciais riscos à saúde, bem como maiores impactos ambientais, o que ocasionou a proibição desses antibióticos em diversos países (GILANI *et al.*, 2021; YAKHKESHI; RAHIMI; GHARIB NASERI, 2011).

Com isso, a busca de substitutos para os antibióticos na produção avícola está se tornando extremamente importante. Durante as últimas décadas têm-se pesquisado sobre a utilização de substâncias naturais, que contêm compostos extraídos de plantas medicinais, com efeitos benéficos no desempenho, produção e melhoria na saúde intestinal. Esses materiais vêm sendo utilizados de diversas maneiras, como plantas inteiras, partes de plantas, sementes e seus óleos (STEVANOVIC *et al.*, 2018), com intuito de promover efeitos positivos sobre os parâmetros de desempenho, consumo de ração, ganho de peso, metabolismo e eficiência alimentar, melhorias na absorção de nutrientes e na morfologia intestinal de frangos de corte. Certos compostos alimentares vêm sendo estudados com o objetivo de melhorar a eficácia da absorção intestinal (PELICANO *et al.*, 2005; SONG *et al.*, 2019).

Deste modo, os alimentos funcionais (naturais) possuem diversos compostos bioativos que são usados como promotores de sanidade e produtividade; dentre eles, temos os óleos funcionais, que vêm sendo estudados por serem considerados uma alternativa promissora e segura na produção avícola (BUNTYN *et al.*, 2016; MEHDI *et al.*, 2018; FESSEHA; TIGABU DEMLIE; ESHETU, 2021). O óleo da semente de moringa possui boa qualidade, alta resistência oxidativa (PEREIRA *et al.*, 2016), diversos compostos bioativos, além de nutrientes como vitamina E, minerais, extrato etéreo proteína (DINESHA *et al.* 2018), e inúmeras propriedades antimicrobianas (AMINA *et al.*, 2019; EI-SAYED *et al.*, 2017), atividades antioxidantes (WU *et al.* 2018) e anti-inflamatórias (SURYADEVARA *et al.* 2018). Associados a isso, também temos escassez de estudos relacionados à utilização deste óleo na produção avícola. Com isso, objetivou-se avaliar o óleo da semente de moringa e seus

compostos nutricionais e a influência sobre os parâmetros produtivos, tecnológicos, bioquímica sérica e morfologia intestinal de frangos de corte machos de 1 a 21 dias de idade

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NATURAIS EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE

Uma das alternativas para substituição dos antibióticos como melhoradores de desempenho é a utilização de aditivos naturais, definidos como compostos derivados de plantas ou ervas que apresentam diversas substâncias bioativas, as quais participam do metabolismo secundário das plantas. Neste contexto, diversos aditivos naturais com função de melhoradores de desempenho podem influenciar positivamente o desempenho dos animais, não só pelo fato de modificarem a microbiota do intestino, por meio da redução de microrganismos patogênicos, como também, pelo aumento da digestibilidade dos nutrientes (BEM-MAHDI *et al.*, 2010; HASHEMI, DAVOODI, 2011; PERIN, 2021). Esses aditivos naturais utilizados na produção animal possuem diversas propriedades antibacterianas, antioxidantes, anti-inflamatórias (SARKER *et al.*, 2010), que, ao serem incorporados nas dietas animais, têm como objetivo melhorar o desempenho, saúde intestinal e, conseqüentemente, o sistema imunológico (DONG *et al.*, 2016; FARAHAT *et al.*, 2016; RIZZO *et al.*, 2010), reduzindo os agentes patogênicos no sistema digestivo pela ação antimicrobiana (JANG *et al.*, 2007), além de atuar como antioxidante, diminuindo o estresse oxidativo e a oxidação lipídica da carne (KHAN, 2014), aumentando o ganho de peso, melhorando a eficiência alimentar e a qualidade dos produtos (KOIYAMA, 2014).

Diante disso, visando à melhoria da qualidade intestinal associada à preocupação com a resistência bacteriana, e a busca do mercado consumidor por produtos saudáveis com menores impactos ambientais, tem despertado o interesse dos pesquisadores do setor avícola a buscarem constantemente novos produtos naturais, que possam vir a substituir os antibióticos em subdosagens terapêuticas que induzem a seleção de bactérias resistentes. Dentre esses aditivos naturais temos o óleo da semente de moringa.

2.2 ÓLEO DA SEMENTE DE MORINGA

2.2.1 Caracterização nutricional

Das sementes de *Moringa oleífera* extrai-se o óleo, que possui um rendimento de 38 a 40% (BOUKANDOUL *et al.*, 2018). Esse óleo tem em sua composição a presença de mais de 70% de ácido oleico, menos de 30% de ácidos graxos saturados e cerca de 6 % de ácidos graxos poli-insaturados (ZHAO *et al.*, 2019). Além da presença de tocoferóis, carotenoides, compostos fenólicos (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013), flavonoides (ALY; MAREI; ALI, 2016), fitol e o β -sitoesterol (ZHAO *et al.*, 2019), e de alguns compostos antinutricionais como taninos, saponinas e fitatos (DINESHA *et al.*, 2018)

2.2.2 Perfil lipídico

O óleo da semente de moringa possui ácidos graxos insaturados, destacando-se principalmente o ácido leico, também conhecido como ômega-9. O seu perfil lipídico apresenta valores superiores a 70% de ácido oleico e pequenas quantidades de ácidos graxos polissaturados (PUFA), que confere uma boa resistência significativa à degradação oxidativa (PEREIRA *et al.*, 2016). Quanto a sua composição de ácidos graxos saturados, o óleo possui cerca de 12,80 a 23,68% (Tabela 1), dentre eles estão o ácido palmítico, seguido pelos ácidos behênico, esteárico e araquídico.

Tabela 1- Composição de ácidos graxos do óleo da semente de moringa.

Ácidos graxos	Referências			
	Zhao <i>et al.</i> (2019)	Boukandoul <i>et al.</i> (2017)	Aly, Maraie e Ali. (2016)	Ogusina <i>et al.</i> (2011)
Ácido palmítico (16:0)	7,80	6,68	6,45	5,80
Ácido palmitoleico (16:1)	3,50	1,73	0,32	1,20
Ácido esteárico (18:00)	7,50	5,58	2,85	3,90
Ácido oleico (18:1)	72,0	71,07	75,32	79,50
Ácido linoleico (18:2)	2,10	0,15	10,24	2,20
Ácido alfa-linolênico (18:3)	-	-	-	-
Ácido araquídico (20:00)	2,00	3,47	3,00	2,20
Ácido eicosanóico (20:1)	2,30	2,07	-	-
Ácido behênico (22:00)	1,40	6,74	0,50	5,10
SFA	18,8	23,68	12,80	17,20
MUFA	76,0	74,93	75,64	80,70
PUFA	5,20	0,86	10,44	2,20
USFA	81,2	-	86,08	-

SFA (Ácidos Graxos Saturados), MUFA (Ácidos Graxos Monoinsaturados), PUFA (Ácidos Graxos Polinsaturados), USFA- (Ácidos Graxos Insaturados) - Não reportado/determinado, unidade de medida (%).

Na Tabela 1 podem-se observar algumas diferenças na composição de ácidos graxos do óleo da semente de moringa. Esses resultados podem ser justificados possivelmente devido às condições edafoclimáticas da área de cultivo, variedade de *M. Oleífera* cultivada (LEONE *et al.*, 2016) e dos métodos de extração (ÖZOCAN *et al.*, 2019). Outro fato interessante é o elevado conteúdo ácido oléico no óleo de semente de Moringa (>70%), o que é desejável em termos de nutrição, produzindo efeitos benéficos à saúde. De acordo com Bowen *et al.* (2019), os óleos com alto teor de ácidos graxos monoinsaturados estão se tornando o “novo padrão” de óleo em toda a indústria alimentícia, portanto, é provável que a ingestão seja recomendada.

Devido ao teor de ácido behênico, o óleo também é conhecido como “oil Ben” ou “oil Behen”. O óleo da semente de moringa refinado é inodoro, claro e resistente a ranço, sendo de grande interesse comercial devido às suas propriedades físicas, químicas e suas características farmacológicas (FAHEY, 2005; BASUNY; AL-MARZOUQ, 2016). Também é utilizado como alimento, lubrificante, perfumes, remédios, cuidados com a pele e é matéria-prima do biodiesel (DOU; KISTER, 2016; MAHMOO *et al.*, 2010; PATEL *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2010).

A utilização do óleo da semente de moringa pode influenciar positivamente as características organolépticas da carne de frango. Devido a sua ação antioxidante, o óleo é menos propenso a danos oxidativos em comparação a outros óleos comestíveis, porque contém maior teor de ácido oleico (ANWAR; BHANGER; KAZI, 2003), o que favorece a indústria de produtos cárneos, pois é menos propenso a rancificação, características excelentes para a indústria da carne e principalmente para o mercado consumidor que busca alimentos de fontes naturais, seguros, livres de antioxidantes sintéticos e que tragam benefícios à saúde. Além disso, esse óleo traz benefícios à saúde em termos de efeitos hipocolesterolêmicos, devido à presença de fitoesteróis e eliminação de radicais livres, ambiente celular mais adequado pela presença de tocoferóis, fenólicos e carotenoides (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013).

2.2.3 Vitamina E

O óleo da semente de moringa apresenta cerca de 4,98% de vitamina E (ALY; MARAEI; ALI, 2016). A vitamina E funciona como uma substância antioxidante que impede propagação da oxidação lipídica (O'BRIEN, 2009; BOUKANDOUL *et al.*, 2017). Possui a capacidade de captar elétrons e proteger a integridade de muitas células, incluindo linfócitos,

contra danos de radicais livres gerados em resposta a infecções ou toxinas (NIMSE; PAL, 2015). Também possui propriedades imunoestimulatórias, que desempenham um papel crucial no aumento da resistência do hospedeiro a doenças infecciosas; além disso, modula as respostas inflamatórias, como também aumenta as respostas imunes adaptativas e contribui para imunidade (SHOJADOOST *et al.*, 2021).

Essa vitamina desempenha diversas funções no metabolismo das aves; direta ou indiretamente atua no metabolismo de carboidratos, na creatina, no metabolismo muscular, na regulação das reservas de glicogênio, estimula a formação de anticorpos, e tem efeito antitóxico no metabolismo celular, sendo conhecida como um antioxidante biológico (BERTECHINI, 2012). Essa vitamina é classificada como uma vitamina lipossolúvel, que inclui várias isoformas: α -, β -, γ - e δ -tocoferol e α -, β -, γ - e δ -tocotrienol (AZZI, 2019). Nos óleos vegetais, ela se encontra sob a forma de tocoferóis (GERMAN, DILLARD, 2006). Dentre os tocoferóis analisados no óleo de semente de Moringa, na Tabela 2 observa-se que o α - tocoferol foi o que apresentou o maior teor, seguido pelo γ -tocoferol, δ -tocoferol e β -tocoferol.

Tabela 2-Teores de tocoferóis do óleo da semente de moringa

	Basuny e Al-Marzouq, (2016)	Boukandoul <i>et al.</i> , (2017)	Zhao <i>et al.</i> , (2019)
Tocoferóis totais	160,00	301,00	-
α - tocoferol	150,00	211,70	92,22
β - tocoferol	70,80	75,40	4,87
δ - tocoferol	-	8,60	47,63
γ - tocoferol	55,50	5,20	91,59

Basuny e Al-Marzouq, 2016= unidade de medida ($\mu\text{g/g}$), Boukandoul, et al., 2017=unidade de medida (mg/kg), Zhao *et al.*, 2019=unidade de medida (mg/kg^1 de óleo). – não reportado/determinado.

Os dados apresentados na Tabela 2 são interessantes, pois altos níveis de tocoferóis contribuem para boa estabilidade oxidativa e proteção do óleo de moringa durante seu armazenamento e processamento (RAHAMAN *et al.*, 2009; LEONE *et al.*, 2016). Dentre os tocoferóis observados, α -tocoferol é o que mais se destaca, sendo considerado o mais importante, pois desempenha várias funções bioquímicas no corpo, atua modelando as proteínas de expressão envolvidas no metabolismo do colesterol, na proliferação e inibição celular (GRILO *et al.*, 2014; OMAJI; OSIBEMHE; UTU-BAKUT, 2018), enquanto o γ -tocoferol possui funções benéficas do ponto de vista tecnológico e parece ser o mais forte

antioxidante em sistemas alimentares (ALSALVAR; SHAHIDI, 2008; BOUKANDOUL *et al.*, 2017). A presença desses tocoferóis pode contribuir para indústria da carne e seus derivados, evitando a oxidação lipídica, um dos maiores problemas enfrentados na qualidade da carne de frangos. Além disso, na literatura há relatos da atividade anti-inflamatória desse tocoferol (LI *et al.*, 2016). Já os demais tocoferóis, β e δ , apresentam valores menores (Tabela 2), demonstrando atividades anti-inflamatórias reportadas na literatura (LI *et al.*, 2016).

No entanto, os teores de tocoferóis observados (Tabela 2) são superiores aos teores de outros óleos e também a óleos de sementes de outras espécies da mesma família (TSAKNIS, 1998; MANZOOR; ANWAR, 2007; LEONE *et al.*, 2016). Além disso, devido à alta quantidade de tocoferóis e consideráveis quantidades de compostos fenólicos semelhantes aos encontrados no azeite, o óleo de moringa pode ser utilizado na dieta como uma fonte de óleo vegetal para o consumo (BAUSUNY; AL-MARZOUQ, 2016). Além dos tocoferóis, o óleo também possui outras substâncias biologicamente ativas, já identificadas, dentre elas os esteróis, carotenóides e compostos polifenólicos, que ajudam na eliminação de radicais livres (FOTOUOM, DUTOIT, ROBBERTSE, 2016; SAINI *et al.*, 2016). Segundo a pesquisa de Zhao *et al.* (2019), as matérias insaponificáveis totais presentes no óleo de semente de moringa são compostas por 80% de esteróis, 5% de fitol e outros álcoois polienoicos de plantas, e 1,5% de hidrocarboneto. Ademais, o óleo da moringa apresenta concentrações significativas de potássio, cerca de 36,67 ppm e 5,86 ppm de magnésio (Al-GHAMDI, 2018), elementos estes essenciais para o corpo, pois o potássio atua como regulador do volume dos fluídos intracelulares, mantendo pH e as relações osmóticas no interior das células. É também um ativador de sistemas enzimáticos, além de controlar o potencial de ação da membrana da célula (BERTECHINI, 2012). Já o magnésio está associado ao cálcio e ao fósforo, tanto na sua distribuição como no seu metabolismo, estando envolvido em diversas funções, dentre elas: reações de transferência de ligações ricas em energia, atua juntamente com enzimas na forma de quelatos ativando reações e é estreitamente envolvido no metabolismo de carboidratos, gordura, proteínas e ácidos nucleicos (BERTECHINI, 2012) e é necessário para o metabolismo energético (WHITNEY; ROFES, 2008; Al-GHAMDI, 2018).

2.2.4 Caracterização físico-química

As características físico-químicas do óleo bruto de semente de moringa são reportados na literatura, bem como parâmetros como valor de iodo, valor de saponificação, valor de

peróxido, viscosidade, densidade a 25°C, gravidade, índice de refração, rendimento, valor ácido e o período de indução (Tabela 3).

Tabela 3- Composição físico-química do óleo da semente de moringa

	Boukandoul <i>et al.</i> (2017)	Adegbe, Larayetan e Omojuwa, (2016)	Basuny e Al-Marzouq, (2016)	Ogunsina <i>et al.</i> (2011)
Valor de iodo (gI ² /100g ¹)	65,30	68,65	69,01	68,50
Valor de saponificação	167,00	180,92	183,00	191,20
Índice de peróxido	1,30	2,60	0,83	-
Gravidade	-	0,90	-	0,90
Índice de refração	1,71	1,45	-	1,47
Valor ácido (ng/KOHg ⁻¹)	1,01*	-	0,60*	-
Período de indução (h)	56,60	-	10,50	-
Viscosidade	-	-	-	43,60
Densidade á 25°C	0,92	-	-	0,92

* determinado (%), - Não reportado/determinado

Esses parâmetros observados (Tabela 3) são importantes para determinar a qualidade e a estabilidade do óleo bruto da semente de moringa. Dentre esses parâmetros, temos o valor de iodo, que é definido como a medida do grau de insaturação do óleo (ADEGBE; LARAYETAN; OMOJUWA, 2016). Isso indica que quanto maior o valor de iodo, maior será o grau de insaturação de gorduras e óleos. Os valores de iodo reportados pelas pesquisas (Tabela 3) estão abaixo dos valores estabelecidos pela FAO/ WHO (2009) para óleos comestíveis (80-106 gI²/100g⁻¹). Quanto aos valores de saponificação do óleo, os teores apresentados (167,00, 180,92, 183,00 e 191,2) estão dentro do intervalo recomendado pela norma padrão internacional, FAO/ WHO (2009) para óleos comestíveis, que é de 181 ± 2,60. Observa-se que os valores de peróxidos relatados nos estudos (0,83 a 2,6) (Tabela 3) também estão de acordo com a FAO/ WHO (2009), dentro do limite permitido pela norma internacional, que determina o máximo de 10m/mol/kg para óleos comestíveis. Esses resultados são excelentes, já que o índice de peróxido desejável para óleos comestíveis é o menor valor possível, pois garante uma melhor qualidade para o óleo. Isso indica que o óleo possui boa estabilidade oxidativa e pode ser armazenado por longos períodos, devido ao baixo nível de atividades oxidativas e lipolíticas (ADEGBE; LARAYETAN; OMOJUWA, 2016).

Também são relatados outros parâmetros para determinar a qualidade do óleo que são bastante estudados em pesquisas que o utilizam como fonte de biodiesel. Dentre eles estão: a gravidade, viscosidade, densidade, rendimento e índice de refração. Quanto a esses parâmetros podemos observar que os resultados apresentaram valores semelhantes entre os

estudos. Também foi analisado (Tabela 3) o período de indução (Rancimat: 20L/h, 100 °C ± 2 °C), que é uma importante característica que descreve a estabilidade oxidativa dos óleos e gorduras (ANWAR; BHANGER; KAZI, 2003). Foram observadas divergências entre os valores analisados, porém a literatura enfatiza a alta estabilidade oxidativa com uma das principais características desse óleo (PEREIRA *et al.*, 2016). Essas características físico-químicas analisadas do óleo da semente de moringa mostram o quanto o óleo é promissor para a alimentação.

2.2.5 Compostos bioativos

Os compostos bioativos têm efeito positivo na saúde devido às suas atividades antioxidantes (PARK *et al.*, 2014) e contribuem para a inibição do câncer, proliferação celular, prevenção do envelhecimento e doenças cardiovasculares (HARUENKIT *et al.*, 2007). Além disso, podemos observar outras substâncias biologicamente ativas (Tabela 4) já identificadas, dentre elas: os flavonoides, carotenóides e compostos fenólicos, que ajudam na eliminação de radicais livres, pois são considerados antioxidantes naturais (FOUTOUOM, DUTOIT; ROBBERTSE, 2016; SAINI *et al.*, 2016). Esses antioxidantes fenólicos atuam como sequestradores de radicais livres ou como quelantes de minerais, agindo tanto na etapa de iniciação como na de propagação do processo oxidativo (SHAIKI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992; RODRIGUES, 2016). Esses antioxidantes são importantes, pois agregam valor a qualidade dos alimentos (ASOLINI *et al.*, 2006; RODRIGUES, 2016), o que torna o óleo da semente de moringa interessante em termos nutricionais. A presença desses compostos no óleo pode melhorar a saúde intestinal, o valor nutricional, a qualidade e as características sensoriais da carne, como cor, sabor, maciez e aroma, por meio das suas propriedades antioxidante.

Tabela 4- Compostos bioativos presentes no óleo da semente de moringa.

Compostos bioativos	Valores	Unidades de medidas	Referências
Tocoferóis totais	88,0	ppm	Bhatnagar e Krishna (2013)
Carotenoides totais	16,9	ppm	Bhatnagar e Krishna (2013)
Flavonoides	93,28	mg/100 g	Aly, Maraei e Ali. (2016)
Fenólicos	118,9	ppm	Bhatnagar e Krishna (2013)
Esteróis totais	80	%	Dinesha <i>et al.</i> (2018)
β -sitoesterol	47,17	%	Zhao <i>et al.</i> (2019)
Fitol	3,62	%	Zhao <i>et al.</i> (2019)

Dentre os compostos bioativos encontram-se os tocoferóis, compostos fenólicos, esteróis e carotenóides que são antioxidantes naturais inerentes a moléculas bioativas que ajudam na prevenção de danos dos radicais livres para os tecidos, bem como a realização de várias funções fisiológicas no corpo (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013).

