



**PRÓ-REITORIA E PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

TAMIRIS HELENA BOTON

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ANTIOXIDANTES DA CARNE DE
CORDEIROS SUPLEMENTADOS COM URUCUM SOBRE
PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM RATOS**

Presidente Prudente - SP
2024

TAMIRIS HELENA BOTON

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ANTIOXIDANTES DA CARNE DE
CORDEIROS SUPLEMENTADOS COM URUCUM SOBRE
PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM RATOS**

Dissertação apresentada Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal – Área de concentração: Fisiopatologia Animal

Orientador: Marilice Zundt Astolphi

636.089
B749a

Boton, Tamiris Helena.

Avaliação dos efeitos antioxidantes da carne de cordeiros suplementados com urucum sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos em ratos / Tamiris Helena Boton

. – Presidente Prudente, 2024.

36f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2024.

Bibliografia.

Orientador: Marilice Zundt Astolphi.

1. *Bixa orellana* L. 2. Bioquímica sérica. 3. *Rattus norvegicus*. 4. Estresse oxidativo. I. Título.

TAMIRIS HELENA BOTON

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ANTIOXIDANTES DA CARNE DE
CORDEIROS SUPLEMENTADOS COM URUCUM SOBRE
PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM RATOS**

Dissertação apresentada Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Animal - Área de Concentração: Fisiopatologia Animal

Presidente Prudente, 17 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marilice Zundt Astolphi
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Rafael Stuari Floriano
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Fabiola Cristine De Almeida Rego Grecco
Instituição: UNIVERSIDADE UNOPAR
Local: Araçatuba – SP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que, de diversas formas, foram essenciais na minha trajetória acadêmica e pessoal.

Aos meus pais, por me oferecerem uma base sólida de valores e educação, e por acreditarem no meu potencial em cada etapa da vida. Seu amor incondicional e apoio foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos que, com suas palavras e gestos de incentivo, me inspiraram a buscar sempre mais conhecimento, mesmo nos momentos de maior dificuldade. Seu apoio foi um farol em tempos desafiadores.

A minha orientadora, Dra. Marilice Zundt Astolphi por sua paciência e sabedoria, cuja orientação precisa e dedicada foi imprescindível para o desenvolvimento deste trabalho. Suas contribuições foram muito além da academia, moldando também meu crescimento pessoal.

Aos amigos e colegas de mestrado, com quem compartilhei momentos de troca, reflexão e aprendizado. A colaboração e o companheirismo de vocês tornaram esse percurso mais rico e gratificante.

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (Brasil) CAPES – Código de Financiamento 001”.

Este trabalho só foi possível graças ao apoio e contribuição de diversas pessoas, às quais dedico minha sincera gratidão.

À minha orientadora, Dra. Marilice Zundt Astolphi, expresso meu mais profundo agradecimento. Sua paciência, sabedoria e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento desta dissertação. Sua orientação incansável e seus valiosos conselhos não apenas enriqueceram este trabalho, mas também contribuíram significativamente para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

À Isabela, meu mais sincero agradecimento por todo o apoio ao longo deste experimento. Sua dedicação, generosidade e presença constante foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sou imensamente grata por suas contribuições e por todo o encorajamento durante esse processo.

A equipe Gepoeste, agradeço a contribuição inestimável e pelas orientações que me guiaram ao longo desta jornada. As trocas de conhecimento, as discussões e o apoio constante foram fundamentais para o avanço deste projeto.

Aos meus familiares e amigos, que estiveram ao meu lado durante toda essa caminhada, oferecendo apoio emocional e incentivo nos momentos mais desafiadores. Vocês foram a força que me impulsionou a seguir em frente.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui o meu sincero agradecimento.

“Não devemos chamar o povo à escola para receber instruções, postulados, receitas, ameaças, repreensões e punições, mas para participar coletivamente da construção de um saber, que vai além do saber de pura experiência feita, que leve em conta as suas necessidades e o torne instrumento de luta, possibilitando-lhe ser sujeito de sua própria história”. (Paulo Freire)

RESUMO

Avaliação dos efeitos antioxidantes da carne de cordeiros suplementados com urucum sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos em ratos