2.2.5.1 *Tocoferóis*

Para o óleo da semente de moringa são relatados teores de 88,0 ppm (Tabela 4) de tocoferóis totais. Esses compostos são considerados os menores constituintes dos óleos vegetais e são importantes nutricionalmente, pois servem como antioxidantes para retardar rancidez oxidativa e como fonte essencial de vitamina E. Os tocoferóis são antioxidantes solúveis em óleo naturais encontrados na maioria dos óleos vegetais (XU *et al.*, 2019). Acredita-se que a principal função bioquímica dos tocoferóis seja a proteção dos ácidos graxos polinsaturados consumidos (PUFAS), contra a peroxidação (KAMAL; ELDIN; ANDERSON, 1997; BHATNAGAR; KRISHNA, 2013). A quantidade PUFA presentes no óleo de moringa é cerca de 2%, o que significa que o óleo contém um excedente de tocoferóis para saciar os radicais livres, desempenhando suas outras funções antioxidantes no corpo (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013).

2.2.5.2 *Caratenoides*

Com relação aos carotenóides totais são relatados a presença de 16,9 ppm no óleo, (Tabela 4). Essas substâncias são responsáveis pela determinação da cor dos óleos e gorduras, além de contribuírem para evitar o processo de oxidação (APARICIO *et al.*, 1999; BOUKANDOUL *et al.*, 2017). Atuam na fotossíntese e na fotoproteção das plantas, devido a sua capacidade de sequestrar espécies reativas de oxigênio formadas mediante a exposição à luz solar. São responsáveis também pela síntese de vitamina A e ácido retinóico, estando relacionada à redução do risco de degeneração macular, catarata e doenças crônicas. Além de auxiliar na prevenção de neoplasias e na proteção do DNA contra o estresse oxidativo, pode atuar como componente da glutathiona peroxidase, em virtude da sua atividade antioxidante (BAENA, 2015; HENRIQUE *et al.*, 2018). Na produção animal, a suplementação com carotenoides é aplicada principalmente para melhorar a qualidade e o valor nutricional das carnes (RAJPUT *et al.*, 2012; POGORZELSKA-NOWICKA *et al.*, 2018).

2.2.5.3 Fenólicos

Observa-se que óleo da semente de moringa contém cerca de 118,9 ppm de fenólicos (Tabela 4). Os fenólicos constituem uma classe de metabólitos secundários de plantas derivados da via do ácido chiquímico ou dos poliketídeos, apresentando um ou mais anéis fenólicos (BALASUNDRAM; SUNDARAM; SAMMAN, 2006; CHAUKE, 2012). São considerados nutrientes funcionais que auxiliam no crescimento e na defesa contra parasitas e predadores em produtos vegetais. Os compostos fenólicos presentes no óleo da semente de moringa são considerados antioxidantes naturais lipossolúveis e potentes eliminadores de radicais livres (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013). Esses compostos apresentam uma forte atividade antioxidante, reduzindo, assim, a oxidação lipídica e auxiliando na conservação da qualidade do alimento (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013). Além de fornecer a coloração vermelha, roxa e azul das frutas e verduras, também estão associados à redução do risco de doenças (ANGELO; JORGE, 2007; BAENA, 2015; HENRIQUE *et al.*, 2018). Na produção animal, esses compostos fenólicos podem estimular ou inibir atividades de enzimas digestivas que afetam a digestibilidade de nutrientes em frangos de corte (BRENES; ROURA, 2010; LESKOVEC *et al.*, 2018). Além disso, produtos ricos em compostos fenólicos ao serem adicionados à ração podem promover melhorias tanto no desempenho como também no produto obtido a partir dos animais.

2.2.5.4 Flavonoides

Quanto aos teores de flavonoides são observados 93,28 mg/100 g de óleo da semente de Moringa (Tabela 4). Essas substâncias são uma classe significativa de compostos naturais, que tem uma estrutura polifenólica amplamente encontrada em frutas, vegetais e certas bebidas. Desempenham papéis fisiológicos nas plantas e são considerados compostos não nutritivos. Biologicamente ativos, possuem bom potencial antioxidante e apresentam numerosos benefícios á saúde (CHHIKARA *et al.*, 2018). São relatados vários efeitos bioquímicos e biológicos favoráveis associados a várias doenças (PANCHE; DIWAN; CHANDRA, 2016), constando, dentre eles: efeitos protetores contra doenças cardiovasculares, câncer e doenças degenerativas, tais como cancro, artrite, inflamação, disfunção cerebral e aceleração do processo de envelhecimento (FESKANISCH *et al.*, 2000; HALLIWELL; RAFTER; JENNER, 2005; VARGAS; RAMIREZ, 2019). São potentes moléculas antioxidantes que eliminam os radicais livres *in vitro* (GUVEN; ARICI; SIMSEK, 2019).

Esses compostos bioativos citados anteriormente apresentam diversas funções, dentre elas a que mais se destaca é atividade antioxidante. Essa característica é de suma importância na produção avícola, pois pode contribuir para a indústria da carne por meio da redução da peroxidação lipídica, como também pode favorecer a ração evitando a rancificação. Além disso, devido a essa propriedade antioxidante, os compostos presentes no óleo são nutricionalmente benéficos à saúde e contribuem para redução dos radicais livres presentes no corpo, evitando diversas doenças nos animais.

2.2.5.5 Fitol

O óleo da semente de moringa apresenta cerca de 3,62% de fitol (Tabela 4), que é um composto encontrado em abundância na natureza. Faz parte da molécula de clorofila e é produzido por quase todos os organismos fotossintéticos (ISCHEBECK *et al.*, 2006; ISLAM *et al.*, 2018), sendo um dos principais constituintes dos óleos derivados de plantas. Muitas pesquisas já foram realizadas para provar que a atividade antimicrobiana, observada para esses óleos essenciais, está relacionada ao seu conteúdo de fitol (ISLAM *et al.*, 2018), uma característica interessante, já que o óleo da semente de moringa possui fitol em sua composição e é tido como um composto que possui várias atividades antimicrobianas frente a uma diversidade de microorganismos patogênicos, como fungos e bactérias (CHUANG *et al.*, 2007; DINESHA *et al.*, 2018). O óleo da semente de moringa é interessante de ser estudado como aditivo natural nas rações dos animais, devido a sua atividade antimicrobiana, podendo ser uma alternativa para substituição dos promotores de crescimento. Além disso, o óleo, não possui potencial carcinogênico, gera um menor impacto ambiental, além de ser proveniente de fontes naturais, sendo bem mais aceito pelos consumidores.

2.2.5.6 Fração esterólica

Quanto aos esteróis o óleo possui cerca de 80% (Tabela 5). Dentre os esteróis analisados no óleo da semente de moringa, temos as frações esterólica que constitui-se principalmente de β -sitosterol, estigmasterol, campesterol e Δ^5 -avenasterol juntos com pequenas quantidades de Δ^7 -campestanol, Δ^7 -avenasterol, estigmastanol, clerosterol e brassicasterol.

Tabela 5- Composição da fração esterólica do óleo da semente de moringa.

Fração esterólica	Referências		
	Bausy e Al-Marzouq, (2016)	Boukandoul, <i>et al.</i> (2017)	Zhao <i>et al.</i> (2019)
β -sitosterol	45,11	48,25	47,17
Estigmasterol	19,20	20,01	19,26
Campesterol	16,90	10,97	17,84
Δ^5 -avenasterol	10,00	13,66	8,04
24-metileno colesterol	0,90	0,75	0,61
Δ^7 -campestanol	0,66	-	-
Δ^7 -avenasterol	0,53	1,68	0,64
Estigmastanol	0,49	-	0,89
28-isoavenasterol	0,30	-	-
Brassicasterol	0,07	0,03	0,06

- Não reportado/determinado, unidade de medida (%).

Essa fração é importante devido ao seu envolvimento no metabolismo do colesterol, reduzindo o nível circulante de LDL no colesterol (ABUMWEIS; BARAKE; JONES, 2008; RAS; GELEIJNSE; TRAUTWEIN, 2014; LEONE *et al.*, 2016). Segundo os estudos, a substância β -sitosterol apresenta maior nível na fração esterólica (Tabela 5) e é identificada como o principal fitoesterol de vários óleos vegetais (KOZLOWSKA *et al.*, 2016). Também são observados outros dois tipos de esteróides, estigmasterol e campesterol, que são encontrados em muitas plantas (DUONG *et al.*, 2016). Essa substância β -sitosterol tem um alto valor nutricional, boa atividade biológica e efeitos medicinais, pois proporciona efeitos na redução do colesterol sérico, confrontando as células de carcinoma e inflamações (MIRASMORENON *et al.*, 2016). Devido ao alto teor de fitosterol, o óleo de semente de *M. oleifera* pode ser usado como nutracêuticos dietéticos, suplementos ou ingredientes de alimentos funcionais (ZHAO *et al.*, 2019). Dentre as frações de esteróis identificados (Tabela 5) o Δ^5 -avenasterol tem uma boa representatividade no óleo é um dos esteróis mais importantes, pois possui atividades antioxidante e antipolimerização em óleos aquecidos (BOSKOU; ELMADFA, 2016).

2.2.6 Compostos antinutricionais

Os compostos antinutricionais são substâncias presentes nas plantas (BUREL; MEDÁLE, 2014) que podem afetar negativamente a digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes (DIOUF *et al.*, 2019; SOETAN, 2008; WELCH; GRAHAM, 2004). Os compostos antinutricionais podem reduzir a absorção de micronutrientes de produtos alimentícios à base de plantas (GEMEDE; RATTA, 2014). Podemos observar na composição do óleo da semente

de moringa a presença de alguns fatores antinutricionais, dentre eles taninos, saponinas e fitato (Tabela 6).

Tabela 6- Compostos antinutricionais presentes no óleo da semente de moringa.

Substâncias	Valores	Unidade de medida
Taninos	6,13	%
Saponinas	0,26	%
Fitato	3,09	%

Fonte: Tabela adaptada por Dinesha *et al.* (2018). (Método de extração por SC-CO₂).

O óleo da semente de moringa contém cerca de 6,13% de taninos. Na Tabela 6 observa-se essas substâncias são consideradas compostos fenólicos, responsáveis pela adstringência de muitos frutos e produtos vegetais, devido à precipitação de glicoproteínas salivares e à adstringência, o que ocasiona a perda do poder lubrificante, sendo considerado antinutricional (ALVES *et al.*, 2019). Os taninos são classificados em dois grupos, hidrolisáveis e condensados.

Esse composto possui a propriedade de precipitar proteínas e enzimas; além disso, pode impedir a disponibilidade de certos nutrientes e elementos como minerais e proteínas, e isso graças à sua capacidade de formar complexos com esses elementos, bloqueando, assim, a sua absorção (DIOUF *et al.*, 2019). Entretanto, cuidados devem ser tomados com relação a sua utilização, pois em quantidades elevadas podem ser tóxicos para os animais. Por isso, é de extrema importância a identificação da concentração desses compostos para garantir a sua utilização de forma segura.

Com relação ao teor de fitatos presente no óleo, observa-se cerca de 3,09%. Esse composto antinutricional é a principal forma de armazenamento de fósforo nas sementes dos vegetais, representando até 80% do conteúdo total desse mineral (SOUZA *et al.*, 2019). Os fitatos influenciam muito as funções e propriedades nutricionais de produtos alimentares por ligação a minerais como cálcio, magnésio, cobre, ferro e zinco (DIOUF *et al.*, 2019), diminuindo sua biodisponibilidade. Eles têm uma forte capacidade de ligação e pode, portanto, formar complexos com proteínas e cátions multivalentes que afetam a digestão. De fato, estudos mostraram que a maioria dos complexos de metais fitatos são insolúveis em pH fisiológico tornando os minerais não biodisponíveis (DIOUF *et al.*, 2019; MELLEF *et al.*, 2010). A molécula de fitato é um grande fator antinutricional para monogástricos, possuindo em sua estrutura grupos ortofosfatos altamente ionizáveis, os quais afetam a disponibilidade de minerais no trato gastrointestinal dos animais (SANTOS *et al.*, 2018). Os fitatos não podem ser diretamente digestíveis por alguns animais, como aves (FAN *et al.*, 2013;

JOHNSON *et al.*, 2010). Por isso, a necessidade da utilização da enzima fitase, que possui a atividade de hidrolisar o fitato e liberar os íons ortofosfatos ligados à estrutura do ácido fítico, fosfatídeos de inositol (FAN *et al.*, 2013; NASCIMENTO *et al.*, 2018).

E por último temos cerca de 0,26% de saponinas (Tabela 6), que são compostos glicosilados amplamente distribuídos nas plantas e que podem ser divididos em três grupos: triterpenóides, esteróides e glicoalcalóides (STANGARLIN *et al.*, 2011). São substâncias derivadas do metabolismo secundário das plantas, relacionados, principalmente, com o sistema de defesa. Essas substâncias têm chamado atenção mundial, devido às suas propriedades de redução do colesterol durante as últimas décadas, com uma variedade de agentes hipocolesterolêmicos, além de atividades anticarcinogênicas, anti-inflamatórias e antioxidantes. As suas propriedades surfactantes podem trazer consequências negativas, como o aumento do risco de sensibilização por antígenos na dieta, além de causar a despolarização da membrana intestinal, alterando o padrão de permeabilidade (GEE *et al.*, 1997; SOUZA *et al.*, 2019).

Esses compostos antinutricionais presentes no óleo de semente de Moringa são importantes e devem ser estudados, principalmente se administrados em dietas para animais. Já que como relatado anteriormente, dentre esses compostos alguns podem ser tóxicos se utilizados em altas quantidades e outros podem indisponibilizar alguns minerais, vitaminas e outras substâncias que podem influenciar diretamente a digestão, absorção, metabolismo dos nutrientes e conseqüentemente no desempenho dos animais; por isso, é de suma importância identificá-los. No entanto, nessa revisão o óleo apresentou menos de 7% desses compostos.

2.2.7 Atividade antioxidante

O óleo de sementes de moringa possui forte atividade antioxidante, com ampla gama de aplicações em alimentos, lubrificantes e cosméticos, importantes para várias indústrias (WU *et al.*, 2018). Evidências científicas indicam que o óleo é rico em antioxidantes naturais, que o consumo pode trazer benefícios à saúde em termos de efeitos hipocolesterolêmicos, pela presença de fitoesteróis e eliminação de radicais livres no corpo, devido à quantidade de tocoferóis, fenólicos e carotenoides (BHATNAGAR; KRISHNA, 2013). Devido ao seu potencial antioxidante, o óleo da semente de moringa é menos propenso a danos oxidativos em comparação com outros óleos comestíveis que contém ácido oleico, como girassol, cártamo e óleo de amêndoa (ANWAR, BHAMGER; KAZI, 2003). Além disso, o óleo pode ser usado em misturas para aumentar a estabilidade oxidativa de óleos comerciais ou

margarinas. Anwar *et al.* (2007) relataram que a mistura adequada de óleo de moringa com óleos comestíveis tradicionais (palma, soja e óleo de girassol) melhora as características físico-químicas e a estabilidade oxidativa dos óleos. Uma mistura de 50% com manteiga resulta em uma propagação funcional com maior estabilidade e menor teor de colesterol, e uma boa temperatura de fusão de 35,5°C (NADEEM ; IMRAN, 2016). Assim, se cultivado em larga escala, o óleo de semente de moringa pode ser considerado como uma fonte substituta de óleo vegetal para diversos fins (OLADIPO; BETIKU, 2019) e pode ser utilizada como substituto do azeite (SAUCEDO-POMPA *et al.*, 2018).

Ademais, estudos com o óleo da semente de moringa relatam diversas ações, como eliminação de radicais livres (ATOLANI *et al.*, 2018), ação hematoprotetora (OGUNSINA *et al.*, 2011), antioxidante, anti-inflamatória (SURYADEVARA *et al.*, 2018) e antiapoptótica (EDEOGU *et al.*, 2019).

2.2.8 Atividade anti-inflamatória e antimicrobiana

Estudos farmacológicos do óleo de moringa reivindicaram várias atividades biológicas, incluindo as atividades acaricidas (HOLTZ *et al.*, 2019) antibacteriana e antifúngica (RAMACHANDRAN; DETTER; GOPALAKRISHNAN, 1980). De acordo com os estudos de Dinesha *et al.* (2018), o óleo de semente de moringa extraído pelo método de dióxido de carbono supercrítico (SC-CO²), apresenta excelentes atividades antibacterianas e antifúngicas, contra as bactérias, gram-positivas (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*), gram-negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) e alguns fungos (*Mucor species*, *Aspergillus species*). Outra pesquisa revelou que o óleo de moringa apresenta maior atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas e gram-negativas do que fungos e leveduras. Além disso, também são relatados estudos com associações do óleo da moringa com outros produtos, dentre eles o “labneh”, mais conhecido como iogurte grego ou coalhada, o qual foi fortificado com óleo de moringa, sendo considerado como um novo produto com boas propriedades funcionais, boa aceitabilidade e alto valor nutricional, prolongando a vida útil deste produto (EL-SAYED *et al.*, 2017). Outro estudo desenvolvido por Amina *et al.* (2019), mostrou que a mistura de polímeros biodegradáveis (bionanocompósitos), como o filme de óleo da *Moringa oleífera*/PVC enriquecido com nanopartículas de prata (AgNPs) dentro dos produtos de embalagem de alimentos pode restringir o crescimento de microrganismos patogênicos e aumentar a qualidade dos alimentos e o prazo de validade (HAEMA; DHYANJAL, 2016).

Diante disso, o óleo da semente de moringa poder atuar na produção de avícola em duas vertentes: na qualidade da carne, reduzindo a peroxidação lipídica, devido ao seu elevado potencial antioxidante e baixo potencial oxidativo, como também pode atuar como aditivo fitogênico devido à sua forte atividade antimicrobiana frente a uma diversidade de microrganismos patogênicos, como alternativos aos promotores de crescimento.

3 REFERÊNCIAS

ABUMWEIS, S.; BARAKE, R.; JONES, P. J. H. Plant sterols/stanols as cholesterol lowering agents: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Food & Nutrition Research**, v. 52, n. 1, p. 1811, 2008.

ADEGBE, A. A.; LARAYETAN, R. A.; OMOJUWA, T. J. Proximate analysis, physicochemical properties and chemical constituents characterization of *Moringa oleifera* (Moringaceae) seed oil using GC-MS analysis. **American Journal of Chemistry**, v. 6, n. 2, p. 23-28, 2016.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Tree nuts: Composition, phytochemicals, and health effects: An overview. In: **Tree Nuts**. 1.ed. Boca Raton: CRC Press, 2008, 15-24p.

AL-GHAMDI, F. A. **Research Article Fatty acids and Macroelements of Moringa (M. peregrina and M. oleifera) Seed Oils**. 2018.

ALVES, V. M. *et al.* EXTRAÇÃO DE TANINOS DE FARINHA DE SEMENTE DE GRAVIOLA POR ULTRASSOM. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 6, n. Especial, p. 54-59, 2019.

ALY, A. A.; MARAEI, R. W.; ALI, H. G. Fatty acids profile and chemical composition of Egyptian *Moringa oleifera* seed oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, **93(3)**, 397-404, 2016.

AMINA, M. *et al.* Exploiting the Potential of *Moringa oleifera* Oil/Polyvinyl Chloride Polymeric Bionanocomposite Film Enriched with Silver Nanoparticles for Antimicrobial Activity. **International Journal of Polymer Science**, v. 1, 2019.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007.

ANWAR, F.; BHANGER, M. I.; KAZI, T. G. Relationship between rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 80, n. 2, p. 151-155, 2003.

APARICIO, R. *et al.* Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 47, n. 10, p. 4150-4155, 1999.

ASOLINI, F. C. *et al.* Atividade antioxidante e antibacteriana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. **Brazilian Journal of food technology**, v. 9, n. 3, p. 209-215, 2006.

ATOLANI, O. *et al.* Antioxidant, proteinase inhibitory and membrane stabilization potentials of *Moringa oleifera* seed oil. **FABAD J Pharm Sci**, v. 43, n. 2, p. 1-13, 2018.

AZZI, A. Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: Many similar molecules but only one vitamin E. **Redox biology**, p. 101-259, 2019.

BAENA, R. C. Muito além dos nutrientes: o papel dos fitoquímicos nos alimentos integrais. **Diagn Tratamento**, v. 20, n. 1, p. 17-21, 2015.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BASUNY, A. M.; AL-MARZOUQ, M. A. Biochemical studies on Moringa oleifera seed oil. **MOJ Food Process Technol**, v. 2, n. 2, p. 40-46, 2016.

BEN-MAHDI, M. H. *et al.* Intérêt de l'huile essentielle de thym dans l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet de chair. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, n. 6, p. 112, 2010.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2.ed. Lavras: Editora UFLA, 2012, 373 p.