O estresse oxidativo, caracterizado pelo desequilíbrio entre radicais livres e antioxidantes, está associado a danos celulares e ao desenvolvimento de doenças crônicas. O urucum (*Bixa orellana* L), rico em bixina, destaca-se como uma fonte promissora de antioxidantes naturais. Este estudo investigou os efeitos da suplementação de carne de cordeiro enriquecida com concentrado de urucum microencapsulado em alginato sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos em ratos Wistar. Trinta ratos foram divididos em três grupos: controle (ração padrão), controle negativo (ração com carne de cordeiro sem urucum) e tratado (ração com carne de cordeiro suplementada com 0,3% de microcápsulas de urucum). Durante 28 dias, foi monitorado o consumo alimentar, o ganho de peso e a saúde geral dos animais. As análises de sangue, realizadas por punção cardíaca, revelaram benefícios significativos do urucum, especialmente no grupo tratado. No perfil lipídico, observou-se redução nos níveis de triglicerídeos e colesterol total, acompanhada por um aumento significativo no HDL, demonstrando proteção cardiovascular e melhor regulação metabólica. Nos parâmetros hematológicos, houve aumento nos níveis de hemoglobina, hematócrito e eritrócitos, sugerindo melhorias na saúde sanguínea e na oxigenação tecidual. Adicionalmente, o grupo suplementado apresentou elevação nas proteínas plasmáticas totais e globulinas, evidenciando influência positiva no metabolismo proteico e na função imunológica. Esses resultados ressaltam o urucum como um aditivo funcional eficiente, com potencial para atuar como antioxidante e promotor da saúde em dietas. A inclusão de carne enriquecida com urucum em regimes alimentares oferece uma estratégia promissora para melhorar a qualidade nutricional e metabólica, com aplicação em produtos voltados ao bem-estar humano e à prevenção de doenças.

Palavras-chave: *Bixa orellana* L, bioquímica sérica, *Rattus norvegicus*, estresse oxidativo.

ABSTRACT

Evaluation of the antioxidant effects of lamb meat supplemented with annatto on hematological and biochemical parameters in rats

Oxidative stress, characterized by an imbalance between free radicals and antioxidants, is associated with cellular damage and the development of chronic diseases. Annatto (*Bixa orellana* L), rich in bixin, stands out as a promising source of natural antioxidants. This study investigated the effects of supplementation of lamb meat enriched with annatto concentrate microencapsulated in alginate on hematological and biochemical parameters in Wistar rats. Thirty rats were divided into three groups: control (standard diet), negative control (lamb meat diet without annatto) and treated (lamb meat diet supplemented with 0.3% annatto microcapsules). For 28 days, food consumption, weight gain and general health of the animals were monitored. Blood tests, performed by cardiac puncture, revealed significant benefits of annatto, especially in the treated group. In the lipid profile, a reduction in triglyceride and total cholesterol levels was observed, accompanied by a significant increase in HDL, demonstrating cardiovascular protection and better metabolic regulation. In hematological parameters, there was an increase in hemoglobin, hematocrit and erythrocyte levels, suggesting improvements in blood health and tissue oxygenation. Additionally, the supplemented group showed an increase in total plasma proteins and globulins, evidencing a positive influence on protein metabolism and immune function. These results highlight annatto as an efficient functional additive, with the potential to act as an antioxidant and health promoter in diets. The inclusion of annatto-enriched meat in diets offers a promising strategy to improve nutritional and metabolic quality, with application in products aimed at human well-being and disease prevention.

Keywords: *Bixa orellana* L, Oxidative stress, *Rattus norvegicus*, Serum biochemistry.

LISTA DE SIGLAS

AST	- Aspartato Aminotransferase
BHA	- 2,3-terc-butil-4-hidroxianisol
BHT	- 2,6-diterc-butil-p-creso
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEMIB	- Centro Multidisciplinar para Investigação Biológica
CEUA	- Comitê de Ética no Uso Animal
CHCM	- Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média
CONCEA	- Conselho Nacional de Experimentação Animal
HB	- Hemoglobina
HCM	- Hemoglobina Corpuscular Média
HT	- Hematócrito
PPT	- Proteínas Plasmáticas Totais
RDW	- Red Cell Distribution Width
SBCAL	- Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório
TBARS	- Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
UNICAMP	- Universidade Estadual de Campinas
UNOESTE	- Universidade do Oeste Paulista
VCM	- Volume Corpuscular Médio

SUMÁRIO

1	ARTIGO CIENTÍFICO.....	10
	ANEXO 1 — NORMAS DA REVISTA INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE.....	27

1 ARTIGO CIENTÍFICO

ARTIGO NAS NORMAS DA REVISTA: *International Journal of Food Science - Qualis Capes A2*

Avaliação dos efeitos antioxidantes da carne de cordeiros suplementados com urucum sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos em ratos

Tamiris Helena Botton¹; Isabella Guartieri da Silva¹; Natália Carolina Vieira¹; Lorraine Pissinin Dutra²; Jéssica Cristina Silva do Vale²; Marcos Gabriel Cardoso Vieira¹; Vitória da Silva Proença³; Rafael Stuari Floriano^{1,3}; Marilice Zundt^{1*}.

1 Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

2 Graduação em Zootecnia, Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

3 Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

* Autor para correspondência:

Dra. Marilice Zundt

E-mail: marilicezundt@gmail.com

Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE

Rod Raposo Tavares, km572, Presidente Prudente - SP Cep 19067-175

Telefone: (18) 3229-3213

Resumo

O estudo avaliou os efeitos do consumo de carne de cordeiros suplementados com concentrado de urucum microencapsulado sobre o estresse oxidativo, parâmetros hematológicos e bioquímicos em ratos saudáveis. Após alimentar os cordeiros com diferentes doses de urucum, a carne com 4 g/kg foi selecionada devido à menor oxidação lipídica e utilizada em um experimento com ratos divididos em grupos controle, controle negativo e tratado. Decorridos 28 dias de dieta, análises revelaram que o grupo tratado apresentou melhorias significativas na saúde, incluindo aumento de hemoglobina, hematócrito e eritrócitos, indicando melhor transporte de oxigênio, além de maior estabilidade das células vermelhas. Bioquimicamente, houve aumento de proteínas totais, globulinas e HDL, com redução de triglicerídeos, sugerindo benefícios imunológicos, metabólicos e cardiovasculares. Esses efeitos são atribuídos às propriedades antioxidantes do urucum, reforçando seu potencial como alimento funcional para promoção da saúde.

Introdução

O estresse oxidativo resulta do desequilíbrio entre a geração de compostos oxidantes e a atuação de sistemas antioxidantes, levando a danos celulares como peroxidação de ácidos graxos e modificações no DNA [1][2]. Esses danos estão relacionados ao desenvolvimento de doenças como diabetes tipo 2, câncer e distúrbios inflamatórios [3][4].

Este processo caracteriza-se por um desequilíbrio entre radicais livres e o sistema antioxidante, resultando em danos a células e tecidos, como a peroxidação lipídica, que compromete a integridade das membranas celulares [5][6]. Quando a liberação dos radicais livres se torna crônica, está associado a várias doenças, incluindo câncer e distúrbios cardiovasculares, e pode afetar órgãos como fígado e coração, contribuindo para condições como esteatose hepática [7][8].

Os radicais livres têm a capacidade de iniciar reações em cadeia, danificando células na ausência de intervenção de antioxidantes [9]. A capacidade antioxidante total é um marcador importante do estresse oxidativo, essencial para monitorar intervenções antioxidantes, enquanto a microencapsulação se destaca como uma biotecnologia que protege compostos bioativos, potencializando sua eficácia [10][11][12].

O uso de antioxidantes naturais pode melhorar a resposta imunológica e o funcionamento metabólico. A ureia e a creatinina são indicadores importantes da função hepática e renal [13][14]. Os antioxidantes promovem a proteção do organismo contra patógenos, atuando no sistema imunológico adaptativo e reconhecendo moléculas estranhas para produzir anticorpos [15]. O uso de antioxidantes naturais, como o urucum, pode, portanto, ter efeitos benéficos significativos no sistema imunológico e na saúde geral.

Alimentos funcionais são essenciais na dieta, pois previnem o desenvolvimento de doenças e colaboram em seu combate [16]. O urucum (*Bixa orellana L.*), rico em bixina e norbixina, apresenta propriedades antioxidantes, agindo sobre radicais livres [17][18].

O objetivo deste estudo é avaliar a ingestão de carne de cordeiros suplementados com microcápsulas de concentrado de urucum no estresse oxidativo e parâmetros hematológicos e bioquímicos em ratos saudáveis.

Material e métodos

Experimento 1- Carne dos cordeiros

O experimento inicial para obtenção da carne, foi realizado com 32 cordeiros, os quais foram confinados no setor de ovinocultura da Universidade do Oeste Paulista, localizado no Centro Zootécnico do Campus II. Esta pesquisa fez parte do projeto inicial intitulado “Avaliação de alterações na oxidação lipídica e na qualidade da carne de cordeiros submetidos a diferentes adições de microcápsulas com concentrado de urucum (*Bixa orellana* L.)”, aprovado pelo CEUA sob o protocolo 8401.