BHATNAGAR, A. S.; KRISHNA, A. G. G. Natural antioxidants of the Jaffna variety of Moringa Oleifera seed oil of Indian origin as compared to other vegetable oils. **Grasas y aceites**, v. 64, n. 5, p. 537-545, 2013.

BOSKOU, D.; ELMADFA, I. (Ed.). **Frying of food: oxidation, nutrient and non-nutrient antioxidants, biologically active compounds and high temperatures**. CRC Press, 2019.

BOUKANDOUL, S. *et al.* Algerian Moringa oleifera whole seeds and kernels oils: Characterization, oxidative stability, and antioxidant capacity. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1600410, 2017.

BOUKANDOUL, S.; CASAL, S.; ZAIDI, F. The potential of some moringa species for seed oil production. **Agriculture**, v. 8, n. 10, p. 150, 2018.

BOWEN, K. J. *et al.* Diets enriched with conventional or high-oleic acid canola oils lower atherogenic lipids and lipoproteins compared to a diet with a western fatty acid profile in adults with central adiposity. **The Journal of nutrition**, v. 149, n. 3, p. 471-478, 2019.

BRENES, A.; ROURA, E. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, n. 1-2, p. 1-14, 2010.

BUNTYN, J. O. *et al.* The role of direct-fed microbials in conventional livestock production. **Annual review of animal biosciences**, v. 4, p. 335-355, 2016.

BUREL, C.; MÉDALE, F. Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture. **OCL**, v. 21, n. 4, p. 406, 2014.

CHAUKE, A. M. *et al.* Radical scavenging activity of selected medicinal plants from Limpopo province of South Africa. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 9, n. 3, p. 426-430, 2012.

CHHIKARA, N. *et al.* Bioactive compounds, food applications and health benefits of Parkia speciosa (stinky beans): a review. **Agriculture & food security**, v. 7, n. 1, p. 46, 2018.

- CHUANG, P-H. *et al.* Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. **Bioresource technology**, v. 98, n. 1, p. 232-236, 2007
- DINESHA, B. L. *et al.* Effect of extraction methods on physicochemical, nutritional, antinutritional, antioxidant and antimicrobial activity of *Moringa (Moringa oleifera* Lam.) seed kernel oil. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 10, n. 1, p. 287-295, 2018.
- DIOUF, A. *et al.* Pathways for Reducing Anti-Nutritional Factors: Prospects for *Vigna unguiculata*, **Journal of Nutritional Health & Food Science**, Fann, v.7, n.2, p.1-10, 2019.
- DONG, Z. L. *et al.* The effects of dietary supplementation of pre-microencapsulated *Enterococcus faecalis* and the extract of *Camellia oleifera* seed on growth performance, intestinal morphology, and intestinal mucosal immune functions in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 42-51, 2016.
- SANTOS N. J. C. *et al.* Avaliação do perfil hidrolítico in vitro e atividade anti proteolítica da fitase produzida por *Aspergillus niger* em rações de aves e suínos. **PUBVET**, v. 12, p. 131, 2018.
- DOU, H.; KISTER, J. Research and development on *Moringa oleifera*—Comparison between academic research and patents. **World Patent Information**, v. 47, p. 21-33, 2016.
- DSILVA, J. P.V. *et al.* *Moringa oleifera* oil: studies of characterization and biodiesel production. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 10, p. 1527-1530, 2010.
- EL-SAYED, S. M. *et al.* Improving the nutritional value and extending shelf life of labneh by adding *Moringa oleifera* oil. **Int. J. Dairy Sci**, v. 12, p. 81-92, 2017.
- FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. **Trees for life Journal**, v. 1, n. 5, p. 1-15, 2005.
- FAN, C. M. *et al.* Fingerprint motifs of phytases. **African Journal of Biotechnology**, Qingdao, v. 12, n. 10, p. 1138-1147, 2013.
- FAO, WHO. **Report of the 21st session of the codex alimentarius committee on fats and oils**. Malaysia: Kola kinabala, 2009.
- FARAHAT, M. *et al.* Effect of supplementing broiler chicken diets with green tea extract on the growth performance, lipid profile, antioxidant status and immune response. **British Poultry Science**, v. 57, n. 5, p. 714-722, 2016.
- FESKANICH, D. *et al.* Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 92, n. 22, p. 1812-1823, 2000.
- FESSEHA, H.; TIGABU DEMLIE, M. M.; ESHETU, E. Effect of *Lactobacillus* Species Probiotics on Growth Performance of Dual-Purpose Chicken. **Veterinary Medicine: Research and Reports**, v. 12, p. 75, 2021.
- FOTOUOM, H.; DU TOIT, E. S.; ROBBERTSE, P. J. Effect of storage conditions on *Moringa oleifera* Lam. seed oil: Biodiesel feedstock quality. **Industrial Crops and Products**, v. 84, p. 80-86, 2016.

GEE, J. M. *et al.* Effect of saponin on the transmucosal passage of β -lactoglobulin across the proximal small intestine of normal and β -lactoglobulin-sensitized rats. **Toxicology**, v. 117, n. 2-3, p. 219-228, 1997.

GEMEDE, H. F.; RATTA, N. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 4, p. 284-289, 2014.

GERMAN, J. B.; DILLARD, C. J. Composition, structure and absorption of milk lipids: a source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 1, p. 57-92, 2006.

GILANI, S. M. H. *et al.* Growth performance, intestinal histomorphology, gut microflora and ghrelin gene expression analysis of broiler by supplementing natural growth promoters: A nutrigenomics approach. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 6, p. 3438-3447, 2021.

GUVEN, H.; ARICI, A.; SIMSEK, O. Flavonoids in Our Foods: A Short Review. **Journal of Basic and Clinical Health Sciences**, v. 3, n. 2, p. 96-107, 2019.

HALLIWELL, B.; RAFTER, J.; JENNER, A. Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects Antioxidant or not. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 1, p. 268S-276S, 2005.

HARUENKIT, R. *et al.* Comparative study of health properties and nutritional value of durian, mangosteen, and snake fruit: experiments in vitro and in vivo. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 14, p. 5842-5849, 2007.

HASHEMI, S. R.; DAVOODI, H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. **Veterinary Research Communications**, v. 35, n. 3, p. 169-180, 2011.

HENRIQUE, V. A. *et al.* **Alimentos funcionais** [e-book]: aspectos nutricionais na qualidade de vida. 1. ed., Aracaju: Edifs, 2018. 57 p.

HERNANDEZ, F. *et al.* Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 47, n. 1, p. 50-56, 2006.

HOLTZ, A. M. *et al.* Influence of storage duration on the toxicity of *Moringa oleifera* (Moringaceae) oil to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-6, 2019.

ISCHEBECK, T. *et al.* A salvage pathway for phytol metabolism in *Arabidopsis*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 281, n. 5, p. 2470-2477, 2006.

ISLAM, M. T. *et al.* Phytol: A review of biomedical activities. **Food and chemical toxicology**, v. 121, p. 82-94, 2018.

JANG, S. I. *et al.* Anticoccidial effect of green tea-based diets against *Eimeria maxima*. **Veterinary Parasitology**, v. 144, n. 1-2, p. 172-175, 2007.

JOHNSON, S. C.; YANG, M.; MURTHY, P.P.N. Heterologous expression and functional characterization of a plant alkaline phytase in *Pichia pastoris*. **Protein expression and purification**, v. 74, n. 2, p. 196-203, 2010.

KAMAL-ELDIN, A.; APPELQVIST, L. Å. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. **Lipids**, v. 31, n. 7, p. 671-701, 1996.

KHAN, S. H. The use of green tea (*Camellia sinensis*) as a phytochemical substance in poultry diets. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 81, n. 1, p. 1-8, 2014.

KOIJYAMA, N. T. G. *et al.* Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com mistura de aditivos fitogênicos na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.49, n.3, p.225-231, 2014.

KOZŁOWSKA, M. *et al.* Fatty acids and sterols composition, and antioxidant activity of oils extracted from plant seeds. **Food chemistry**, v. 213, p. 450-456, 2016.

LEONE, A. *et al.* Moringa oleifera seeds and oil: Characteristics and uses for human health. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 12, p. 2141, 2016.

LESKOVEC, J. *et al.* Antioxidative effects of supplementing linseed oil-enriched diets with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination on carcass and meat quality in broilers. **Poultry science**, 2019.

LIU, Q.; LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3131-3140, 1995.

MAHMOOD, K. T.; MUGAL, T.; HAQ, I. Ul. Moringa oleifera: a natural gift-A review. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 2, n. 11, p. 775, 2010.

MANZOOR, M. *et al.* Physico-chemical characterization of Moringa concanensis seeds and seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 84, n. 5, p. 413-419, 2007.

MEHDI, Y. *et al.* Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. **Animal nutrition**, v. 4, n. 2, p. 170-178, 2018.

MELLEF, J. *et al.* Effects of addition of microbial phytase on the phosphorus bioavailability and poultry performances: a review. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 161, n. 7, p. 342-352, 2010.

MIRASMORENO, B. *et al.* Bioactivity of phytosterols and their production in plant in vitro cultures. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 64, n. 38, p. 7049-7058, 2016.

NADEEM, M.; IMRAN, M. Promising features of Moringa oleifera oil: recent updates and perspectives. **Lipids in Health and Disease**, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2016.

NIMSE, S. B.; PAL, D. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. **RSC advances**, v. 5, n. 35, p. 27986-28006, 2015.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. CRC press, 2008.

OGUNSINA, B. S. *et al.* Quality characteristics and stability of Moringa oleifera seed oil of Indian origin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 3, p. 503-510, 2011.

OLADIPO, B.; BETIKU, E. Process optimization of solvent extraction of seed oil from Moringa oleifera: an appraisal of quantitative and qualitative process variables on oil quality using D-optimal design. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 20, p. 101187, 2019.

- ÖZCAN, M. M. *et al.* Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils. **South African Journal of Botany**, v. 124, p. 333-337, 2019.
- PANCHE, A. N.; DIWAN, A. D.; CHANDRA, S. R. Flavonoids: an overview. **Journal of Nutritional Science**, v.5, n.47 p. 1-15, 2016.
- PARK, Y. S. *et al.* Bioactive compounds and the antioxidant capacity in new kiwi fruit cultivars. **Food Chemistry**, v. 165, n.1, p. 354-361, 2014.
- PATEL, S. *et al.* Moringa oleifera: a review of there medicinal and economical importance to the health and nation. **Drug invention today**, v. 2, n. 7, p. 339-342, 2010.
- PELICANO, E. R. L. et al. Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 221-229, 2005.
- PEREIRA, F. S. G. *et al.* Produção de biodiesel metílico com óleo purificado de Moringa oleifera lamarck. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 873-888, 2016.
- PERIN, G. R. **Extrato oleoso da polpa de bocaiuva na alimentação de frangos de corte**. 2021. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021.
- POGORZELSKA-NOWICKA, E. *et al.* Bioactive compounds in functional meat products. **Molecules**, v. 23, n. 2, p. 307, 2018.
- RAHMAN, I. M. M. *et al.* Physicochemical properties of Moringa oleifera lam. Seed oil of the indigenous-cultivar of Bangladesh. **Journal of Food Lipids**, v. 16, n. 4, p. 540-553, 2009.
- RAJPUT, N. *et al.* Effect of dietary supplementation of marigold pigment on immunity, skin and meat color, and growth performance of broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 14, p. 291-295, 2012.
- RAMACHANDRAN, C.; PETER, K. V.; GOPALAKRISHNAN, P. K. Drumstick (Moringa oleifera): a multipurpose Indian vegetable. **Economic Botany**, p. 276-283, 1980.
- RAS, R.T.; GELEIJNSE, J.M.; TRAUTWEIN, E. A. LDL-cholesterol-lowering effect of plant sterols and stanols across different dose ranges: a meta-analysis of randomised controlled studies. **British Journal of Nutrition**, v. 112, n. 2, p. 214-219, 2014.
- RIZZO, P. V. *et al.* Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39:801-807. 2010.
- RODRIGUES, A. S. Atividade Antioxidante e Antimicrobiana de Extratos de Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) e sua Aplicação em Mortadela. 2016. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria. 2016.
- SAINI, R. K.; SIVANESAN, I.; KEUM, Y.S. Phytochemicals of Moringa oleifera: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. **3 Biotech**, v. 6, n. 2, p. 203, 2016.
- SARKER, M. S. K. *et al.* Effects of *Camellia sinensis* and mixed probiotics on the growth performance and body composition in broiler. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 7, p. 546-550, 2010.

- SAUCEDO-POMPA, S. *et al.* Moringa plants: Bioactive compounds and promising applications in food products. **Food Research International**, v. 111, p. 438-450, 2018.
- SHARMA, D.; DHANJAL, D. S. Bio-nanotechnology for active food packaging. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 6, n. 09, p. 220-226, 2016.
- SHOJADOOST, B. *et al.* Centennial Review: Effects of vitamins A, D, E, and C on the chicken immune system. **Poultry Science**, v. 100, n. 4, 2021.
- SOETAN, K. O. Pharmacological and other beneficial effects of antinutritional factors in plants-A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 25, 2008.
- SONG, X. *et al.* Ghrelin serves as a signal of energy utilization and is involved in maintaining energy homeostasis in broilers. **General and comparative endocrinology**, v. 272, p. 76-82, 2019.
- SOUZA, C. G. *et al.* Fatores antinutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **PUBVET**, Recife, v. 13, p. 166, 2019.
- SOUZA, L. R. de. **Avaliação da oxidação lipídica da carne de frango refrigerada e pós cocção acometida pela anomalia white striping**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- STANGARLIN, J. R. *et al.* A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 10, n. 1, p. 18, 2011.
- STEVANOVIĆ, Z. D. *et al.* Essential oils as feed additives—future perspectives. **Molecules**, v. 23, n. 7, p. 1717, 2018.
- SURYADEVARA, V. *et al.* Formulation and evaluation of anti-inflammatory cream by using Moringa oleifera seed oil. **Pharmacognosy Research**, v. 10, n. 2, 2018.
- TSAKNIS, J. Characterisation of Moringa peregrina Arabia seed oil. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 2, p. 170-176, 1998.
- VARGAS, M. D.; RAMIREZ, C. F. D. Composição química e utilização de polpa cítrica na nutrição de não ruminantes: Revisão. **PUBVET**, v. 13, n.8, p. 1-8, 2019.
- WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. **Journal of experimental botany**, v. 55, n. 396, p. 353-364, 2004.
- WHITNEY, E.; ROLFES, S. R. **Understanding Nutrition 11th Ed.** Thomson Wadsworth, 2008.
- WU, H. *et al.* Effects of the free fatty acid content in yellow grease on performance, carcass characteristics, and serum lipids in broilers. **Poultry science**, v. 90, n. 9, p. 1992-1998, 2011.
- YAKHKESHI, S.; RAHIMI, S.; GHARIB NASERI, K. The effects of comparison of herbal extracts, antibiotic, probiotic and organic acid on serum lipids, immune response, GIT microbial population, intestinal morphology and performance of broilers. **Journal of medicinal plants**, v. 10, n. 37, p. 80-95, 2011.
- ZHAO, B. *et al.* Characterization of the Chemical Composition of Chinese Moringa oleifera Seed Oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 96, n. 5, p. 523-533, 2019.

CAPÍTULO 1

Composição nutricional do óleo da semente de moringa e sua ação antimicrobiana sobre o desempenho, rendimento e análises tecnológicas da carne de frangos de corte

RESUMO

O óleo da semente de moringa vem sendo mundialmente pesquisado devido às suas inúmeras propriedades e benefícios, como composição nutricional, potencial oxidativo e suas atividades antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar a composição física, química, nutricional e a ação antimicrobiana *in vitro* do óleo da semente de moringa sobre os parâmetros de desempenho, rendimento e análises tecnológicas da carne de frangos de corte. Foram realizadas análises do perfil dos ácidos graxos, minerais, vitamina E, proteína, extrato etéreo, energia bruta do óleo da semente de moringa. Foram utilizados 360 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 no período de 1 a 21 dias, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos de seis repetições com 10 aves. Foram formuladas seis dietas, sendo uma ração sem adição de aditivo denominada de controle negativo (com inerte), outra ração denominada de controle positivo com a adição (bacitracina) e as demais rações com inclusões de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% de óleo da semente de moringa (OSM). O óleo da semente de moringa extraído a frio tem 74,93% de ácido oleico, 44,45% extrato etéreo, com a presença de 0,5 mg/100ml de α -tocoferol, 4,40mg/100ml de δ - tocoferol. Os ácidos graxos de cadeia média e longa e os compostos presentes no óleo não demonstraram ação antibacteriana *in vitro* contra os patógenos: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enterite*. Porém, para o desempenho de frangos de corte foi observado um efeito significativo do nível de 0,5% do óleo da semente de moringa para o ganho de peso no período de 1 a 7, 1 a 14 e 1 a 21 dias, porém a conversão alimentar e consumo de ração não apresentaram diferenças significativas para os tratamentos estudados. O nível de 0,5% do óleo diferiu significativamente das rações controle positiva (com adição de antibiótico), e da ração controle negativa (sem adição de antibiótico) apresentando um melhor resultado para o rendimento de carcaça (89,5%), que não diferiu quanto ao rendimento dos cortes. Quanto ao rendimento das vísceras como o fígado e moela, foram observados maiores rendimentos para os controles negativo e positivo, respectivamente. Porém, para o pH da carcaça fria, observou-se que o tratamento de 0,75% OSM apresentou resultado significativo com relação ao controle positivo. Quanto ao parâmetro de luminosidade (L^*) da carne, observou-se que todos os tratamentos (50,4) diferiram significativamente do controle negativo (46,8). Contudo, óleo da semente de moringa não apresentou ação antimicrobiana *in vitro* e nem potencial antimicrobiano na ração como promotor de crescimento sobre os parâmetros produtivos de frangos de corte. Porém, recomenda-se o nível de 0,5% do óleo de semente de *Moringa oleífera* na ração de frangos de corte de 1 a 21 dias, devido ao sinergismo entre o aporte de ácidos graxos monoinsaturados e a presença de tocoferóis sobre a produtividade, sendo uma alternativa promissora na alimentação animal.

Palavras-chave: Óleo funcional; *Moringa oleífera*; Nutrição; Produção; Compostos bioativos; Tocoferóis; Desempenho avícola.

ABSTRACT

Moringa seed oil has been researched worldwide due to its numerous properties and benefits, such as: nutritional composition, oxidative potential and its antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial activities. Thus, the objective of this study was to evaluate the physical, chemical, nutritional composition and in vitro antimicrobial action of moringa seed oil on performance parameters, yield and technological analysis of meat from broilers. Profile analyzes of fatty acids, minerals, vitamin E, protein, ether extract, gross energy of moringa seed oil were performed. A total of 360 male broilers of the Cobb 500 strain were used from 1 to 21 days, distributed in a completely randomized design with 6 treatments of 6 replications with 10 birds. Six diets were formulated, being a ration without additive called negative control (with inert), another ration called positive control with the addition (bacitracin) and the other rations with inclusions of 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1% moringa seed oil (OSM). The cold extracted moringa seed oil has 74.93% oleic acid, 44.45% ether extract, with the presence of 0.5 mg/100ml of α -tocopherol, 4.40mg/100ml of δ -tocopherol. The medium and long chain fatty acids and the compounds present in the oil did not demonstrate in vitro antibacterial action against pathogens: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritis*. However, for the performance of broilers, a significant effect of the level of 0.5% of moringa seed oil was observed for weight gain in the period from 1 to 7, 1 to 14 and 1 to 21 days, but the feed conversion and feed intake did not show significant differences for the treatments studied. The level of 0.5% of oil differed significantly from the positive control diets (with the addition of antibiotics), and from the negative control diets (without the addition of antibiotics), showing a better result for carcass yield (89.5%), which did not differ in terms of cutting yield. As for the yield of viscera such as the liver and gizzard, higher yields were observed for the negative and positive controls, respectively. However, for the pH of the cold carcass, it was observed that the treatment of 0.75% OSM presented a significant result in relation to the positive control. As for the lightness parameter (L^*) of the meat, it was observed that all treatments (50.4) differed significantly from the negative control (46.8). However, moringa seed oil showed no antimicrobial action in vitro or antimicrobial potential in the diet as a growth promoter on the productive parameters of broilers. However, the level of 0.5% of *Moringa oleifera* seed oil is recommended in the diet of broilers from 1 to 21 days old, due to the synergism between the supply of monounsaturated fatty acids and the presence of tocopherols on productivity, being a promising alternative in animal feed.

Keywords: Functional oil; *Moringa oleifera*; Nutrition; Production; Bioactive compounds; Tocopherols; Poultry performance.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve uma crescente preocupação do mercado consumidor com os potenciais riscos à saúde devido à resistência antimicrobiana (HOFER 2019; ZHAO *et al.* 2021), e com os maiores impactos ambientais, devido à dificuldade de degradar a molécula natural exigindo processos oxidativos avançados, causados pela subdosagem terapêutica de antibióticos, como promotores de crescimento na produção animal (CHEN *et al.* 2019; VIDOVIC; VIDOVIC, 2020), o que levou a proibição e restrição na agropecuária (ADEYEMI; OSEMI; ASOGWA, 2021). Diante disso, têm-se buscado novas alternativas alimentares para substituição desses antibióticos.

Dessa forma, as substâncias naturais vêm sendo amplamente estudadas e utilizadas para alimentação animal, com o objetivo de melhorar o seu desempenho, saúde intestinal e combater a instabilidade oxidativa de lipídeos da carne (FALOWO, FAYEMI; MUCHENJE, 2014). Nesse contexto são relatadas múltiplas ações em animais monogástricos, incluindo efeitos sobre o desempenho, sistemas digestivos, metabolismo lipídico, prevenção de oxidação de tecidos e população de microrganismos modulantes. Nessa categoria estão o óleo de semente da moringa, com mais de 70% de ácidos graxos monoinsaturados; particularmente o ácido oleico, o qual recebe atenção mundial pela sua alta estabilidade, boas características nutricionais e atributos medicinais (BOUKANDOUL; CASAL; ZAIDE, 2018, BOUKANDOUL, *et al.*, 2019; TSAKINS; LALAS, 2002). Devido à presença de compostos bioativos, vitaminas e minerais são relatados na literatura inúmeras propriedades nutricionais, pela sua composição de ácidos graxos ômega 9 e ômega 3 (PEREIRA *et al.* 2016), atividade antimicrobiana devido aos compostos polifenólicos (DINESHA *et al.* 2018), atividade antioxidante, devido à presença de tocoferóis e caratenoides (WU *et al.* 2018), e atividade anti-inflamatória pela presença dos ácidos graxos ômega 9 (SURYADEVARA *et al.* 2018). Sob essa ótica, o óleo da semente de moringa pode ser considerado uma excelente alternativa para utilização na alimentação de frangos de corte.

Contudo, apesar da importância do óleo da semente da moringa e da necessidade de explorar as propriedades de partes específicas da planta e seus derivados, ainda há pouca informação na literatura sobre as estimativas dos níveis ótimos e das principais características nutricionais e nutracêuticas do óleo dessa semente para utilização desse óleo como alimento nas dietas de frangos de corte. Portanto, objetivou-se, com este estudo, avaliar a composição dos nutrientes, substâncias bioativas e o potencial antibacteriano *in vitro* do óleo da semente

de moringa e seus efeitos sobre os parâmetros de desempenho, rendimento e análises tecnológicas da carne de frangos de corte machos de 1 a 21 dias de idade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO

O óleo foi produzido por uma agroindústria a partir do cultivo de sementes de *Moringa oleífera*, as quais foram colhidas no município de Touros, no estado do Rio Grande do Norte, em que as sementes foram trituradas, prensadas e posteriormente resfriadas para obtenção do óleo.

2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO ÓLEO

Para a determinação da densidade e gravidade específica foram utilizadas as seguintes equações: densidade = peso do óleo/volume do óleo equivale a $P3-P1/100$, em que P1 corresponde ao peso do Becker vazio; P2= peso do Becker com água; P3= peso do Becker com óleo, e 100 corresponde ao volume do Becker. Gravidade específica = peso do óleo/ peso igual ao do volume da água (P2), de acordo com Adejumo, Alakowe, Obi, 2013. O índice de peróxidos e o índice de iodo foram determinados conforme a AOCS (2017). As determinações do extrato etéreo e proteínas foram realizadas conforme o método Oficial AOCS (2017). Para o ensaio de minerais foi realizada a digestão da amostra via micro-ondas e leitura em espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O perfil de ácidos graxos seguiu as recomendações do método oficial AOCS (2017), utilizando a cromatografia gasosa (Agilent Technologies, Shanghai, China), juntamente com um FID e modelo de coluna capilar polar varian cp 7489. Com relação às análises de vitamina E, a identificação e quantificação do α e γ tocoferóis presentes no óleo da semente de moringa foram realizados mediante o Sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)/Modular (Shimadzu), com Detector Fluorescência, extração em hexano. Para determinação da energia bruta no óleo, foi utilizada a bomba calorimétrica (Modelo IKA C-200).

2.3 POTENCIAL ANTIMICROBIANO *IN VITRO*

O método utilizado para o potencial antimicrobiano in vitro foi o de difusão em ágar, de acordo com a norma M2-A8 do Clinical and Laboratory Institute (CLSI), com algumas

adaptações (NCCLS, 2003). Os discos de papel filtro, com 6,0 mm de diâmetro, foram esterilizados e aplicados sobre placas de Petri contendo ágar Müller-Hinton. Os inóculos foram obtidos a partir de culturas dos microrganismos incubados a 35°C por 24h, preparando-se suspensões padronizadas equivalentes a escala 0,5 de McFarland (108 UFC/mL). Alíquotas de 100 µL de cada suspensão bacteriana foram semeadas por superfície em placas de Petri contendo cerca de 15 mL do meio Mueller-Hinton, com uma espessura de aproximadamente 4 mm (LENNETTE, 1980). Diferentes discos foram impregnados com alíquotas de 10 µL de óleo puro de semente de moringa e alíquotas de 10µL com diferentes níveis do óleo de semente de moringa 1%, 2,5% e 5% com adição do agente emulsificador Tween 80 (0,5%), visando melhorar a difusão do óleo no ágar. Como controle positivo utilizaram-se os discos de antibiograma de gentamicina, e como controle negativo 10 µL do agente emulsificador Tween 80 (0,5%). As culturas com os discos foram incubadas a 35 °C por 24 h. Os resultados dos ensaios realizados em triplicata foram obtidos mediante mensuração do diâmetro dos halos de inibição formados ao redor dos discos e calculados pela média aritmética dos diâmetros, expressos em mm (PELLISSARI *et al.*, 2010).

2.4 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no município de Recife-PE, situado a 4,5 m de altitude em relação ao nível do mar e coordenadas geográficas de 8°3' 14'' de latitude S e 34° 52' 52'', aprovado pelo comitê de ética para uso de animais local, protocolado sob o número 7180030221.

2.5 ANIMAIS, DIETAS E MODELO EXPERIMENTAL

Para a realização do experimento foram utilizados 360 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 no período de 1 a 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, seis repetições com 10 aves por parcela. Foram formuladas seis dietas, sendo uma ração sem adição de antibiótico denominado controle negativo (0,05% de inerte), e outra ração denominada de controle positivo com a adição de antibiótico (0,05% de bacitracina de zinco). As demais rações foram formuladas com inclusões de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% de óleo da semente de moringa (OSM) em substituição ao óleo de soja. As dietas foram formuladas com base nas recomendações das tabelas de composição de alimentos segundo Rostagno *et al.* (2017), de acordo com as

exigências nutricionais de frangos de corte de desempenho médio-superior, nos períodos de 1 a 7 dias e de 8 a 21 dias (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 1-7 dias

Alimentos	Níveis do óleo de semente de moringa					
	Controle Negativo	Controle Positivo	0,25%	0,50%	0,75%	1%
Milho	53,860	53,860	53,860	53,860	53,860	53,860
Farelo de soja	40,452	40,452	40,452	40,452	40,452	40,452
Óleo de soja	2,000	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000
Óleo de moringa	0	0	0,250	0,500	0,750	1,000
Calcário	1,094	1,094	1,094	1,094	1,094	1,094
Sal comum	0,323	0,323	0,323	0,323	0,323	0,323
Fosfato bi cálcico	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961
DL- Metionina	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332
HCL-Lisina	0,303	0,303	0,303	0,303	0,303	0,303
L- Treonina	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
Cloreto de colina (60%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Bicarbonato de sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Inerte	0,050	0	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina	0	0,050	0	0	0	0
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Fitase	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total (%)	100	100	100	100	100	100
Nutrientes						
Energia metabolizável	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Proteína bruta	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
Lisina digestível	1,366	1,366	1,366	1,366	1,366	1,366
Metionina digestível	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548
Treonina digestível	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882
Met+ cistina digestível	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
Colina	1,143	1,143	1,143	1,143	1,143	1,143
Sódio	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227
Potássio	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603
Cloro	1,011	1,011	1,011	1,011	1,011	1,011
Fósforo disponível	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
Ácido linoleico	2,351	2,351	2,351	2,351	2,351	2,351

¹Suplemento vitamínico. (Níveis de garantia por Kg do produto). Vit A 9.000.000 UI, Vit D3 2.500.000 UI, Vit E 20.000 mg, Vit K3 2.5000 mg, Vit B1 2.000 mg, Vit B2 6.000 mg, Vit B6 3.000 mg, Vit B12 15.000 µg, Ácido Pantotênico 12 mg, Ácido Fólico 1.500 mg, Ácido nicotínico:35 g, Biotina 100 mg. ²Suplemento mineral. (Níveis de garantia por Kg do produto). Manganês 130.000 mg, Zinco 130.000 mg, Ferro 100.000 mg, Cobre 20.000 mg, Iodo 2.000 mg, Selênio 250 g. Número de Mogin: 251,06 mEq/kg.

Tabela 2- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 8-21 dias

Alimentos	Níveis do óleo da semente de moringa					
	Controle negativo	Controle positivo	0,25%	0,50%	0,75%	1%
Milho	53,405	53,405	53,405	53,405	53,405	53,405
Farelo de soja	39,864	39,864	39,864	39,864	39,864	39,864
Óleo de soja	3,500	3,500	3,250	3,000	1,750	2,500
Óleo de moringa	0	0	0,250	0,500	0,750	1,000
Calcário	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
Sal comum	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309
Fosfato bicálcico	0,698	0,698	0,698	0,698	0,698	0,698
DL- Metionina	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317
HCL-Lisina	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
L- Treonina	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
Cloreto de colina (60%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Bicarbonato de sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,15	0,150
Premix vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Inerte	0,050	0	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina	0	0,050	0	0	0	0
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Fitase	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total (%)	100	100	100	100	100	100
Nutrientes						
Energia metabolizável	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína bruta	21,93	21,93	21,93	21,93	21,93	21,93
Lisina digestível	1,306	1,306	1,306	1,306	1,306	1,306
Metionina digestível	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
Treonina digestível	0,862	0,862	0,862	0,862	0,862	0,86
Met+ cistina digestível	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Colina	1,127	1,127	1,127	1,127	1,127	1,127
Sódio	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Potássio	0,608	0,608	0,608	0,608	0,608	0,608
Cloro	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Fósforo disponível	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432
Ácido linoleico	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093

¹Suplemento vitamínico. (Níveis de garantia por Kg do produto). Vit A 9.000.000 UI, Vit D3 2.500.000 UI, Vit E 20.000 mg, Vit K3 2.5000 mg, Vit B1 2.000 mg, Vit B2 6.000 mg, Vit B6 3.000 mg, Vit B12 15.000 µg, Ácido Pantotênico 12 mg, Ácido Fólico 1.500 mg, Ácido nicotínico:35 g, Biotina 100 mg. ²Suplemento mineral. (Níveis de garantia por Kg do produto). Manganês 130.000 mg, Zinco 130.000 mg, Ferro 100.000 mg, Cobre 20.000 mg, Iodo 2.000 mg, Selênio 250 g. Número de Mogin: 248 mEq/kg.

Para a análise de desempenho de frangos de corte foram avaliados parâmetros, como: ganho de peso médio diário, consumo médio de ração e conversão alimentar, por meio da pesagem semanal e do peso da ração ofertada e das sobras de alimento para os animais.

As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria e distribuídas em gaiolas metálicas com dimensões 1 × 1 m, com piso revestido de lona preta coberto por maravalha. As gaiolas foram equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple, sendo a água e ração fornecidas *ad libitum*. Durante todo o período experimental foram coletados dados climatológicos no galpão, como temperatura e umidade relativa para a caracterização do ambiente, mensurados por um termo-higrômetro digital. Nessas condições foram obtidas as seguintes médias: 30,9 °C de temperatura e 67% de umidade relativa na fase pré-inicial, 28,3°C de temperatura e 74,71% de umidade relativa na fase inicial.

2.6 ANÁLISE DE RENDIMENTO E PARÂMETROS TECNOLÓGICOS

Ao final do período experimental, aos 21 dias, 72 aves foram submetidas a um jejum de 8 horas para o esvaziamento digestório total, pesadas e posteriormente insensibilizadas por deslocamento cervical para evitar perda de sangue e penas e permitir a avaliação da deposição de nutrientes. Para a avaliação do rendimento, as carcaças passaram por processo de evisceração e pesagem para a obtenção do peso da carcaça quente (sem cabeça e pé) e de cortes nobres (peito, coxas, sobrecoxas, asa, dorso), além das vísceras comestíveis (fígado, coração e moela) e de outras partes como cabeça, pescoço e pró-ventrículo. O descarte das carcaças dos animais foi feito na universidade em local destinado para o descarte de animais em óbito, realizado pela Empresa Sterycycle.

As carcaças foram embaladas, identificadas e então resfriadas a 0 °C por 24 horas com conseqüente congelamento a -6 °C para realização posterior das características tecnológicas. Para as análises de características tecnológicas foi mensurada a temperatura, utilizando-se um termômetro digital; para o pH da carne, foi utilizado um medidor de pH (Hanna©), acoplado a um eletrodo de penetração. A coloração da carne e da pele foi avaliada mediante um espectrofotômetro (Minolta© CM-700d) programado com o sistema CIELab, considerando as coordenadas L* (preto/branco), correspondendo a leveza; a*(vermelho/verde), vermelhidão; e b* (azul/amarelo), amarelo (RAMOS; GOMIDE, 2017).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados quanto aos princípios de normalidade do erro e homogeneidade das variâncias, da utilização do software SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2). Foram realizadas as análises das variáveis de desempenho, como conversão alimentar, consumo de ração, e ganho de peso de 1 a 7 dias, 1 a 14 dias e 1 a 21 dias, de

acordo com modelos estatísticos Broken line, Broken line com ascendência quadrática e Broken line com duas inclinações, respectivamente, conforme as equações abaixo:

$$Y = \alpha + \gamma * (\Omega - x)$$

$$Y = \alpha + \gamma * (\Omega - x)^2$$

$$Y = \alpha + \gamma * (\Omega - x) + v * (x - \Omega)$$

em que Y é a variável independente, α é a resposta máxima do modelo, γ é a inclinação até o ponto de ruptura do modelo, Ω é o nível ótimo, v é a segunda inclinação e x é o consumo de OSM. Para as comparações entre as médias foram utilizados dois testes de Dunnett a 0,05% de significância. Além disso, também foi realizado um método para estimar o intervalo de confiança baseado no Bootstrap com 200 observações de reamostragem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Análises físico-químicas e nutricionais do óleo

Os parâmetros analisados são fundamentais para caracterização e determinação da qualidade do óleo, conforme a Tabela 3, em que o óleo da semente de moringa demonstrou ser um óleo de boa qualidade.

Tabela 3- Composição físico-química e nutricional do óleo da semente moringa

Análises	Valores
Gravidade específica	0,90
Densidade(g/dm ³)	0,93
Índice de peróxidos (mol)	4,67
Proteína (%)	0,57
Extrato etéreo (%)	44,45
Energia bruta (kcal/g)	9.652,96
Cálcio (mg/100ml)	0,74
Magnésio (mg/100ml)	0,23
Potássio (mg/100ml)	0,33

3.1.2 Perfil dos ácidos graxos

Tabela 4- Perfil dos ácidos graxos presentes no óleo da semente de moringa

Ácidos graxos	Valores (%)
Ácido capróico (C6:0)	< 0,01
Ácido caprílico(C8:0)	< 0,01
Ácido capríco (C10:0)	< 0,01
Ácido hendecanóico (C11:0)	< 0,01 n.a
Ácido láurico (C12:0)	< 0,01
Ácido mirístico (C14:0)	0,09
Ácido palmítico (C16:0)	5,44
Ácido margárico (C17:0)	0,08
Ácido cis-10-heptadecanóico(C17:1)	0,05
Ácido oleico (C18:1 cis 9)	74,93
Ácido elaídico (C18:1 trans 9)	<0,01
Ácido linoleico (C18:2 cis 9,12)	0,59
Ácido linolelaídico (C18:2 trans 9,12)	< 0,01
Ácido alfa-linolênico (C18:3 cis 9,12, 15)	0,11
Ácido linolenelaídico (C18:3 trans 9, 12,15)	< 0,01
Ácido araquídico (C20:0)	3,12
Ácido gadoléico (C20: 1 cis 9)	2,21
Ácido behênico(C22:0)	6,38
Ácido erúcico (C22:1)	0,10
Ácido lignocérico (C24:0)	0,90

3.1.3 Análise de vitamina E

Com relação à análise de vitamina E (Tabela 6), podemos observar o perfil de tocoferóis no óleo da semente de moringa.

Tabela 5- Perfil de tocoferóis do óleo da semente de moringa

Tocoferol	Resultados
Vitamina E (γ tocoferol)	4,40 mg/100ml
Vitamina E (α tocoferol)	0,5mg/100ml

3.1.4 Potencial antibacteriano *in vitro*

Para a análise antibacteriana *in vitro* do óleo de semente de moringa não foram observados halos de inibição (Tabela 7) para os tratamentos com óleo puro e com os níveis do óleo de semente de moringa associados a Tween 80, nem para o tratamento a qual continha somente o Tween 80 (controle negativo), para as espécies de bactérias estudadas. Os halos de inibição obtidos no estudo foram do antibiótico gentamicina, utilizado como controle positivo.

Tabela 6- Análise antibacteriana *in vitro* do óleo da semente de moringa

	SA25	KP	SA29	EC	SE	ST
Óleo puro	-	-	-	-	-	-
1% do óleo	-	-	-	-	-	-
2,50% do óleo	-	-	-	-	-	-
5% do óleo	-	-	-	-	-	-
Tween 80	-	-	-	-	-	-
Gentamicina (mm)	20,66	11	20,66	20,66	20,66	20,33

SA25: *Staphylococcus aureus* (25923), KP: *Klebsiella pneumoniae*, SA29: *Staphylococcus aureus* (ATCC29), EC: *Escherichia coli*, SE: *Salmonela enteritidis*; ST: *Salmonella tiphymurium*.

3.1.5 Desempenho animal

Com relação aos parâmetros produtivos como conversão alimentar e consumo de ração não foram observadas diferenças significativas para os tratamentos estudados, com exceção do ganho de peso que foi influenciado positivamente pelo nível de 0,5% do óleo da semente de moringa que diferiu das rações controles em todos os períodos estudados (Tabela 7).

Tabela 7-Valores médios do ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas com níveis do óleo da semente de moringa

1-7 DIAS			
VARIÁVEIS			
TRATAMENTO	GP	CR	CA
0-	138,57	164,15	1,121
0+	137,70	154,97	1,121
0,25%	142,27	155,96	1,096
0,50%	149,57***	165,37	1,106
0,75%	143,56	156,43	1,107
1%	140,33	157,10	1,120
MÉDIA	141,67	158,96	1,112
SEM	1,339	1,475	0,009
P-VALOR ¹	0,04	0,04	0,03
1-14 DIAS			
VARIÁVEIS			
TRATAMENTO	GP	CR	CA
0-	417,24	599,55	1,436
0+	419,40	581,42	1,404
0,25%	416,40	591,83	1,421
0,50%	431,77***	594,83	1,337
0,75%	428,36	584,67	1,384
1%	417,56	582,80	1,390
MÉDIA	421,78	589,18	1,402
SEM	1,991	4,6000	0,010
P-VALOR ¹	0,024	0,026	0,001
1-21 DIAS			
VARIÁVEIS			
TRATAMENTO	GP	CR	CA
0-	969,67	1264,70	1,284
0+	991,00	1296,80	1,309
0,25%	983,67	1262,87	1,284
0,50%	1020,00***	1280,00	1,257
0,75%	981,50	1260,00	1,284
1%	986,00	1274,13	1,293
MÉDIA	988,64	1273,08	1,285
SEM	5,847	9,301	0,009
P-VALOR ¹	0,04	0,03	0,04

*** Comparações significativas para controle positivo e negativo ($p \leq 0,05$). ¹P-valor para equação de broken line. α =resposta máxima ao modelo, γ =inclinação até o ponto de ruptura do modelo, Ω = estimativa do nível ótimo, v = inclinação. GP: ganho de peso, PM: peso médio, CR: consumo de ração, CA: conversão alimentar. Equações de 1-7 dias: $GP=144,5-14,80*(0,4037-x)$, $CR=164,2+16,53*(0,4768-x)-70,6075*(x*0,4768)$, $CA=1,0946+0,3729*(0,2551x) + 0,1081*(x*0,2551)$. Equações de 1-14 dias: $GP=969,67+0,989*(0,6365-x)-43,20(x*0,6365)$, $CR=587,4+30,87*(0,3925-x)$, $CA=1,3844+0,1068*(0,7293-x)^2$. Equações de 1-21 dias: $GP=995,8-56,0*(0,4673-x)$, $CR=1270,4-22,0980*(0,5819-x)^2$, $CA=1278,3+0,0620*(0,5106-x)^2$.