No experimento 1 a campo, os cordeiros foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, como segue: tratamento (T1), sem adição de microcápsulas contendo concentrado de urucum; tratamento (T2), com microcápsulas contendo 2g do concentrado de urucum a cada quilo de ração consumido; tratamento (T3), com microcápsulas contendo 4g/kg de ração do concentrado de urucum; e tratamento (T4), com microcápsulas de alginato contendo 6g/kg de ração do concentrado de urucum na ração. Os animais foram mantidos em baias em duplas, tratados 2 vezes por dia, no período da manhã (8h) e à tarde (16h), sendo o consumo diário controlado pelas sobras.

As dietas foram compostas por feno (de tifton /*Cynodon spp. cv. Tifton 85*) e concentrado comercial (18% de PB e 74% de NDT) para cordeiros em confinamento, formuladas para promover um ganho de 250 g/dia conforme as exigências nutricionais descritas no NRC (2007).

Abate e amostras

Ao atingirem 42 kg de peso vivo, os animais foram abatidos em frigorífico comercial, seguindo a legislação do abate humanitário regida no Brasil Portaria 365/2021, e com prévio jejum sólido por 12 horas antes do abate.

Após o abate as carcaças foram resfriadas por 24 horas em câmara frigorífica com temperatura de 0 – 1 °C. Após o resfriamento e estabelecimento pleno do *rigor mortis*, foram retiradas amostras do músculo *Longissimus lumborum* (LL) esquerdo para confecção dos bolinhos de carne.

Para o experimento com os ratos, foi selecionada a carne dos cordeiros que receberam a dose intermediária de 0,3% de concentrado de urucum microencapsulado (equivalente a 4g/kg). Essa escolha foi baseada em estudos anteriores, em dados não publicados dos autores, nos quais essa dosagem apresentou os melhores resultados na

análise de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico), que quantifica os níveis de oxidação lipídica na carne (menores valores de TBARS indicam menor oxidação, o que contribui para uma melhor qualidade da carne).

Processamento da carne

A carne dos cordeiros, destinada aos grupos experimentais dos ratos, foi moída em um triturador de alimentos para garantir homogeneidade na textura e na distribuição dos nutrientes. Em seguida, a carne foi manualmente moldada em porções de aproximadamente 17 g cada. As porções moldadas foram colocadas em uma bandeja e assadas em forno pré-aquecido a 80 °C por 15 minutos, com controle rigoroso da umidade. Para preservar as propriedades nutricionais da carne, especialmente a retenção de antioxidantes no grupo 3 (suplementado com urucum), foram utilizados um termômetro interno e monitoramento da evaporação, evitando perda excessiva de líquidos. Após assarem forno convencional, as porções foram resfriadas à temperatura ambiente e armazenadas sob condições adequadas até sua administração diária aos ratos.

Experimento 2 - Delineamento experimental

Nesse experimento, optou-se pelo uso de ratos como modelo animal, considerando suas características fisiológicas e genéticas semelhantes às dos humanos, o que permite uma padronização dos espécimes e oferece representatividade para a correlação com estudos em humanos [19][20]. Essas qualidades tornam os roedores amplamente utilizados em pesquisas experimentais, contribuindo para a robustez dos dados obtidos e a validação dos efeitos investigados.

Trinta ratos da linhagem HANUNIB (300–350 g; 2–3 meses) foram obtidos do Centro Multidisciplinar para Investigação Biológica (CEMIB) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e mantidos no Biotério de Experimentação da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Os animais foram alojados em caixas plásticas (3 animais por gaiola) com tampa gradeada e substrato de maravalha, mantidos a 23 ± 1 °C, com ciclo claro/escuro de 12 horas (luzes acesas às 6 h). Os ratos foram divididos em três grupos experimentais (n = 10) e mantidos no experimento por 28 dias.

Os grupos experimentais foram organizados da seguinte maneira:

- Grupo 1 (controle): ratos com livre acesso à ração (Supralab®) e água;
- Grupo 2 (controle negativo): ratos com livre acesso à ração (Supralab®) e água, acrescida de carne de cordeiros sem adição de microcápsulas de alginato contendo urucum;
- Grupo 3 (tratado): ratos com livre acesso à ração (Supralab®) e água, acrescida de carne de cordeiros suplementados com 0,3% de microcápsulas de alginato contendo urucum.

Os animais foram alimentados uma vez ao dia com aproximadamente 80 g de ração e, para os grupos suplementados eram fornecidos dois bolinhos de carne (aproximadamente 10 g cada) de acordo com a dieta experimental. A sobra de ração do dia era retirada e pesada diariamente para controle do consumo alimentar. Além disso, os ratos foram pesados semanalmente para monitoramento do ganho de peso.