Para o período pré-inicial do desempenho dos frangos de corte 1 a 7 dias (Tabela 8) foram estimados níveis ótimos do óleo da semente de moringa para as variáveis de desempenho, que apresentaram os seguintes resultados: 0,4768% do OSM para o consumo de

ração médio de 164,2 g/ave e 0,2551 de OSM para a conversão alimentar média de 1,0946. E um nível ótimo de 0,4037% de inclusão do óleo de semente de moringa para um ganho de peso médio de 144,5 g/ave. Na fase inicial de 1 a 14 dias obtivemos as seguintes estimativas: 0,7293% do OSM para uma conversão alimentar média de 1,3844 de 0,6365% do OSM para o ganho de peso médio de 969,67 g/ave e de 0,3925% do OSM para o consumo de ração médio de 587,4 g/ave. Com relação ao desempenho de frangos de corte no período total de 1 a 21 dias foram estimados o consumo de ração médio de 1270,4 g/ave para um nível ótimo do óleo de semente de moringa de 0,5819%. A conversão alimentar média, por sua vez, foi de 1,2783, e o nível ótimo do óleo de semente de moringa foi de 0,5106%. Finalmente, para o ganho de peso médio de 995,8, o nível ideal estimado de óleo de moringa foi de 0,4673%.

3.1.6 Rendimento de carcaça e parâmetros tecnológicos

Com relação aos parâmetros de rendimento de carcaça de 1 a 21 dias dos frangos de cortes alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de moringa. O nível de 0,5% do óleo diferiu significativamente das rações controles (0+ e 0-), apresentando melhor resultado para o rendimento de carcaça (Tabela 9). Com relação aos parâmetros de rendimento de corte, como peito, sobrecoxa, asa, dorso, pescoço e cabeça não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos estudados. Para o rendimento das vísceras comestíveis observamos que não houve diferença para o coração, embora tenha havido diferenças significativas para o rendimento do fígado, em que a ração controle negativa apresentou melhor resultado do que a ração controle positiva. Para o rendimento da moela, a ração controle positiva apresentou resultados superiores aos níveis de 0,5% e de 1% do óleo da semente de moringa.

Além disso, também foram observadas as estimativas dos níveis ótimos do óleo da semente de moringa para os parâmetros de rendimento de carcaça. Observou-se que para o rendimento de fígado médio de 3,09% temos um nível ótimo de 0,36% de óleo de moringa (OSM), e para 2,78% do rendimento da moela temos um nível ótimo de 0,39% do óleo da semente de moringa.

Tabela 8- Análise do rendimento de carcaça e das vísceras comestíveis de frangos de 1 a 21 dias alimentados com óleo da semente de moringa.

VARIÁVEIS											
TRATAMENTO	Carcaça (%)	Peito (%)	Sobrecoxa (%)	Asas (%)	Dorso (%)	Pescoço (%)	Cabeça (%)	Fígado ² (%)	Coração (%)	Moela ² (%)	Pró- ventrículo (%)
0-	86,20	30,96	24,5	9,73	18,41	6,33	4,02	3,48*	0,70	3,07	0,63
0+	84,76	32,18	25,01	9,63	17,97	6,63	3,97	3,01	0,72	3,11	0,73
0,25%	85,97	32,11	25,45	9,83	18,91	6,51	3,93	3,21	0,65	2,90	0,64
0,50%	89,05***	32,07	24,09	9,14	18,53	6,34	3,75	3,10	0,73	2,66**	0,66
0,75%	85,59	30,66	24,88	9,59	18,48	6,62	4,02	3,10	0,76	2,92	0,65
1%	85,54	31,34	24,82	9,46	18,75	6,33	3,93	3,16	0,78	2,76**	0,70
MÉDIA	86,18	31,55	24,78	9,56	18,51	6,46	3,93	3,23	0,72	2,90	0,67
SEM	0,386	0,318	0,185	0,09	0,212	0,07	0,05	0,043	0,011	0,038	0,012
P-VALOR ¹	0,48	0,69	0,99	0,23	0,98	0,74	0,61	0,006	0,61	0,01	0,26

*Comparações significativas para controle negativo **comparações significativas para controle positivo ***ambos ($p \leq 0,05$). ¹ P-valor para equação de broken line. α =resposta máxima ao modelo, γ =inclinação até o ponto de ruptura do modelo, Ω =estimativa do nível ótimo. ²Equações: Fígado= $3,09+1,07*(0,36-X)$, Moela³= $2,78+0,82(0,39-X)^2$

Para os parâmetros tecnológicos encontrados na carne de frangos no período de 1- 21 dias não foram observadas diferenças significativas quanto aos parâmetros tecnológicos da cor da pele para luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*), assim como para cor da carne não houve diferenças significativas quanto a intensidade de vermelho (a*), intensidade de amarelo (b*), o pH da carcaça quente e a temperatura da carcaça fria e da carcaça quente. Porém, para o pH da carcaça fria (post mortem 24) observou-se que o tratamento de 0,75% do óleo da moringa apresentou resultado significativo com relação aos controles positivo e negativo. Quanto ao parâmetro de luminosidade (L*) da carne, observou-se que todos os tratamentos diferiram significativamente da ração controle negativa. Porém, os níveis de moringa não diferiram da ração controle positiva (antibiótico).

Tabela 9- Parâmetros tecnológicos da carne e da pele dos frangos alimentados com o óleo da semente de moringa no período de 1 a 21 dias.

TRATAMENTO	VARIÁVEIS									
	C. fria		Coloração da carne (Peito)			Coloração da pele (Peito)			C. quente	
	pH	T°C	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Ph	T°C
0-	6,3	5,7	46,8	3,6	3,8	57,5	5,3	12,2	6,5	17,7
0+	6,3	5,5	50,4*	3,0	4,4	58,3	4,8	11,7	6,5	17,9
0,25%	6,3	5,3	50,4*	4,3	5,0	57,6	5,6	11,2	6,6	16,5
0,50%	6,3	5,4	50,4*	3,2	4,6	57,2	5,7	12,7	6,6	17,0
0,75%	6,4***	5,5	50,2*	3,4	3,8	56,5	5,3	13,2	6,6	17,2
1%	6,3	5,3	50,4*	3,2	3,5	59,1	5,4	12,2	6,6	16,9
MÉDIA	6,3	5,4	49,7	3,4	4,1	57,7	5,35	12,2	6,5	17,2
SEM	0,01	0,05	0,38	0,15	0,19	0,30	0,19	0,24	0,01	0,28
P-VALOR ¹	0,30	0,59	0,20	0,36	0,19	0,99	0,98	0,56	0,53	0,94

*** Comparações significativas para controle negativo e positivo *Comparações significativas para controle negativo **Comparações significativas para controle positivo ($p \leq 0,05$). ¹ P-valor para equação de broken line

3.2 DISCUSSÃO

3.2.1 Análises físico-químicas e nutricionais do óleo

A densidade é uma propriedade importante nos fluidos, que pode variar conforme a temperatura; quanto maior a temperatura, menor será a densidade. Os resultados encontrados neste estudo são menores do que o pesquisa de Adejumo, Alakowe e Obi (2013); já a gravidade específica do estudo está dentro do intervalo estabelecido pela FAO/WHO (2009) de 0,9 a 1,16. De acordo com Adejumo, Alakowe e Obi (2013), à medida que a temperatura aumenta, a gravidade específica diminui.

O índice de peróxidos relatado na pesquisa está de acordo com a FAO/WHO (2009), dentro do limite permitido pela norma internacional, que determina o máximo de 10 m/mol/kg para óleos comestíveis. Esses resultados são adequados, já que o índice de peróxido desejável para óleos comestíveis é o menor valor possível, pois garante uma melhor qualidade para o óleo. Nesse sentido, as propriedades químicas do óleo são consideradas as mais importantes, pois determinam as condições originais do óleo. O índice de peróxido é um indicador do estado oxidativo do óleo. A maioria dos danos causados no óleo é por oxidação e processos de hidrólise (enzimáticos ou não enzimáticos). Quando ocorre o processo de oxidação, compostos de peróxido serão formados, fazendo com que o óleo tenha cheiro e gosto de ranço, o que é um sinal de que o óleo teve perda na qualidade nutricional e sensorial (IBRAHIM *et al.*, 2021).

O valor de iodo é definido como a medida do grau de insaturação do óleo (ADEGBE; LARAYETAN; OMGUWA, 2016); isso indica que quanto maior o valor de iodo, maior será o grau de insaturação dos triglicerídeos (ácidos graxos). O valor do índice de iodo observado indica a presença de ligações duplas ou ligações insaturadas. As gorduras com alto valor de iodo geralmente estão na forma líquida, enquanto as gorduras com baixo valor do iodo estão geralmente na forma sólida (PÉREZ-PÉREZ *et al.*, 2020). Os valores de iodo apresentado (Tabela 3) foram similares aos estudos realizadas por Anwar, Zafar, Rashid (2006), de 66,54 g I/100 g de óleo; Sánchez-Machado *et al.* (2015), de 63,9 g I/100 g de óleo; Leone *et al.* (2016), de 65,86 g I/100g de óleo, e Pérez-Pérez *et al.* (2020), 65,11 g I/100g de óleo. Além disso, os óleos podem ser classificados como: não secantes, que têm um valor de iodo <100; semisecantes, entre 100 e 140; e os óleos secantes, >140 (GUPTA, 2017). Portanto, com base nesta classificação, o óleo pesquisado é não secante. Nesses tipos de óleos, o teor de

ácidos graxos insaturados não está propenso a formar filmes impermeáveis no intestino, que impedem a absorção dos nutrientes. Tal efeito só é observado em óleos secantes, portanto, óleos não secantes são recomendados para consumo (PÉREZ-PÉREZ *et al.* 2020).

Na nutrição animal, a determinação dos compostos nutricionais é um ponto importante para a utilização do óleo da semente de moringa na alimentação animal, já que os nutrientes analisados são elementos essenciais na produção e no metabolismo animal, o que torna a pesquisa interessante e relevante, pois há poucos estudos sobre a determinação e quantificação desses compostos nos óleos.

Foi observado que o óleo da semente de moringa possui proteína em sua composição, porém está presente em uma pequena quantidade, o que pode estar associado a diversas características, como solo, a composição nutricional da semente e o processo de extração a frio, que pode influenciar na quantidade desses nutrientes no óleo pesquisado. Quanto ao extrato etéreo, o que chama atenção é a baixa porcentagem desse nutriente por se tratar de um óleo. Isso sugere que a fração desta semente pode conter teores de outros compostos nutricionais importantes, como, por exemplo, os carboidratos. Com relação à energia bruta, o óleo apresenta um alto teor, o que já é esperado por se tratar de um lipídeo. Ao compararmos com outros óleos como o de canola (9.399 kcal/g), o de milho (9.350 kcal/g) e o de soja (9.333 kcal/g) (ROSTAGNO *et al.*, 2017), o óleo da semente de moringa apresenta resultados superiores quanto ao nível de energia bruta.

Além disso, também foi observada a presença de minerais, como cálcio, magnésio e potássio. Quanto à composição mineral, o óleo da semente de moringa contém 0,74 mg/100ml de cálcio, 0,33 mg/100ml de potássio e 0,23 mg/100ml de magnésio. Nesse contexto, também foi observada a presença de minerais. No estudo realizado por Al-Ghamdi (2018), o óleo extraído da semente *Moringa oleífera* por hexano apresentou 36,76 mg/kg de potássio e 5,86 mg/kg de magnésio. Nesse mesmo estudo foi observado 9,07 mg/kg de potássio e 0,95 mg/kg de magnésio para o óleo extraído pelo mesmo método, porém de outra variedade de moringa e, em ambas as espécies de moringa estudada não foram identificadas o mineral sódio. O que se pode observar é que apesar de haver uma variação nos estudos com relação à quantidade, é constatada a presença significativa de minerais no óleo da semente de moringa, o que é um fato interessante em termos nutricionais para os animais.

3.2.2 Perfil dos ácidos graxos

O perfil de ácido graxos do óleo apresenta mais de 70% de ácido oleico, classificado como ômega 9. Similar a outros estudos (BOUKANDOUL *et al.* 2017; ALY; MARAEI; ALI, 2016; OGUSINA *et al.* 2011) que identificaram mais de 70% de ácido oleico no óleo da semente de moringa, devido à sua alta proporção de ácido oleico, este pode ser classificado como um óleo vegetal altamente monoinsaturado (CHIOU; KALOGEROPOULO, 2017). Além disso, o óleo possui algumas propriedades químicas semelhantes ao azeite, podendo ser considerado um equivalente deste e ser utilizado para consumo (ALHASSAN *et al.* 2019).

O óleo analisado possui em sua composição o ácido behênico; por esta razão, o óleo da semente de moringa também é conhecido como “oil Ben” ou “oil Behen”. Esse ácido graxo é considerado neutro, por não afetar as concentrações de colesterol plasmático. Tal neutralidade é consequência da baixa absorção e baixa biodisponibilidade, quando comparado a outros ácidos graxos (CATER; DENKE, 2001). O óleo é de grande interesse comercial, devido às suas características nutricionais e farmacológicas (BASUNY; AL-MARZOUQ, 2016; FAHEY, 2005), sendo utilizado como alimento, lubrificante, perfumes, remédios, cuidados com a pele, e é matéria-prima do biodiesel (SILVA *et al.*, 2010; DOU; KISTER, 2016; MAHMOOD; MUGAL; HAQ, 2010; PATEL *et al.*, 2010). Com relação à composição dos ácidos graxos saturados, o óleo possui pequenas quantidades, não excedendo os 33% de ácidos graxos permitidos para óleos comestíveis, recomendados pela FAO e pela Sociedade Europeia de Cardiologia (EILANDER; HARIKA; ZOCK, 2015), assim como baixas porcentagens de ácidos graxos poli-insaturados, sendo menos susceptível a lipoperoxidação (PEREIRA *et al.* 2016).

Sob essa perspectiva, segundo Anwar, Zafar e Rashid (2006), a combinação nas dietas do óleo de moringa melhora as características físico-químicas e a estabilidade oxidativa do óleo de soja. Devido à sua alta proporção de ácido oleico, o óleo de semente de moringa é considerado mais estável do que os outros óleos, como o óleo de girassol, cártamo e óleo de amêndoa (ANWAR; BHANGER; KAZI, 2003). Outras pesquisas realizadas por Mani *et al.* (2007) e Abdulkarim *et al.* (2007) também relatam que a mistura do óleo de semente de moringa com outros óleos, como o de girassol e o de soja, aumenta a estabilidade oxidativa da mistura. E a incorporação do óleo da semente de moringa a outros óleos aumenta os atributos nutricionais da mistura (DOLLAH *et al.*, 2014).

Ademais, o ácido oleico está associado à diminuição da fração de “colesterol ruim”, correspondente à lipoproteína de baixa densidade (LDL) e, possivelmente, ao aumento da fração de lipoproteína de alta densidade (HDL), que corresponde ao “colesterol bom” (NADEEM; IMRAN 2016). Dinicolantonio e O’Keefe (2018) também relataram que o ácido oleico pode ser responsável pelos efeitos hipotensores (IRANLOVE *et al.* 2020). Vários estudos relataram que os ácidos graxos insaturados, incluindo o ácido oleico, possuem atividades antioxidantes (ATHIKOMKULCHAI *et al.*, 2021; WEI *et al.*, 2016). Portanto, a substituição da gordura saturada da dieta por ácido oleico, que é o principal ácido graxo no óleo da semente de moringa, é associada à diminuição de doenças cardíacas, por meio da redução de lipídeos no sangue, incluindo o colesterol e triglicerídeos (LOPEZ-HUERTAS, 2010; MOHAMMADPOUR; MUGAL; HAQ 2019).

Outro fato interessante é que a inclusão de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) nas dietas de animais monogástricos podem ser particularmente valiosas para aumentar o grau de insaturação da gordura intramuscular sem o efeito negativo da oxidação lipídica associada aos ácidos graxos poli-insaturados da dieta (RODRIGUEZ *et al.*, 2005). Isso pode favorecer a indústria de produtos de origem animal, pois o óleo é menos propenso à rancificação.

3.2.3 Análise de vitamina E

A vitamina E é classificada como uma vitamina lipossolúvel, que inclui oito isoformas: α -, β -, γ - e δ -tocoferol e α -, β -, γ - e δ -tocotrienol (AZZI, 2019). Nos óleos vegetais, essa vitamina encontra-se sob a forma de tocoferóis (GERMAN; DILLARD, 2006). Dentre os tocoferóis analisados nesse estudo (Tabela 2), o γ - tocoferol foi o que apresentou o maior teor. Essa quantidade é interessante, pois o γ -tocoferol possui funções benéficas do ponto de vista tecnológico e é considerado um dos mais fortes antioxidantes em sistemas alimentares (ALSALVARI, SHAHIDI, 2008; BOUKANDIUL *et al.*, 2017), o que pode contribuir para a indústria da carne e seus derivados, evitando a oxidação lipídica, um dos maiores problemas enfrentados na qualidade da carne de aves. Ademais, na literatura há relatos da atividade anti-inflamatória desse tocoferol (LI *et al.*, 2016).

Outro tocoferol analisado nesta pesquisa foi α -tocoferol que, dentre as isoformas, é considerado o homólogo mais ativo, que está presente em maior concentração na carne, sendo também a principal fonte de vitamina E encontrada no sangue (BRAMLEY *et al.*, 2000; TRABER *et al.*, 1992). É considerado um antioxidante biológico que pode contribuir para o melhor desempenho fisiológico e melhor crescimento de frangos de corte devido à sua

capacidade de neutralizar radicais livres e reduzir a peroxidação lipídica no plasma e no músculo esquelético (GAO *et al.*, 2010; SELIM *et al.*, 2013; POMPEU; CAVALCANTI; TORAL, 2018). Adicionalmente, é amplamente reconhecido pelos seus efeitos positivos na qualidade da carne e resposta imune de frangos de corte. Como antioxidante primário das membranas celulares, age diretamente na célula ou indiretamente altera parâmetros metabólicos e endócrinos (LESHCHINSKY; KLASING, 2001).

3.2.4 Potencial antibacteriano *in vitro*

Observa-se que a utilização do óleo da semente de moringa *in vitro* não teve efeitos positivos contra as bactérias *Staphylococcus aureus* (25923) e (ATCC29), *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium* e *Salmonella enterite* em nenhum dos tratamentos estudados com o óleo e suas associações. Esses resultados corroboram com outras pesquisas, com relação à bactéria gram negativa (*Escherichia coli*), de acordo com os estudos de Bukar, Uba e Oyevi (2010) e Talreja (2010) não foram observados halos de inibição para essa bactéria. Segundo Dinesha *et al.* (2018), o óleo de moringa não se mostrou eficaz para *Escherichia coli*, não apresentando halos de inibição para os três diferentes métodos de extração utilizados (soxhlet, solvente e SC-CO₂). Isso pode ser explicado devido à variação na camada peptidoglicona e de lipolissacarídeos presente na parede celular de células bacterianas gram-negativas (BUKAR *et al.*, 2010; DINESHA, 2018). Por outro lado, esta mesma pesquisa (DINESHA *et al.*, 2018), demonstrou resultados significativos para bactérias gram-positivas, como *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus*, para os três métodos de extração analisados. Dessa maneira, a atividade antimicrobiana pode ser devida à presença de um fitoquímico. Sob essa ótica, Bukar, Uba e Oyevi (2010) e Suarez *et al.* (2003) identificaram a presença de um polipeptídeo curto denominado 4 (α -L-rhamnosiloxi) benzil-isotiocianato em sementes de moringa. Este polipeptídeo pode atuar diretamente sobre os microrganismos, podendo resultar na inibição do crescimento bacteriano ao destruir a membrana celular (ABALAKA *et al.* 2012).

Porém, sabe-se que existem fatores relevantes que são variáveis, como o solo, planta, composição da semente, que podem interferir nos constituintes presentes no óleo e consequentemente nas suas funções, o que poderia justificar o resultado obtido nesta pesquisa ser diferente dos resultados dos demais estudos, já que esta utilizou outro método de extração, tipo de semente, níveis diferentes e outros tipos de associações. Apesar deste estudo não ter apresentado um efeito positivo contra as bactérias estudadas, não descartamos a possibilidade

do óleo de moringa utilizado neste trabalho ser eficaz para outras espécies de bactérias e de fungos. Além disso, o óleo pode ter outra forma de interação no organismo animal, podendo proporcionar um efeito benéfico na microbiota e, conseqüentemente, na morfologia intestinal, beneficiando os parâmetros de desempenho nos animais.

3.2.5 Desempenho animal

A adição de antibiótico nas rações (0+) não proporcionou melhora no desempenho dos frangos de corte que receberam essa dieta, quando comparado à ração sem a adição de antibiótico (0-). Não foram encontrados efeitos significativos durante todo o período experimental, o que sugere, provavelmente, que o desafio sanitário, aos quais os frangos de corte foram expostos neste experimento, não foi suficiente para demonstrar efeito antimicrobiano esperado em relação aos parâmetros de desempenho. A falta de efeito significativo para os parâmetros de conversão alimentar e consumo de ração em contraposição ao efeito positivo relacionados ao ganho de peso sugere que o óleo da semente de moringa pode ter um efeito positivo como alimento natural nas dietas desses animais, pois apresentou resultados mais satisfatórios para o ganho de peso do que as rações sem e com a utilização de antibióticos, em todos os períodos estudados

Esse resultado positivo do nível de 0,5% óleo da semente de moringa pode ser explicado devido à sua composição e seus potenciais antioxidantes presentes nos diversos compostos bioativos como os tocoferóis, carotenoides, flavonoides. Outro fator relevante a ser observado é a presença da grande proporção do ácido oleico e a relação da ração entre o óleo de soja e os níveis de óleo da semente de moringa. Nesse caso, o nível de 0,5% apresentou no período de 1 a 7 dias uma relação de 1kg, 500g de óleo de soja para 500g de óleo de moringa. E no período de 8 a 21 dias a ração com o nível de 0,50% apresentou uma relação de 3kg de óleo de soja para 500g de óleo da semente de moringa. Essa proporção deve ser considerada, já que de acordo com Mani, Java e Uadivambal (2007) e Abdulkarim *et al.* (2009), o óleo de semente de moringa, quando misturado ao óleo de soja e ao óleo de girassol, aumenta a estabilidade oxidativa da mistura (ABDULKARIM *et al.*, 2005; DINESHA *et al.*, 2018). Diante disso, o nível de 0,5% do óleo de semente de moringa pode ter atuado como substâncias antioxidantes e anti-inflamatórias nas proporções adequadas para aumentarem estabilidade oxidativa da mistura (do óleo de soja como o óleo de moringa), influenciando no aumento do ganho de peso ao longo de todo o período experimental.

3.2.6 Rendimento de carcaça e parâmetros tecnológicos

Podemos destacar um fato interessante, que foi a relação entre o desempenho, especificamente o ganho de peso, com o rendimento de carcaça dos frangos de corte machos de 1 a 21 dias, em que o nível de 0,5% do óleo da semente de moringa apresentou respostas satisfatórias para ambas as variáveis estudadas. O óleo da semente de moringa influenciou positivamente o rendimento da carcaça de frangos de corte, porém não foi observada a mesma resposta para os rendimentos dos cortes, possivelmente devido ao curto período em que o experimento foi realizado. Provavelmente, esse período de 1 a 21 dias tenha sido insuficiente para obtermos respostas significativas para o rendimento dos cortes. Essa influência positiva pode ser devido à digestibilidade e metabolização dos nutrientes aliados aos compostos bioativos presentes no óleo da semente de moringa, que influenciaram positivamente o ganho de peso e consequentemente o rendimento da carcaça desses animais.

Quanto ao rendimento das vísceras comestíveis foi observado um maior rendimento do fígado para ração controle negativo; isso pode ser explicado provavelmente pelo fato de as rações contendo óleo da semente de moringa terem funções hepatoprotetoras devido à composição de ácidos graxos monoinsaturados e à presença de vitamina E, reduzindo o rendimento do fígado, fazendo com que a ração controle negativo se sobressaia às demais. Já para o rendimento de moela, a melhor resposta foi obtida pela ração controle positiva, devido provavelmente à presença da bacitracina de zinco ter contribuído para o aumento do órgão.

A cor é uma variável importante na qualidade da carne, posto que está intimamente relacionada ao pH. A coloração da carne é comprometida pelo pH muscular, uma vez que este afeta a natureza da ligação de água das proteínas, interferindo no ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, e suas propriedades de reflexão de luz, como a cor da superfície da carne que está ligada à absorção da luz pela mioglobina (PETRACCI; CAVANI, 2012). Além disso, valores elevados de L^* não são considerados bons, pois indicam um aumento de palidez da carne, o que pode influenciar diretamente em sua qualidade (SANFELICE *et al.*, 2010). Diante disso, carne de frango pode ser classificada como pálida quando $L^* > 53$; padrão de 48 a 53; e escura $L^* < 46$ (QIAO, FLETCHER, SMITH, 2001); portanto, os valores encontrados neste estudo estão dentro do padrão permitido para carne normal.

Para o parâmetro de pH, os valores encontrados em nosso estudo estão dentro dos padrões da literatura, o que descarta a possibilidade de má qualidade da carne nesta pesquisa. De acordo com Petracci *et al.* (2015), antes do abate, o músculo das aves tem $pH > 7$, e reduz o

pH para 5,8 a 5,9. 6h após o abate ocorre rápida acidificação, em que, num período de 1 hora post mortem, apresentará um pH abaixo de 6. Os diferentes níveis de inclusão da semente de moringa nas dietas proporcionaram respostas satisfatórias com relação ao pH da carcaça fria. Isso pode ser justificado pelos compostos presentes no óleo da semente de moringa, dentre eles a vitamina E, pois, sabe-se que os níveis de tocoferóis na dieta podem retardar a fase inicial da oxidação e perda da qualidade da carne (PETRACCI; CAVANI, 2012). De acordo com os estudos, a vitamina E é conhecida por diminuir as mudanças de cor, sabor, textura e perda por gotejamento, além de reduzir a extensão da oxidação lipídica em carne e produtos cárneos (JENSEN *et al.*, 1998; CHENG *et al.*, 2016; LESKOVEC *et al.*, 2019). Ela influencia a estabilidade oxidativa, reduzindo a susceptibilidade do músculo à peroxidação lipídica (LIU; LANARI; SCHEFER, 1995; SALES; KOUKOUKOLOVÁ, 2011; BALDI *et al.*, 2019), diminui a resistência e a força de cisalhamento (CARNAGEY *et al.*, 2008), aumenta a sensibilidade e melhora a solubilidade do colágeno (MAIORANO *et al.*, 2007), aumentando a capacidade de retenção de água.

4 CONCLUSÃO

O óleo da semente de moringa não apresentou ação antimicrobiana *in vitro* nem potencial antimicrobiano na ração como promotor de crescimento sobre os parâmetros produtivos de frangos de corte, devido à falta de desafio sanitário.

Porém, recomenda-se o nível de 0,5% do óleo de semente de *Moringa oleífera* na ração de frangos de corte de 1 a 21 dias, devido ao sinergismo entre o aporte de ácidos graxos monoinsaturados e a presença de tocoferóis sobre a produtividade, sendo uma alternativa promissora na alimentação animal.

5 REFERÊNCIAS

- ABALAKA, M. E. *et al.* The antibacterial evaluation of *Moringa oleifera* leaf extracts on selected bacterial pathogens. **Journal of Microbiology Research**, v. 2, n. 2, p. 1-4, 2012.
- ABDULKARIM, S. M. *et al.* Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. **Food chemistry**, v. 105, n. 4, p. 1382-1389, 2007.
- ABDULKARIM, S. M. *et al.* Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. **Food chemistry**, v. 93, n. 2, p. 253-263, 2005.
- ADEGBE, A. A.; LARAYETAN, R. A.; OMOJUWA, T. J. Proximate analysis, physicochemical properties and chemical constituents characterization of *Moringa oleifera* (Moringaceae) seed oil using GC-MS analysis. **American Journal of Chemistry**, v. 6, n. 2, p. 23-28, 2016.

ADEJUMO, B. A.; ALAKOWE, A. T.; OBI, D. E. Effect of heat treatment on the characteristics and oil yield of *Moringa oleifera* seeds. **Int. J. Eng. Sci**, v. 2, n. 1, p. 232-239, 2013.

ADEYEMI, K. D.; OSENI, A. I.; ASOGWA, T. N. Onionskin waste versus synthetic additives in broiler diet: influence on production indices, oxidative status, caecal bacteria, immune indices, blood chemistry and meat quality. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 587-599, 2021.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree nuts: Composition, phytochemicals, and health effects: An overview**. CRC press, 2008.

AL-GHAMDI, F. A. **Research Article Fatty acids and Macroelements of Moringa (*M. peregrina* and *M. oleifera*) Seed Oils**, 2018.

ALHASSAN, M. et al. Comparative Fatty Acids Composition of Cashew, Fenugreek and Moringa Seed Oils. **Earthline Journal of Chemical Sciences**, v. 2, n. 2, p. 321-332, 2019.

ALY, A. A.; MARAEI, R. W.; ALI, H. G.M. Fatty acids profile and chemical composition of Egyptian *Moringa oleifera* seed oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 93, n. 3, p. 397-404, 2016.

ANWAR, F.; BHANGER, M. I.; KAZI, T. G. Relationship between rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 80, n. 2, p. 151-155, 2003.

ANWAR, F.; ZAFAR, S. N.; RASHID, U. Characterization of *Moringa oleifera* seed oil from drought and irrigated regions of Punjab, Pakistan. **Grasas y aceites**, v. 57, n. 2, p. 160-168, 2006.

AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. **Seventh edition, American Oil Chemists's Society**, Champaign, IL, USA. 1-7, 2017.

ATHIKOMKULCHAI, S. *et al.* *Moringa oleifera* seed oil formulation physical stability and chemical constituents for enhancing skin hydration and antioxidant activity. **Cosmetics**, v. 8, n. 1, p. 2, 2021.

AZZI, A. Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: Many similar molecules but only one vitamin E. **Redox biology**, v. 26, p. 101259, 2019.

BALDI, G. *et al.* Comparison of a grain-based diet supplemented with synthetic vitamin E versus a lucerne (alfalfa) hay-based diet fed to lambs in terms of carcass traits, muscle vitamin E, fatty acid content, lipid oxidation, and retail colour of meat. **Meat science**, v. 148, p. 105-112, 2019.

BASUNY, A. M.; AL-MARZOUQ, M. A. Biochemical studies on *Moringa oleifera* seed oil. **MOJ Food Process Technol**, v. 2, n. 2, p. 40-46, 2016.

BOUKANDOUL, S. *et al.* Algerian *Moringa oleifera* whole seeds and kernels oils: Characterization, oxidative stability, and antioxidant capacity. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1600410, 2017.

BOUKANDOUL, S. et al. Oxidation delay of sunflower oil under frying by moringa oil addition: more than just a blend. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 12, p. 5483-5490, 2019.

BOUKANDOUL, S.; CASAL, S.; ZAIDI, F. The potential of some moringa species for seed oil production. **Agriculture**, v. 8, n. 10, p. 150, 2018.

- BRAMLEY, P. M. *et al.* Vitamin E: A critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 913-938, 2000.
- BUKAR, A.; UBA, A.; OYEYI, T. Antimicrobial profile of *Moringa oleifera* Lam. extracts against some food-borne microorganisms. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v. 3, n. 1, 2010.
- CATER, N. B.; DENKE, M. A. Behenic acid is a cholesterol-raising saturated fatty acid in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 1, p. 41-44, 2001.
- CARNAGEY, K. M. *et al.* Use of 25-hydroxyvitamin D3 and vitamin E to improve tenderness of beef from the longissimus dorsi of heifers. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 7, p. 1649-1657, 2008.
- CHEN, C. *et al.* Effect of antibiotic use and composting on antibiotic resistance gene abundance and resistome risks of soils receiving manure-derived amendments. **Environment international**, v. 128, p. 233-243, 2019.
- CHENG, K. *et al.* A comparison of natural (D- α -tocopherol) and synthetic (DL- α -tocopherol acetate) vitamin E supplementation on the growth performance, meat quality and oxidative status of broilers. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 29, n. 5, p. 681, 2016.
- CHIOU, A.; KALOGEROPOULOS, N. Virgin olive oil as frying oil. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 16, n. 4, p. 632-646, 2017.
- SILVA, J. P.V. *et al.* *Moringa oleifera* oil: studies of characterization and biodiesel production. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 10, p. 1527-1530, 2010.
- DINESHA, B. L. *et al.* Effect of extraction methods on physicochemical, nutritional, antinutritional, antioxidant and antimicrobial activity of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) seed kernel oil. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 10, n. 1, p. 287-295, 2018.
- DINICOLANTONIO, J. J.; O'KEEFE, J. H. Effects of dietary fats on blood lipids: a review of direct comparison trials. **Open Heart**, v. 5, n. 2, p.71, 2018.
- DOLLAH, S. *et al.* Physicochemical properties and potential food applications of *Moringa oleifera* seed oil blended with other vegetable oils. **Journal of Oleo Science**, p. 13235, 2014.
- DOU, H.; KISTER, J. Research and development on *Moringa oleifera*—Comparison between academic research and patents. **World Patent Information**, v. 47, p. 21-33, 2016.
- EILANDER, A.; HARIKA, R. K.; ZOCK, P. L. Intake and sources of dietary fatty acids in Europe: Are current population intakes of fats aligned with dietary recommendations. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, n. 9, p. 1370-1377, 2015.
- FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. **Trees for Life Journal**, v. 1, n. 5, p. 1-15, 2005.
- FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v. 64, p. 171-181, 2014.
- FAO, WHO. Report of the 21st session of the codex alimentarius committee on fats and oils. **Malaysia: Kola kinabala**, 2009.

- GAO, J. *et al.* Vitamin E supplementation alleviates the oxidative stress induced by dexamethasone treatment and improves meat quality in broiler chickens. **Poultry science**, v. 89, n. 2, p. 318-327, 2010.
- GERMAN, J. B.; DILLARD, C. J. Composition, structure and absorption of milk lipids: a source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 1, p. 57-92, 2006.
- GUPTA, M. K. **Practical guide to vegetable oil processing**. Champaign, IL, USA: AOCS Press, 2017.
- HOFER, U. The cost of antimicrobial resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 17, n. 1, p. 3-3, 2019.
- IBRAHIM, N. *et al.* The effect of growing place on the oil quality and antioxidant activity of kelor (*Moringa oleifera* lamk) seed. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, p. 012036, 2021.
- IRANLOYE, Y. M. *et al.* Potentials of moringa (*Moringa oleifera*) seed oil in enhancing the nutritional quality and stability of soybean oil. **Agrosearch**, v. 20, n. 1, p. 59-68, 2020.
- JENSEN, C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSEN, G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 2, p. 62-72, 1998.
- LENNETTE, E. M. *et al.* **Manual of Clinical Microbiology**. 3rd ed. Washington DC: American Society for Microbiology, p. 88-109, 1980.
- LEONE, A. *et al.* Moringa oleifera seeds and oil: Characteristics and uses for human health. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 12, p. 2141, 2016.
- LESHCHINSKY, T. V.; KLASING, K. C. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 80, n. 11, p. 1590-1599, 2001.
- LESKOVEC, J. *et al.* Antioxidative effects of supplementing linseed oil-enriched diets with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination on carcass and meat quality in broilers. **Poultry Science**, 2019.
- LI, Y. *et al.* γ -Carboxyethyl hydroxychroman, a metabolite of γ -tocopherol, preserves nitric oxide bioavailability in endothelial cells challenged with high glucose. **Experimental Biology and Medicine**, v. 241, n. 18, p. 2056-2062, 2016.
- LIU, Q.; LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3131-3140, 1995.
- LOPEZ-HUERTAS, E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. **Pharmacological Research**, v. 61, n. 3, p. 200-207, 2010.
- MAHMOOD, K. T.; MUGAL, T. HAQ, I. U. 1. Moringa oleifera: a natural gift-A review. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 2, n. 11, p. 775, 2010.
- MAIORANO, G. *et al.* The effect of dietary energy and vitamin E administration on performance and intramuscular collagen properties of lambs. **Meat Science**, v. 76, n. 1, p. 182-188, 2007.

MANI, S.; JAYA, S.; VADIVAMBAL, R. Optimization of solvent extraction of Moringa (*Moringa oleifera*) seed kernel oil using response surface methodology. **Food and Bioproducts Processing**, v. 85, n. 4, p. 328-335, 2007.

MOHAMMADPOUR, H. *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of Moringa peregrina oil with response surface methodology and comparison with Soxhlet method. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 106-116, 2019.

NADEEM, M.; IMRAN, M. Promising features of Moringa oleifera oil: recent updates and perspectives. **Lipids in Health and Disease**, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2016.

NCCLS, Clinical and Laboratory Standards Institute Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests: approved standard. **NCCLS document M2-A8-Wayne**, Pennsylvania, 2003.

OGUNSINA, B. S. *et al.* Quality characteristics and stability of Moringa oleifera seed oil of Indian origin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 3, p. 503-510, 2014.

PATEL, S. *et al.* Moringa oleifera: a review of there medicinal and economical importance to the health and nation. **Drug Invention Today**, v. 2, n. 7, p. 339-342, 2010.

PELLISSARI, G. P.; PIETRO, R. C. L. R.; MOREIRA, R. R. D. Atividade antibacteriana do óleo essencial de *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC., Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, p. 70-74, 2010.

PEREIRA, F. S. G. *et al.* Produção de biodiesel metílico com óleo purificado de Moringa oleifera lamarck. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 873-888, 2016.

PÉREZ-PÉREZ, V. *et al.* Evaluation of acute toxicity and chemical composition of refined oil Moringa oleifera cultivated in Mexico. **TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas**, v. 23, 2020.

PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2012.

PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; SOGLIA, F.; *et al.* Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363-374, 2015.

POMPEU, M. A.; CAVALCANTI, L. F. L.; TORAL, F. L. B. Effect of vitamin E supplementation on growth performance, meat quality, and immune response of male broiler chickens: a meta-analysis. **Livestock Science**, v. 208, p. 5-13, 2018.

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

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. ed. Viçosa - MG, 2017.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2 ed. Viçosa: UFV, 473p, 2017.

SALES, J.; KOUKOLOVÁ, V. Dietary vitamin E and lipid and color stability of beef and pork: Modeling of relationships. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 9, p. 2836-2848, 2011.

SÁNCHEZ-MACHADO, D. I. et al. Effect of the refining process on Moringa oleifera seed oil quality. **Food Chemistry**, v. 187, p. 53-57, 2015.

SELIM, N. A. *et al.* Evaluations of some natural antioxidant sources in broiler diets: 1-effect on growth, physiological and immunological performance of broiler chicks. **Int. J. Poult. Sci**, v. 12, p. 561-571, 2013.

SUAREZ, M. *et al.* L., Bourquin, J. Sutherland, I. Marison, P. Moreillon & N. Mermoud“Expression of a plant-derived peptide harboring water-cleaning and antimicrobial activities,”. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 81, p. 13-20, 2003.

SURYADEVARA, V. *et al.* Formulation and evaluation of anti-inflammatory cream by using Moringa oleifera seed oil. **Pharmacognosy Research**, v. 10, n. 2, 2018.

TALREJA, T. Screening of crude extract of flavonoids of Moringa oleifera against bacteria and fungal pathogen. **Journal of Phytology**, v. 2, n. 11, 2010.

TRABER, M. G.; COHN, W.; MULLER, D. P. R. Absorption, transport and delivery to tissues. **Vitamin E in health and disease**, p. 35-51, 1993.

TSAKNIS, J.; LALAS, S. Stability during frying of Moringa oleifera seed oil variety “Periyakulam 1”. **Journal of food composition and analysis**, v. 15, n. 1, p. 79-101, 2002.

VIDOVIC, N.; VIDOVIC, S. Antimicrobial resistance and food animals: Influence of livestock environment on the emergence and dissemination of antimicrobial resistance. **Antibiotics**, v. 9, n. 2, p. 52, 2020.

WEI, C-C. *et al.* Antioxidative activities of both oleic acid and Camellia tenuifolia seed oil are regulated by the transcription factor DAF-16/FOXO in Caenorhabditis elegans. **PloS one**, v. 11, n. 6, p. e0157195, 2016.

WU, J-C. *et al.* Pollen mediated gene flow in a small experimental population of Moringa oleifera Lam(Moringaceae). **Industrial Crops and Products**, v. 117, p. 28-33, 2018.

ZHAO, Y. *et al.* Antibiotic resistome in the livestock and aquaculture industries: Status and solutions. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 51, n. 19, p. 2159-2196, 2021.