Os procedimentos experimentais foram aprovados sob protocolo nº 8492- no Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA), UNOESTE, sendo realizados de acordo com as diretrizes éticas gerais para uso de animais estabelecidas pela Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (SBCAL) e com a Lei Federal Brasileira nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, em conjunto com as diretrizes para experimentos com animais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal (CONCEA).

Planejamento estatístico

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e 30 animais. Para o cálculo do número de ratos (n) a serem utilizados no projeto de pesquisa, utilizou-se as recomendações de Eng [21], conforme a fórmula a seguir, onde C é $n = 1 + [2C*(s/d)^2]$ dependente dos valores escolhidos para a força ou poder de teste ($1-\beta$; chance de encontrar uma diferença existente) e nível de significância (α ; a chance de considerar dois grupos diferentes quando eles não o são) considerando $p < 0,05$, sendo que o valor de α é 0,05. Além disso, s é o desvio padrão aceitável de acordo com a projeção do pesquisador e d é a diferença esperada entre os grupos. Para calcular o valor de C foi aplicado a seguinte fórmula: $C = (z\alpha + z\beta)^2$. Considerando ainda um desvio máximo (s) de 0,2 (20%) e uma diferença esperada entre os grupos (d) de 0,31 (31%), ao aplicarmos a fórmula $n = 1 + [2*10,51*(0,2/0,32)^2]$.

Assim, o “n” mínimo requerido para o estudo foi de 9,749 ($n = 10$) animais por grupo experimental.

Análise laboratorial

Após 28 dias de experimento, os 30 ratos foram submetidos ao procedimento de coleta de sangue e eutanásia. Inicialmente, os animais foram anestesiados por meio de sedação inalatória, sendo colocados em um recipiente contendo gases anestésicos, que foram absorvidos pelos pulmões e transportados ao cérebro pela corrente sanguínea. Esse primeiro estágio de anestesia permitiu o relaxamento dos animais para a aplicação posterior de cetamina, administrada via intramuscular para garantir anestesia profunda e segura durante a coleta de sangue.

A coleta de sangue foi realizada por punção cardíaca, com a obtenção de amostras diretamente do coração. Imediatamente após a coleta, os ratos foram novamente expostos ao sedativo inalatório para o abate humanitário, seguindo todos os protocolos éticos estabelecidos.

As amostras de sangue dos ratos foram coletadas via punção cardíaca e acondicionadas imediatamente em tubos à vácuo contendo EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) e transportadas imediatamente ao Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Veterinário da UNOESTE, para hemograma completo, contagem de hemácias (glóbulos vermelhos), hemoglobina, hematócrito, leucócitos (glóbulos brancos), contagem de plaquetas e índices eritrocitários (VCM, HCM, CHCM):

Adicionalmente, amostras de sangue foram coletadas em tubos à vácuo sem anticoagulante, centrifugadas, 3500 rpm (1372 g-force) por cerca de 10 minutos. Após a centrifugação, o soro foi retirado cuidadosamente utilizando pipetas para evitar contaminação com outras partes do sangue. Esse soro foi congelado (-80°C) e posteriormente transportado para o Laboratório de Análises Clínicas, sendo realizadas as análises bioquímicas, incluindo AST, proteínas totais e frações, ureia, creatinina, lactato, colesterol total e frações, triglicerídeos e glicose.

Análise dos dados

Para a análise estatística, foi aplicado o teste de normalidade dos dados (Shapiro-Wilk), seguindo-se a análise de acordo com o resultado. Havendo

distribuição normal dos dados, foi realizado o teste de ANOVA de medidas repetidas; não havendo distribuição normal, utilizou-se o teste de Friedman. Os dados foram avaliados no software RStudio.

201

202 Resultados

Na tabela 1, estão os resultados das avaliações hematológicas, para plaquetas, Leucócitos Totais, Neutrófilos, Linfócitos, Monócitos, Eosinófilos, que não apresentaram diferenças significativas entre os grupos ($p > 0,05$).

Tabela 1. Efeito da suplementação com carne e carne + urucum sobre parâmetros hematológicos de ratos