CAPÍTULO 2

Óleo da semente de moringa e seus efeitos sobre a bioquímica sérica, peso dos órgãos e morfologia intestinal de frangos de corte.

RESUMO

O óleo da semente de moringa tem um excelente aporte nutricional, devido à presença de compostos bioativos, vitamina E, proteína, minerais e ácidos graxos monoinsaturados que possuem diversas atividades e funções no organismo animal que contribuem para alimentação de frangos de corte. Diante disso, objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos do óleo da semente de moringa sobre o peso dos órgãos, bioquímica sérica e morfologia intestinal de frangos de cortes. Para tanto, foram utilizados 360 frangos de corte, machos, da linhagem Cobb 500, no período de 1 a 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e seis repetições com 10 aves. Foram formuladas seis dietas, sendo uma ração denominada de controle negativo (0,05% de inerte) e outra de controle positivo (0,05% de bacitracina de zinco) e as demais rações com inclusões de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% de óleo da semente de moringa (OSM) em substituição ao óleo de soja. Observou-se que o peso e comprimento dos órgãos não apresentaram diferenças significativas para as rações-controle e os demais níveis do OSM. Quanto aos parâmetros bioquímicos, foram observadas diferenças significativas para o colesterol total (COL), em que foram encontrados maiores teores para o nível de 1% OSM, para a lipoproteína de alta densidade (HDL) o nível de 0,25% OSM, e para a lipoproteína de baixa densidade (LDL) o nível de 0,50% OSM, com relação ao controle negativo. Para alanina aminotransferase (ALT) foi observada que a ração controle negativa apresentou maior teor dessa enzima do que os demais tratamentos, enquanto os triglicerídeos totais (TGC) e a enzima aspartato aminotransferase (AST) não diferiram. Com relação aos parâmetros histomorfométricos do intestino delgado, precisamente o duodeno, para a altura de vilos (AV) constatou-se que o nível de 0,75% OSM apresentou melhor resultado do que os controles. Foi observado, também, efeito positivo para o comprimento de mucosa (CM) ao nível de 0,25% OSM com relação ao controle negativo. O jejuno, por sua vez, o nível de 1% OSM apresentou resultados melhores do que os controles para a altura de vilos (AV) e para a relação altura de vilos: profundidade de cripta (V:L) e o comprimento de mucosa (CM) foram observadas diferenças apenas para o controle positivo. Ademais, estimou-se, também, os níveis ótimos do OSM para o segmento do jejuno, como relação aos parâmetros significativos, nos quais notou-se para a AV (médio) de 1747,5 μm foi estimado um nível ótimo de 0,39. Para a relação V:L (médio) de 7,73 μm , um nível ótimo de 0,71 OMS, enquanto para o íleo não foram observadas diferenças para os parâmetros estudados. Para bioquímica sérica observou-se que para o COL médio de 185,1 mg/dl foi estimado 0,32 como o nível ótimo OSM e para a enzima ALT, observou-se o valor médio de 12,60 U/L para um nível ótimo de 0,826 de OSM. Contudo, a inclusão de 1% do óleo de semente de *Moringa oleífera* não afetou a biometria dos órgãos estudados, porém, quanto aos parâmetros bioquímicos, influenciou negativamente o COL e positivamente a enzima ALT, assim como melhorou as características histomorfológicas intestinais, como AV, V:C e CM dos frangos de corte de 1 a 21 dias.

Palavras-chave: Histomorfometria intestinal; Nutrição funcional; Metabolismo lipídico Avicultura; *Moringa oleífera*.

ABSTRACT

Moringa seed oil has an excellent nutritional contribution, due to the presence of bioactive compounds, vitamin E, protein, minerals and monounsaturated fatty acids that have different activities and functions in the animal organism that contribute to the feeding of broilers. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects of moringa seed oil on organ weight, serum biochemistry and intestinal morphology of broilers. For this purpose, 360 male broilers of the Cobb 500 strain were used, from 1 to 21 days of age, distributed in a completely randomized design, with 6 treatments and 6 replications with 10 birds. Six diets were formulated, being a ration called negative control (0.05% of inert) and another one of positive control (0.05% of zinc bacitracin) and the other rations with inclusions of 0.25%, 0.50 %, 0.75% and 1% of moringa seed oil (OSM) to replace soybean oil. It was observed that the weight and length of the organs did not present significant differences for the control diets and the other levels of OSM. As for the biochemical parameters, significant differences were observed for total cholesterol (COL), where higher levels were found for the level of 1% OSM, for high-density lipoprotein (HDL) the level of 0.25% OSM and for the low-density lipoprotein (LDL) level of 0.50% OSM, with respect to the negative control. For alanine aminotransferase (ALT), it was observed that the negative control diet had a higher content of this enzyme than the other treatments. While total triglycerides (TGC) and the enzyme aspartate aminotransferase (AST) did not differ. Regarding the histomorphometric parameters of the small intestine, precisely the duodenum, for the villus height (AV) it was found that the level of 0.75% OSM presented better results than the controls. A positive effect was also observed for the length of the mucosa (MC) at the level of 0.25% OSM in relation to the negative control. The jejunum, in turn, at the 1% OSM level showed better results than the controls for villus height (AV) and villus height: crypt depth (V:L) and mucosa length (CM) differences were observed only for the positive control. Furthermore, the optimal levels of OSM for the jejunum segment were also estimated, in relation to the significant parameters, in which it was noted for the AV (mean) of 1747.5 μm , an optimal level of 0.39 was estimated. For the V:L ratio (mean) of 7.73 μm , an optimal level of 0.71 OMS, while for the ileum no differences were observed for the parameters studied. For serum biochemistry, it was observed that for the average COL of 185.1 mg/dl, 0.32 was estimated as the optimal OSM level and for the ALT enzyme, the average value of 12.60 U/L was observed for a level optimum of 0.826 of OSM. However, the inclusion of 1% of *Moringa oleifera* seed oil did not affect the biometry of the organs studied, however, regarding the biochemical parameters, it negatively influenced the COL and positively the ALT enzyme. As well, it improved intestinal histomorphological characteristics, such as AV, V:C and CM of broilers from 1 to 21 days.

Keywords: Intestinal histomorphometry; Functional nutrition; Poultry lipid metabolism; *Moringa oleifera*.

1 INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, têm-se pesquisado sobre a utilização de substâncias naturais, que contêm compostos extraídos de plantas medicinais, com efeitos benéficos no desempenho, produção e melhoria na saúde intestinal. Esses materiais vêm sendo utilizados de diversas maneiras, como plantas inteiras, partes de plantas, sementes e seus óleos (STEVANOVIC *et al.*, 2018), com intuito de promover efeitos positivos sobre os parâmetros de desempenho, consumo de ração, ganho de peso, metabolismo e eficiência alimentar, melhorias na absorção de nutrientes e na morfologia intestinal de frangos de corte. Desde então, vários compostos alimentares vêm sendo estudados com o objetivo de melhorar a eficácia da absorção intestinal (PELICANO *et al.*, 2005; SONG *et al.*, 2019), visto que o desempenho e o crescimento dos frangos de cortes estão estritamente relacionados com a saúde do trato gastrointestinal em termos de imunidade intestinal, microbiota favorável, eficiência na digestão e absorção de nutrientes.

Sob essa ótica, temos óleos funcionais, definidos como óleos que possui alguma atividade além do seu conteúdo energético ou valor nutricional (MURAKAMI; EYNG; TORRENT, 2014), que pode variar de acordo com o tipo de óleo e composto presente, como atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória. O efeito antimicrobiano é semelhante aos ionóforos que exercem função de inibir enzimas que causam resistências a determinadas cepas bacterianas, que atuam também como anti-inflamatório e antioxidantes (OLIVEIRA, 2014).

Neste contexto encontra-se o óleo da semente de moringa, que vem sendo amplamente pesquisado devido às suas inúmeras propriedades, tais como boa qualidade e excelente perfil nutricional, alta resistência oxidativa, sendo menos susceptível à rancificação (PEREIRA *et al.*, 2016), além de vários benefícios, como atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, devido à presença dos compostos bioativos (DINESHA *et al.*, 2018). Ademais, possui atividade antimicrobiana demonstradas nas pesquisas frente a uma diversidade de microrganismos patogênicos, pela presença de compostos fenólicos, como relatado por Amina *et al.* (2019) - 14 compostos fenólicos; El-Sayed *et al.* (2017), o que o torna interessante para utilização como nas dietas de frangos de corte.

Contudo, diante do exposto e da escassez de estudos relacionados à utilização do óleo da semente de moringa e ação dos seus compostos na produção avícola, objetivou-se avaliar

os efeitos desses compostos sobre o peso dos órgãos, parâmetros bioquímicos e morfologia intestinal de frangos de cortes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO

O óleo foi produzido por uma agroindústria a partir do cultivo de sementes de *Moringa oleífera*, as quais foram colhidas no município de Touros no estado do Rio Grande Norte, onde as sementes foram trituradas, prensadas e posteriormente resfriadas para obtenção do óleo.

2.2 EXPERIMENTO DE CAMPO

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no município de Recife-PE, aprovado pelo comitê de ética para uso de animais local, protocolado sob o número 7180030221. Para a realização do experimento, foram utilizados 360 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 no período de 1 a 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, seis repetições com 10 aves por parcela. Foram formuladas seis dietas, sendo uma ração sem adição de antibiótico denominado controle negativo (0,05% de inerte) e outra ração denominada de controle positivo com a adição de antibiótico (0,05% de bacitracina de zinco). As demais rações foram formuladas com inclusões de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% de óleo da semente de moringa (OSM) em substituição ao óleo de soja. As dietas foram formuladas com base nas recomendações das tabelas de composição de alimentos segundo Rostagno *et al.* (2017), de acordo com as exigências nutricionais de frangos de corte de desempenho médio-superior, nos períodos de 1 a 7 dias e de 8 a 21 dias (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 1-7 dias

Alimentos	Níveis do óleo de semente de moringa					
	Controle Negativo	Controle Positivo	0,25%	0,50%	0,75%	1%
Milho	53,860	53,860	53,860	53,860	53,860	53,860
Farelo de soja	40,452	40,452	40,452	40,452	40,452	40,452
Óleo de soja	2,000	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000
Óleo de moringa	0	0	0,250	0,500	0,750	1,000
Calcário	1,094	1,094	1,094	1,094	1,094	1,094
Sal comum	0,323	0,323	0,323	0,323	0,323	0,323
Fosfato bi cálcico	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961
DL- Metionina	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332
HCL-Lisina	0,303	0,303	0,303	0,303	0,303	0,303
L- Treonina	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
Cloreto de colina (60%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Bicarbonato de sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Inerte	0,050	0	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina	0	0,050	0	0	0	0
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Fitase	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total (%)	100	100	100	100	100	100
Nutrientes						
Energia metabolizável	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Proteína bruta	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
Lisina digestível	1,366	1,366	1,366	1,366	1,366	1,366
Metionina digestível	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548
Treonina digestível	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882
Met+ cistina digestível	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
Colina	1,143	1,143	1,143	1,143	1,143	1,143
Sódio	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227
Potássio	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603
Cloro	1,011	1,011	1,011	1,011	1,011	1,011
Fósforo disponível	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
Ácido linoleico	2,351	2,351	2,351	2,351	2,351	2,351

¹Suplemento vitamínico. (Níveis de garantia por Kg do produto). Vit A 9.000.000 UI, Vit D3 2.500.000 UI, Vit E 20.000 mg, Vit K3 2.5000 mg, Vit B1 2.000 mg, Vit B2 6.000 mg, Vit B6 3.000 mg, Vit B12 15.000 µg, Ácido Pantotênico 12 mg, Ácido Fólico 1.500 mg, Ácido nicotínico:35 g, Biotina 100 mg. ²Suplemento mineral. (Níveis de garantia por Kg do produto). Manganês 130.000 mg, Zinco 130.000 mg, Ferro 100.000 mg, Cobre 20.000 mg, Iodo 2.000 mg, Selênio 250 g. Número de Mogin: 251,06 mEq/kg

Tabela 2- Composição nutricional das dietas de frangos de corte de 8-21 dias

Alimentos	Níveis do óleo da semente de moringa					
	Controle negativo	Controle positivo	0,25%	0,50%	0,75%	1%
Milho	53,405	53,405	53,405	53,405	53,405	53,405
Farelo de soja	39,864	39,864	39,864	39,864	39,864	39,864
Óleo de soja	3,500	3,500	3,250	3,000	1,750	2,500
Óleo de moringa	0	0	0,250	0,500	0,750	1,000
Calcário	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
Sal comum	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309
Fosfato bicálcico	0,698	0,698	0,698	0,698	0,698	0,698
DL- Metionina	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317
HCL-Lisina	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
L- Treonina	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
Cloreto de colina (60%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Bicarbonato de sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,15	0,150
Premix vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Inerte	0,050	0	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina	0	0,050	0	0	0	0
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Fitase	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total (%)	100	100	100	100	100	100
Nutrientes						
Energia metabolizável	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína bruta	21,93	21,93	21,93	21,93	21,93	21,93
Lisina digestível	1,306	1,306	1,306	1,306	1,306	1,306
Metionina digestível	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
Treonina digestível	0,862	0,862	0,862	0,862	0,862	0,86
Met+ cistina digestível	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Colina	1,127	1,127	1,127	1,127	1,127	1,127
Sódio	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Potássio	0,608	0,608	0,608	0,608	0,608	0,608
Cloro	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Fósforo disponível	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432
Ácido linoleico	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093

¹Suplemento vitamínico. (Níveis de garantia por Kg do produto). Vit A 9.000.000 UI, Vit D3 2.500.000 UI, Vit E 20.000 mg, Vit K3 2.5000 mg, Vit B1 2.000 mg, Vit B2 6.000 mg, Vit B6 3.000 mg, Vit B12 15.000 µg, Ácido Pantotênico 12 mg, Ácido Fólico 1.500 mg, Ácido nicotínico:35 g, Biotina 100 mg. ²Suplemento mineral. (Níveis de garantia por Kg do produto). Manganês 130.000 mg, Zinco 130.000 mg, Ferro 100.000 mg, Cobre 20.000 mg, Iodo 2.000 mg, Selênio 250 g. Número de Mogin: 248 mEq/kg.

As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria e distribuídas em gaiolas metálicas com dimensões 1 × 1 m, com piso revestido de lona preta coberto por maravalha. As gaiolas foram equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple, sendo a água e ração fornecidas *ad libitum*. Durante todo o período experimental foram coletados dados climatológicos no galpão, como temperatura e umidade relativa para a caracterização do ambiente, mensurados por meio de um termo-higrômetro digital, disposto no meio da instalação. Nessas condições foram obtidas as seguintes médias: 30,9 °C de temperatura e

67% de umidade relativa na fase pré-inicial, 28,3°C de temperatura e 74,71% de umidade relativa na fase inicial.

2.3 ANÁLISE BIOQUÍMICA

Para a coleta de sangue, 36 frangos de corte (1 ave por repetição) foram submetidos a um jejum de 8 horas. A coleta foi realizada por punção da veia jugular em frascos de vacutainer® com ativador de coágulo. As amostras do soro sanguíneo foram, então, separadas por centrifugação de baixa velocidade e a determinação dos níveis de colesterol total (COL), triglicerídeos (TGC), lipoproteína de alta densidade (HDL) e lipoproteína de baixa densidade (LDL), das enzimas do fígado a AST (aspartato aminotransferase) e a ALT (alanina aminotransferase) foram realizadas pelo método enzimático colorimétrico utilizando-se kits comerciais (bioclin e *in vitro*), de acordo com as recomendações dos fabricantes, com leitura em espectrofotômetro (Modelo doles D-250).

2.4 HISTOMORFOMETRIA INTESTINAL

No final do período experimental, aos 21 dias, 1 ave por repetição foi selecionada por meio do peso médio e submetidas ao abate por deslocamento cervical. Os órgãos foram pesados e posteriormente foram retiradas amostras de 3 cm do duodeno, jejuno e íleo, as quais foram coletadas, lavadas em solução salina e imersas em formol tamponado a 10%. Posteriormente, foram desidratados em uma série crescente de álcoois (70, 80, 90 e 100%), imersos em xilol e embebidos em parafina. As lâminas foram montadas com secção de 5µm e coradas com hematoxilina-eosina. Fotomicrografias foram realizadas e as imagens foram analisadas com o software Imagem 55 J (ABRAMOFF; MAGALHAES; RAM, 2004). A altura das vilosidades foi medida a partir do seu ápice para a região basal, e a profundidade da cripta medida desde a base da cripta até a base das vilosidades. A relação vilo:cripta foi calculada pela razão entre vilosidades e criptas; a largura do vilo foi medida desde o topo de um enterócito, incluindo os microvilos até o topo dos enterócitos do lado oposto. Já o comprimento da mucosa foi medido desde a base da mucosa ao ápice do vilo.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados quanto aos princípios de normalidade do erro e homogeneidade das variâncias, por meio da utilização do software SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2). Foram realizadas as análises das variáveis de peso dos órgãos,

bioquímica sérica, histomorfometria intestinal, dos frangos de corte de 1 a 21 dias. De acordo com modelos estatísticos broken line e broken line com duas inclinações, respectivamente, conforme as equações abaixo:

$$Y = \alpha + \gamma * (\Omega - x)$$

$$Y = \alpha + \gamma * (\Omega - x)^2$$

em que Y é a variável independente, α é a resposta máxima do modelo, γ é a inclinação até o ponto de ruptura do modelo, Ω é o nível ótimo, v é a segunda inclinação e x é o consumo de OSM. Para as comparações entre as médias foram utilizados dois testes de Dunnett a 0,05% de significância. Além disso, também foi realizado um método para estimar o intervalo de confiança baseado no Bootstrap com 200 observações de remostragem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Biometria dos órgãos

Para as variáveis da biometria dos órgãos não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos estudados (Tabela 3).

Tabela 3- Peso relativo e comprimento dos órgãos de frangos de corte machos, de 1 a 21 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de moringa

TRATAMENTO	VARIÁVEIS							
	PI (g)	CI (g)	PC (g)	CC (g)	PF (g)	PP (g)	PB (g)	BF (g)
0-	69,12	152,8	1,096	12,17	36,84	2,86	1,08	1,33
0+	68,12	149,8	1,092	12,91	27,86	2,87	1,35	2,10
0,25%	70,80	156,6	1,142	16,83	33,41	3,19	1,34	1,57
0,50%	69,46	157,1	1,135	17,8	28,97	3,12	1,37	2,09
0,75%	68,73	151,8	1,149	20,83	32,24	3,20	1,50	1,96
1%	63,56	146,5	1,148	16,0	31,93	3,05	1,26	1,43
MÉDIA	65,80	152,4	1,127	16,11	21,25	3,05	1,32	1,75
SEM	1,50	2,31	0,01	1,37	0,91	0,08	0,06	0,157
P-VALOR ¹	0,26	0,34	0,13	0,14	0,56	0,28	0,25	0,51

¹ P-valor para equação de broken line. PI= Peso do Intestino, CI= Comprimento do Intestino delgado, PC= Peso do Ceco, CC= Comprimento do Ceco, PF= Peso do Fígado, PP= Peso do Pâncreas, PB= Peso do Baço, BF= Peso da Bursa de Fabricius.

3.1.2 Análises bioquímicas

Tabela 4- Parâmetros bioquímicos de frangos de cortes alimentados com o óleo da semente de moringa no período de 1 a 21 dias de idade

RATAMENTO	VARIÁVEIS					
	COL ² (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	TGC (mg/dl)	AST (U/L)	ALT ² (U/L)
0-	172,95	102,02	12,23	17,56	13,20	17,83
0+	196,16	105,38	14,61	10,76	12,27	9,13*
0,25%	197,30	151,47*	14,40	15,23	11,72	10,88*
0,50%	202,33	105,76	17,43*	15,13	13,28	9,91*
0,75%	222,25	117,59	15,19	13,69	14,95	11,80*
1%	244,80*	132,97	11,13	11,08	8,89	7,21*
MÉDIA	205,96	115,92	14,16	13,91	12,38	11,13*
SEM	6,776	4,773	0,610	0,867	0,797	0,810*
P-VALOR ¹	0,006	0,74	0,19	0,1030	0,2870	0,001

*comparações significativas para controle negativo, **comparações significativas para controle positivo
 ***comparações significativas para ambos os controles ($p \leq 0,05$). ¹ P-valor para equação de broken line, U/L= Miligrama por decilitro (mg/dl) ou microlitro por litro (milímetro cúbico) mL/L. COL: Colesterol Total, HDL: Lipoproteína de Alta Densidade; LDL: Lipoproteína de Baixa Densidade, TGC: Triglicérides, AST: Aspartato Aminotransferase, ALT: Alanina Aminotransferase² Equações: COL=185,1-84,93*(0,302-X)², ALT=12,60+31,13*(0,826-X)².