Variável	Tratamento			PARÂMETROS PARA RATOS WISTAR	Valor de p	Erro padrão
	CONTROLE	R+CARNE	R+CARNE+URUCUM			
Hb (g/aL)	17,483b	18,566a	18,983a	11 – 18	0,00190	0.20378
Ht (%)	48,089b	53,516a	53,216a	39,6 – 52,5	1.1445e-05	0.68369
Eritrócitos (mm³)	8,859b	9,731a	9,803a	6,5 – 9,5	3.919e-07	0.1122269
VCM (fL)	52,763b	52,866b	54,183a	48 – 57,9	0,00011137	0.18698
HCM (%)	19,526a	18,716b	19,366a	17,1 – 20,4	1.1904e-05	0.09616
CHCM (%)	37,110a	35,133c	35,716b	32,9 – 37,5	1.8948e-13	0.20322
RDW (cv)	12,867b	13,350a	13,366a	12 – 15	0,013235	0.08477
PPT (g/aL)	6,035b	7,133a	6,333b	5,5 – 7,5	2.3407e-06	0.12397
Plaquetas (mm³)	1065,750	1073,333	1129,667	638 – 1177	0,15338	14.70351
Leucócitos Totais (mm³)	5806,25	6210,00	7560,00	1960 – 8250	0.36125	516.6497
Neutrófilos (%)	17,5	17,86	18,2	10 – 30	0.70815	137,3957
Linfócitos (%)	78,7	76,84	77,35	66 – 90,3	0.37644	405.0262
Monócitos (%)	2,47	3,88	3,27	0,8 – 3,8	0.34457	29,18406
Eosinófilos (%)	1,42	1,42	1,18	0,2 – 3,5	0.40639	3.078641

208

209 Hb: hemoglobina, Ht: hematócrito, VCM: volume corpuscular médio, HCM: hemoglobina corpuscular
210 média, CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média, RDW: red cell distribution, PPT:
211 proteínas plasmáticas totais.

212

213 Nas demais variáveis, observou-se diferença estatística, tal como a

concentração de hemoglobina, que apresentou valores significante ($p=0,00190$) maiores nos tratamentos com carne com urucum (18,983 g/al) e carne sem urucum (18,566 g/al) em comparação ao controle. Os mesmos tratamentos elevaram os valores de hematócrito em relação ao controle ($p = 1,1445e-05$) sugerindo um aumento na proporção de células vermelhas no sangue devido aos tratamentos.

O grupo tratado apenas com carne apresentou uma redução significativa na Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) em comparação aos grupos controle e carne com urucum ($p = 1,1904e-05$), indicando que a quantidade de hemoglobina por eritrócito foi menor nesse grupo. Na Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) o grupo controle apresentou o maior valor (37,110%), enquanto os grupos suplementados com urucum (35,716%) e carne sem urucum (35,133%) tiveram uma redução significativa ($p = 1,8948e-13$). Mostrando que a concentração de hemoglobina nas células vermelhas variou entre os tratamentos.

O Red Cell Distribution Width (RDW) foi significativamente mais elevado nos grupos tratados com carne e carne + urucum em comparação ao controle ($p = 0,013235$), indicando maior variação no tamanho dos eritrócitos nesses grupos.

O grupo suplementado com carne sem urucum apresentou um aumento significativo nas Proteínas Plasmáticas Totais (PPT) (7,133 g/al), em relação ao controle e ao grupo carne + urucum ($p = 2,3407e-06$). O tratamento com carne + urucum, no entanto, mostrou um efeito mais moderado, o que pode indicar que o urucum atenua o impacto do tratamento com carne sobre as proteínas plasmáticas circulantes.

A contagem de eritrócitos foi significativamente maior nos grupos tratados com carne e carne com urucum em comparação ao controle ($p = 3,919e-07$), indicando um aumento na quantidade de células vermelhas nos tratamentos em relação ao controle.

Na tabela 2, estão os dados dos parâmetros bioquímicos sanguíneos. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos tratados apenas para proteínas totais, globulina, colesterol e HDL ($p<0,05$).

Tabela 2. Efeitos da suplementação com carne e carne + urucum sobre parâmetros bioquímicos sanguíneos de ratos

Variável	Tratamento			PARÂMETROS PARA RATOS WISTAR	Valor de p	Erro padrão
	CONTROLE	R+CARNE	R+CARNE+ URUCUM			
PT (g/dL)	5,35c	5,8833b	6,45a	5 – 10	5.783e-05	0,1276925

GLOB (g/dL)	0,9833b	1,3166b	2,0166a	1,5 – 2,5	7,976e-05	0,1234416
TRIG (mg/dL)	101,8900a	109,7330a	77,2330b	26 – 145	0,19363	8,501651
COLEST (mg/dL)	61,8833b	82,7833a	66,75ab	40 – 130	0,040268	3,669088
HDL (mg/dL)	27,3666b	35,5833a	34,9833a	48 – 60	0,023297	1,444671
LDL (mg/dL)	5,3483	3,8016	4,4466	15 – 23	0,47564	0,5009106
ALB (g/dL)	4,3666	4,6333	4,6000	3,4 – 4,8	0,23429	0,0685994
AST (U/L)	126,400	126,050	114,133	50 – 150	0,61107	5,485182
CREAT (mg/dL)	0,4333	0,4833	0,4666	0,2 – 0,8	0,61212	0,020030
GLIC (mg/dL)	142,467	132,2167	171,7500	80 – 180	0,23865	7,092733
UREIA (mg/dL)	44,0500	41,1500	42,4833	41 – 44	0,5152	0,9881037
LACTATO (mg/dL)	38,2333	41,8666	44,1333	27 – 35	0,73144	2,91644

245

246 AST: Aspartato aminotransferase; LDL: Lipoproteína de baixa densidade; HDL: Lipoproteína
247 de alta densidade

248 O grupo tratado com carne com urucum (6,45 g/dL) apresentou valores
249 significativamente mais altos de proteínas totais em comparação aos grupos controle
250 (5,35 g/dL) e carne (5,88 g/dL) com $p = 5,783e-05$. O mesmo grupo tratado carne +
251 urucum mostrou um aumento significativo (2,01) nas globulinas em relação aos outros
252 dois grupos ($p = 7,976e-05$).

253 Os resultados obtidos para os níveis de triglicerídeos (mg/dL) demonstraram
254 diferenças significativas entre os tratamentos ($p = 0,0003$). Os valores médios foram
255 mais altos no grupo carne (109,7330 mg/dL) e no grupo controle (101,8900 mg/dL), em
256 comparação com o grupo carne + urucum (77,2330 mg/dL), que apresentou uma
257 redução significativa nos níveis de triglicerídeos. O erro padrão de 4,14093 indica uma
258 variação controlada entre os indivíduos dentro de cada tratamento.

259 Os níveis de colesterol do grupo suplementado com carne foram
260 significativamente mais elevados em comparação ao controle (61,88 mg/dL) e carne
261 com urucum (66,75 mg/dL) que não diferiram entre si. Já para os níveis de HDL
262 (colesterol “bom”), o tratamento com carne e carne com urucum resultou em níveis
263 significativamente mais altos (35,58 mg/dL) e (34,98 mg/dL) respectivamente em

comparação ao grupo controle ($p = 0,023297$). Ambos os tratamentos foram eficazes para aumentar o HDL.

Discussão

A combinação de carne com urucum apresentou efeitos benéficos à saúde dos ratos, incluindo importantes melhorias na capacidade de transporte de oxigênio e na qualidade das células sanguíneas. Em variáveis hematológicas como hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio e eritrócitos, o grupo tratado com carne + urucum mostrou valores superiores ao grupo controle e, em muitos casos, resultados semelhantes ou melhores que o grupo tratados apenas com carne.

Esses achados sugerem que a suplementação com urucum em produtos cárneos impacta positivamente parâmetros hematológicos e bioquímicos, com aumento significativo de hemoglobina e hematócrito. Esse aumento pode ser associado a uma dieta rica em ferro heme, encontrado em abundância nas carnes vermelhas, embora a adição de urucum pareça potencializar esse efeito. A bixina presente no urucum, com sua ação antioxidante, pode proteger as células sanguíneas contra o estresse oxidativo, contribuindo para a homeostase hematológica. Esses resultados estão em consonância com Conte [22], que demonstraram que a bixina reduz a oxidação de LDL e os níveis de óxido nítrico (NOx), sugerindo uma proteção contra a oxidação lipídica.

O número de eritrócitos aumentou significativamente nos grupos tratados, com o maior aumento no grupo carne + urucum. Isso é um indicativo positivo de uma maior produção de células vermelhas, o que contribui para a melhoria no transporte de oxigênio e saúde geral. Diferente Isaac et al. [23] que observou diminuição na Hb e contagem total de eritrócitos em ratos estressados devido ao aumento da peroxidação lipídica nas membranas das células eritrocitárias e subsequente oxidação da hemoglobina.

Martínez et al. [24] também avaliaram a atividade antioxidante de vários condimentos naturais, incluindo urucum, alecrim (*Rosmarinus officinalis*), páprica (*Capsicum annum*), cominho (*Cuminum cyminum*), orégano (*Origanum vulgare*) e açafrão (*Crocus sativus*), comparando-os a antioxidantes sintéticos como BHA, BHT e galato de propila. Em vários testes, os condimentos naturais demonstraram superioridade sobre as substâncias sintéticas, sugerindo uma vantagem na substituição

destes últimos por compostos naturais, que além de fornecerem sabor e cor, oferecem maior estabilidade oxidativa.