Para os parâmetros bioquímicos, pode-se observar que o nível de 1% do óleo da semente de moringa (OSM) apresentou diferenças significativas com relação ao controle negativo, apresentando um maior teor de colesterol total. Já para as frações de colesterol, observa-se que para o HDL o nível de 0,25% OSM apresentou maior teor do que o controle negativo. E para LDL, o nível de 0,5% OSM diferiu significativamente da ração controle negativa, apresentando maior teor. Com relação a enzima ALT, houve diferenças significativas, em que o controle positivo apresentou valores mais elevados do que todos os tratamentos estudados. Com relações as variáveis TGC e AST não houve diferenças significativas com relação aos controles.

3.1.3 Histomorfometria do intestino delgado

Com relação aos parâmetros histomorfométricos analisados nos segmentos do intestino delgado dos frangos de corte de 1 a 21 dias, precisamente o duodeno, foi observado que para as variáveis profundidade de cripta (PC) e largura do vilão (LV) não foram constatados efeitos significativos quando comparamos os tratamentos-controle (0+ e 0-) com os demais níveis do óleo da semente de moringa (Tabela 5). Entretanto, observou-se diferença significativa para o comprimento de mucosa (CM) ao nível de 0,25% do óleo da semente de

moringa com relação ao controle negativo (0-). Quanto à altura de vilo (AV), constatou-se que o nível de 0,75% de óleo da semente de moringa apresentou diferenças significativas com relação tanto ao controle positivo e ao controle negativo.

Avaliando a segunda porção do intestino delgado, denominada de jejuno, foi observado que para AV, V:C e CM o nível de 1% do óleo da semente de moringa diferiu significativamente da ração controle positiva, apresentando os melhores resultados para os parâmetros estudados (Tabela 5). Com relação à PC e LV não foram constatadas diferenças significativas para os tratamentos. Além disso, houve também a estimativa dos níveis ótimos do óleo da semente de moringa para o segmento do jejuno, com relação aos parâmetros de AV e de relação V:C.

Para o segmento do íleo não foram observadas diferenças significativas para as variáveis AV, PC, V:C, LV e CM, ao analisarmos as rações controle positiva (0+) e controle negativa (0-) em relação aos demais tratamentos contendo os níveis do óleo da semente de moringa (0,25%, 0,50%, 0,75%, 1%) (Tabela 6).

Tabela 5- Histomorfometria dos segmentos do duodeno e jejuno de frangos de corte machos de 1 a 21 dias alimentado com dietas contendo níveis do óleo da semente de moringa

TRATAMENTO	DUODENO					JEJUNO				
	AV (μm)	PC (μm)	V:C (μm)	LV (μm)	CM (μm)	AV ² (μm)	PC (μm)	V:C (μm)	LV (μm)	CM ² (μm)
0-	2488,7	266,9	10,2	319,4	1856,1	1658,5	203,5	8,15	265,9	1941,6
0+	2364,0	254,0	9,48	294,5	2597,2	1588,1	204,8	7,76	224,6	1697,1
0,25%	2938,8	250,6	12,1	301,1	3193,6*	1714,9	239,6	7,22	253,8	1965,4
0,50%	2746,8	263,0	10,4	315,2	3001,7	1655,6	212,5	7,84	237,5	1876,6
0,75%	3103,9***	281,6	11,3	313,9	2779,1	1575,4	206,0	7,77	255,7	1770,3
1%	2261,0	250,5	9,12	295,4	2564,4	2011,4***	210,0	9,06**	245,5	2248,9**
MÉDIA	2276,5	261,1	10,4	306,6	2665,3	1700,6	212,7	7,96	204,5	1916,6
SEM	87,59	8,93	0,53	10,48	178,0	38,50	4,29	0,20	6,43	5,93
P-VALOR ¹	0,1429	0,95	0,33	0,88	0,07	0,01	0,52	0,001	0,64	0,438

*comparações significativas para controle negativo, **comparações significativas para controle positivo ***comparações significativas para ambos os controles ($p \leq 0,05$). ¹ P-valor para equação de broken line. AV=Altura de vilo, PC=Profundidade de Cripta, V:C= Relação Altura de vilo: Profundidade de cripta, LV= largura da Vilo, CM=Comprimento da mucosa. α =resposta máxima ao modelo, γ =inclinação até o ponto de ruptura do modelo, Ω = estimativa do nível ótimo. ² Equações: Jejuno AV=1747,5-224,7*(0,39-X), V:C= 7,73+22,39*(0,71-X)².

Tabela 6- Histomorfometria do segmento do íleo de frangos de corte machos de 1 a 21 dias alimentados com dietas contendo níveis do óleo da semente de moringa

TRATAMENTO	ÍLEO				
	AV (μm)	PC (μm)	V:C (μm)	LV (μm)	CM (μm)
0-	1482,6	220,7	6,83	244,1	1641,7
0+	1377,1	195,4	7,10	224,1	1612,4
0,25%	1476,8	172,2	8,67	240,2	1402,5
0,50%	1530,3	191,6	8,35	287,0	1734,3
0,75%	1411,7	227,1	6,42	224,6	1622,6
1%	1584,3	180,3	8,84	203,7	1765,4
MÉDIA	1477,1	197,8	7,70	237,3	1632,8
SEM	39,68	5,72	0,31	9,69	54,07
P-VALOR ¹	0,82	0,88	0,40	0,96	0,14

¹P-valor para equação de broken line. AV=Altura de vilo, PC=Profundidade de Cripta, V:C= Relação Altura de vilo: Profundidade de cripta, LV= largura da Vilo, CM=Comprimento da mucosa.

3.2 DISCUSSÃO

3.2.1 Biometria dos órgãos

A biometria dos órgãos do sistema digestivo, como peso do fígado, pâncreas, baço, peso da Bursa de Fabricius e o comprimento do intestino e do ceco não apresentaram diferenças significativas. Com isso, observa-se há ausência da influência dos nutrientes e compostos bioativos presentes no óleo sobre os tratamentos estudados, visto que não houve mudanças nos parâmetros biométricos dos frangos de corte. Isso indica que provavelmente o óleo da semente de moringa pesquisado possui baixas quantidades de compostos antinutricionais, dentre eles: taninos, saponinas e fitatos. O que corroboram com os resultados da literatura (DINESHA *et al.*, 2018). Essa característica pode ser considerada positiva, já que os compostos antinutricionais (BUREL; MEDÁLE, 2014) podem afetar negativamente a digestão, absorção, metabolismo dos nutrientes (DIOUF *et al.*, 2019; SOETAN, 2008; WELCH; GRAHAM, 2004) e indiretamente o peso e comprimento dos órgãos estudados. Dessa forma, a utilização do óleo da semente de moringa ao nível de até 1% nas rações de frangos de corte machos de 1 a 21 dias não influenciam negativamente a biometria dos órgãos.

3.2.2 Bioquímica sérica

Analisando-se a influência do óleo da semente de moringa (OSM) sobre a bioquímica sérica dos frangos de corte, de 1 a 21 dias, é possível observar que o nível de 1% do óleo da semente de moringa (OSM) apresentou maior teor de colesterol total do que a ração controle negativa, contendo somente o óleo de soja. Segundo González (2001), o colesterol dos

frangos de corte aos 21 dias está em torno de 95,6 a 131,2 mg/dl, diferente do que foi observado neste estudo, que apresentou valores acima para todos os tratamentos. Porém, observa-se que para as frações que compõe o colesterol sérico, como o HDL, em que menor nível do OSM (0,25%) apresentou melhor resultado do que a ração controle negativo (só óleo de soja) e o LDL, em que o nível de 0,5% apresentou maior valor do que a ração controle negativo. Isso pode ser justificado pelo fato de o OSM apresentar em seu perfil lipídico mais de 70% de ácido oleico, responsáveis por atividades hipocolesterêmicas, por estar associado à diminuição da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e, possivelmente, ao aumento da fração de lipoproteína de alta densidade (HDL) (NADEEM; IMRAN, 2016). Ademais são relatadas atividades antioxidantes pela presença de compostos bioativos, dentre eles: o β -sitosterol que representa 47,17% da fração esterólica do óleo que também atua sobre as frações do colesterol e dos triglicerídeos totais (ABUMWEIS; BARAKE; JONES, 2008; RAS; GELERIJNSE; TRAUTWEIN, 2014; LEONE *et al.*, 2016).

Associado a isso, temos que óleos que contêm altas quantidades de ácidos oleico, como o azeite de oliva, melhoram as funções hepática e renal, acompanhadas por uma redução de estresse oxidativo hepático, reduzindo os ácidos graxos saturados não esterificados no plasma, devido ao aumento da oxidação e incorporação hepática e adiposa. Também há o aumento da expressão do RNAm do CPT-1A e da proteína UCP-2 no tecido adiposo, ambos relacionados ao aumento da oxidação de lipídeos, favorecendo o ambiente anti-inflamatório e a capacitação de ácidos graxos plasmáticos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013). Além disso, há relatos na literatura da atividade hepatoprotetora do óleo, devido a sua atividade anti-inflamatória (OGUNSINA *et al.*, 2011), o que corrobora para explicar os menores níveis da enzima alanina aminotransferase (ALT), nos tratamentos com os níveis no óleo da semente de moringa, já que essa enzima está relacionada ao metabolismo hepático dos animais.

Com relação às estimativas dos níveis ótimos do óleo, observou-se para o colesterol médio de 185,1 mg/dl foi estimado 0,32 como o nível ótimo do óleo da semente de moringa (OSM) e, para a enzima ALT, observou-se o valor médio de 12,60 U/L para um nível ótimo de 0,826 de OSM.

3.2.3 Histomorfometria do intestino delgado

Em frangos de corte, o intestino delgado possui três segmentos, denominados de duodeno, jejuno e íleo, que desempenham um papel central na digestão e absorção dos nutrientes dos alimentos. Com isso, um melhor desenvolvimento do intestino delgado leva a

uso aprimorado de nutrientes, diretamente correlacionado com a melhor taxa de crescimento (GAO, 2008; AMER *et al.*, 2021). Tal desenvolvimento intestinal é avaliado principalmente usando a altura das vilosidades (AV), profundidade da cripta (PC) e alta relação (AV:PC), que significa mucosa intestinal capacitada para alta eficácia digestiva/absortiva. Com isso, maior altura de vilosidade reflete maior superfície de contato, número de enterócitos e células enteroendócrinas (maior expressão de enzimas) e criptas mais profundas refletem maior intensidade de renovação celular de vilosidades ou da mucosa intestinal, que levam a maior área de superfície da mucosa e maior eficiência digestiva em frangos de corte (ZEITZ *et al.*, 2015; AMER *et al.*, 2021).

Dentro desse contexto foi observado no duodeno e jejuno um aumento na altura do vilosidade, para os níveis de 0,75% e 1% do OSM, respectivamente. Esse aumento na altura das vilosidades está diretamente correlacionado com aumento epitelial da renovação celular (FAN *et al.*, 1997), associados à mitose de células ativadas (SAMAYANA; YAMAUCHI, 2002). E a maiores áreas de superfície de absorção e maior expressão de enzimas e sistemas de transporte de nutrientes (PLUSKEI *et al.*, 1996), resultando em uma maior digestibilidade (JAZI *et al.*, 2018). Presume-se que o aumento da altura das vilosidades do intestino pode ter sido devido ao efeito antioxidante e anti-inflamatório de bioativos do OSM no segmento mediano intestinal, pela maior absorção e contato de substância lipídicas (micelas) com as vilosidades. No segmento do jejuno foi estimado um nível ótimo do OSM de 0,39 para a altura da vilosidade (médio) de 1747,5 μm .

Outro parâmetro que teve destaque foi o comprimento de mucosa, em que os níveis de OSM de 0,25% no duodeno e 1% no jejuno influenciaram significativamente, o que é um fato interessante, já que o estado da mucosa e sua estrutura microscópica podem ser bons indicadores da resposta do trato gastrointestinal para substâncias ativas presentes em alimentos e no conteúdo intestinal (VIVEROS *et al.*, 2011). Tal fato corrobora os melhores desempenhos observados com a utilização dos níveis do OSM, pois o óleo possui diversas substâncias bioativas com atividades antioxidantes e anti-inflamatórias que pode ter contribuído para melhorar esses parâmetros histomorfométricos na medida em que o trato intestinal saudável é de extrema importância para boa saúde e melhor produtividade, sendo essencial para manutenção do desempenho e saúde geral dos animais (JAH *et al.*, 2019).

Outro ponto relevante é o parâmetro da relação altura de vilosidade: profundidade de cripta (V:L), no qual o nível de 1% obteve melhor resultado, o que é um fato interessante a ser ressaltado, pois essa relação é um dos parâmetros mais importantes, porque reflete o estado

funcional do intestino delgado (XIE, 2020), cuja principal função é a absorção e transporte de nutrientes. Com isso, vilosidades curtas e criptas profundas podem levar à má absorção de nutrientes no trato gastrointestinal e pior desempenho (XU *et al.*, 2003; XUE *et al.*, 2020). Ademais, foi estimado o nível ótimo de 0,71% do OSM para a relação V:C (médio) de 7,73 μm .

Com relação à última porção do intestino delgado, o íleo, o qual é considerado um segmento importante, pois nele ocorre a reabsorção de sais biliares, colesterol e a interatividade com a microbiota, neste segmento não foi observado nenhum fator relevante para os parâmetros analisados, visto que ele apresentou resultados semelhantes para os todos tratamentos avaliados. Isso provavelmente deve-se ao fato dos nutrientes e compostos bioativos presentes no óleo terem sido absorvidos nas primeiras porções do intestino delgado (duodeno e jejuno), chegando poucos nutrientes ao íleo a ponto de não influenciar esse segmento.

Diante do exposto, pode-se presumir que o desafio sanitário foi insuficiente, por isso não houve diferença entre as rações controles com e sem a utilização de antibióticos. Contudo, podemos observar que o óleo da semente de moringa apresentou alguns resultados satisfatórios em relação aos controles, provavelmente pelas suas atividades anti-inflamatórias e antioxidantes, devido à interação dos seus compostos bioativos com os ácidos graxos monoinsaturados, mostrando-se eficiente em sua utilização para os parâmetros da histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

4 CONCLUSÃO

A inclusão do nível de 1% do óleo de semente de *Moringa oleífera* não afetou a biometria dos órgãos estudados; porém, quanto aos parâmetros bioquímicos, influenciou negativamente o colesterol total e positivamente a enzima alanina aminotransferase, assim como melhorou as características histomorfológicas intestinais, como altura de vilo (AV), relação altura de vilo: profundidade de cripta (V:C) e comprimento da mucosa (CM) dos animais, fornecendo subsídios para o potencial uso do óleo da semente de moringa na alimentação de frangos de corte de 1 a 21 dias.

5 REFERÊNCIAS

- ABRAMOFF, M.D.; MAGALHAES, P.; RAM, S.J. Image processing with Image. **J. Bioph Int.**, 11:36–42, 2004.
- ABUMWEIS, S.; BARAKE, R.; JONES, P. J. H. Plant sterols/stanols as cholesterol lowering agents: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Food & Nutrition Research**, v. 52, n. 1, p. 1811, 2008.
- ALBUQUERQUE, C. F. G *et al.* Oleic acid inhibits lung Na/K-ATPase in mice and induces injury with lipid body formation in leukocytes and eicosanoid production. **Journal of Inflammation**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2013.
- AMER, S. A. *et al.* Effect of supplemental glycerol monolaurate and oregano essential oil blend on the growth performance, intestinal morphology, and amino acid digestibility of broiler chickens. **BMC Veterinary Research**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2021.
- AMINA, M. *et al.* Exploiting the Potential of *Moringa oleifera* Oil/Polyvinyl Chloride Polymeric Bionanocomposite Film Enriched with Silver Nanoparticles for Antimicrobial Activity. **International Journal of Polymer Science**, v. 1, 2019.
- BUREL, C.; MÉDALE, F. Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture. **OCL**, v. 21, n. 4, p. 406, 2014.
- DINESHA, B. L. *et al.* Effect of extraction methods on physicochemical, nutritional, antinutritional, antioxidant and antimicrobial activity of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) seed kernel oil. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 10, n. 1, p. 287-295, 2018.
- DIOUF, A. *et al.* Pathways for Reducing Anti-Nutritional Factors: Prospects for *Vigna unguiculata*, **Journal of Nutritional Health & Food Science**, Fann, v.7, n.2, p.1-10, 2019.
- EL-SAYED, S. M. *et al.* Improving the nutritional value and extending shelf life of labneh by adding *Moringa oleifera* oil. **Int. J. Dairy Sci**, v. 12, p. 81-92, 2017.
- FAN, Y. K. *et al.* Jejunal glucose uptake and oxygen consumption in turkey poults selected for rapid growth. **Poultry Science**, v. 76, n. 12, p. 1738-1745, 1997.
- GAO, J. *et al.* Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. **Poultry Science**, v. 87, n. 7, p. 1377-1384, 2008.
- GONZÁLEZ, F. H. D. *et al.* Incidência de doenças metabólicas em frangos de corte no sul do Brasil e uso do perfil bioquímico sanguíneo para o seu estudo. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 141-147, 2001.
- JAZI, V. *et al.* Effects of *Pediococcus acidilactici*, mannan-oligosaccharide, butyric acid and their combination on growth performance and intestinal health in young broiler chickens challenged with *Salmonella Typhimurium*. **Poultry science**, v. 97, n. 6, p. 2034-2043, 2018.
- JHA, R. *et al.* Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, p. 48, 2019.
- LEONE, A. *et al.* *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 12, p. 2141, 2016.

- MURAKAMI, A.E.; EYNG, C.; TORRENT, J. Effects of functional oils on coccidiosis and apparent metabolizable energy in broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v.27, n.7, p.981-989, 2014.
- NADEEM, M.; IMRAN, M. Promising features of Moringa oleifera oil: recent updates and perspectives. **Lipids in Health and Disease**, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2016.
- OGUNSINA, B. S. *et al.* Quality characteristics and stability of Moringa oleifera seed oil of Indian origin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 3, p. 503-510, 2014.
- OLIVEIRA, J. **Avaliação de óleos essenciais, extratos vegetais e óleos funcionais em dietas de frango de corte**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. 2014.
- PELICANO, E. R. L. *et al.* Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 221-229, 2005.
- PEREIRA, F. S. G. *et al.* Produção de biodiesel metílico com óleo purificado de Moringa oleifera lamarck. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 873-888, 2016.
- PLUSKE, J. R. *et al.* Maintenance of villus height and crypt depth, and enhancement of disaccharide digestion and monosaccharide absorption, in piglets fed on cows' whole milk after weaning. **British Journal of Nutrition**, v. 76, n. 3, p. 409-422, 1996.
- RAS, R.T.; GELEIJNSE, J.M.; TRAUTWEIN, E. A. LDL-cholesterol-lowering effect of plant sterols and stanols across different dose ranges: a meta-analysis of randomised controlled studies. **British Journal of Nutrition**, v. 112, n. 2, p. 214-219, 2014.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. ed. Viçosa - MG, 2017.
- SAMANYA, M.; YAMAUCHI, K. Histological alterations of intestinal villi in chickens fed dried *Bacillus subtilis* var. natto. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 133, n. 1, p. 95-104, 2002.
- SOETAN, K. O. Pharmacological and other beneficial effects of antinutritional factors in plants-A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 25, 2008.
- SONG, X. *et al.* Ghrelin serves as a signal of energy utilization and is involved in maintaining energy homeostasis in broilers. **General and comparative endocrinology**, v. 272, p. 76-82, 2019.
- STEVANOVIĆ, Z. D. *et al.* Essential oils as feed additives—future perspectives. **Molecules**, v. 23, n. 7, p. 1717, 2018.
- VIVEROS, A. *et al.* Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. **Poultry science**, v. 90, n. 3, p. 566-578, 2011.
- WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 353-364, 2004.
- XIE, Z. *et al.* Effects of antibacterial peptide combinations on growth performance, intestinal health, and immune function of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 12, p. 6481-6492, 2020.
- XU, Z. R. *et al.* Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. **Poultry Science**, v. 82, n. 6, p. 1030-1036, 2003.

XUE, F. *et al.* Effects of replacing dietary Aureomycin with a combination of plant essential oils on production performance and gastrointestinal health of broilers. **Poultry Science**, v. 99, n. 9, p. 4521-4529, 2020.

ZEITZ, J. O. *et al.* Effects of dietary fats rich in lauric and myristic acid on performance, intestinal morphology, gut microbes, and meat quality in broilers. **Poultry Science**, v. 94, n. 10, p. 2404-2413, 2015.