O aumento do VCM no grupo com urucum sugere uma melhora na maturação e no tamanho dos eritrócitos, o que pode estar relacionado ao efeito protetor do urucum contra a degradação celular causada por estresse oxidativo e também a altas concentrações de B12 presente na carne que ajuda no processo de maturação do núcleo das células [25]. Um estudo em humanos com insuficiência renal, foi visto que o volume corpuscular médio se apresentou baixo em relação aos valores normais, o que pode ser atribuído a um déficit relativo de eritropoietina, já que uma das funções do rim é a produção de glóbulos vermelhos [26]. Que em complemento com o RDW, pode mensurar a variabilidade do volume eritrocitário [27].

A redução significativa na Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) no grupo tratado apenas com carne, em comparação aos demais grupos, sugere que a carne sem suplementação com urucum não oferece os mesmos benefícios antioxidantes, resultando em uma menor quantidade de hemoglobina por eritrócito. Em contraste, a Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) foi maior no grupo controle, indicando que o urucum pode interferir positivamente na concentração de hemoglobina nas células vermelhas.

A diminuição da HCM e CHCM nos grupos suplementados sugere uma menor concentração de hemoglobina nas células vermelhas, ainda dentro dos parâmetros normais, o que pode refletir uma resposta adaptativa ao estresse oxidativo moderado. Embora o tratamento com carne tenha causado uma redução no CHCM, o grupo carne + urucum conseguiu manter os níveis mais estáveis, o que é um indicativo de boa qualidade celular. Estes parâmetros, que são importantes para caracterizar anemias, reforçam a ação benéfica da suplementação com urucum, auxiliando na manutenção de níveis hematológicos equilibrados.

Os resultados deste estudo mostraram um aumento significativo no Red Cell Distribution Width (RDW) nos grupos tratados com carne e carne com urucum em comparação ao grupo controle ($p = 0,013235$), indicando maior variação no tamanho dos eritrócitos. Esse achado sugere uma possível resposta adaptativa ao tratamento, associada ao efeito do urucum e da carne sobre o metabolismo celular e a homeostase hematológica. Estudos como os de Lima et al. [28] destacam a utilidade do RDW na distinção de anemias microcíticas, enquanto Flynn et al. [29] e Demir et al. [30] apontam limitações, especialmente em condições específicas como anemias

hipocrômicas.

A elevação do RDW pode estar relacionada ao estresse oxidativo induzido pela carne e à ação antioxidante do urucum, cujos carotenoides, como a bixina, protegem as membranas celulares da oxidação [22]. Isso sugere um mecanismo compensatório em resposta ao tratamento. Contudo, a literatura alerta para a cautela ao utilizar o RDW isoladamente na avaliação de condições hematológicas, reforçando a necessidade de análise conjunta com outros parâmetros, como hemoglobina e hematócrito.

Em relação aos parâmetros bioquímicos, o tratamento com carne + urucum trouxe benefícios, especialmente na proteína total e nas globulinas, enquanto o tratamento apenas com carne se destacou nos níveis de colesterol total.

O aumento das Proteínas Plasmáticas Totais (PPT) no grupo tratado apenas com carne, em comparação ao grupo carne + urucum, sugere que o urucum pode atenuar o impacto do consumo de carne nos níveis de proteínas plasmáticas circulantes. No grupo carne + urucum, o aumento das globulinas indica uma possível modulação da resposta imunológica, sugerindo que a ação antioxidante do urucum cria um ambiente celular mais favorável à proliferação e diferenciação de células imunes. A elevação das proteínas totais e globulinas no grupo carne + urucum reforça a ideia de que o urucum potencializa a síntese proteica e melhora a função imunológica, uma vez que as globulinas estão envolvidas na resposta imune e no transporte de lipídios. No entanto, a relação entre o aumento das globulinas e a função imunológica é complexa e envolve mecanismos variados, como a modulação inflamatória e a regulação de citocinas [31].

Os resultados mostraram que a suplementação com carne enriquecida com urucum reduziu significativamente os níveis de triglicerídeos no grupo tratado em comparação com os grupos controle e carne sem urucum. Essa redução pode ser atribuída às propriedades antioxidantes da bixina, principal carotenoide do urucum, que atua neutralizando espécies reativas de oxigênio (ROS) e preservando a funcionalidade celular, incluindo o metabolismo lipídico. Estudos anteriores, como os de Oliveira et al. [32] e De Holanda Oliveira et al. [33] indicam que antioxidantes podem reduzir os níveis de triglicerídeos ao minimizar o estresse oxidativo, fator associado à disfunção metabólica e ao aumento dos lipídeos plasmáticos.

Além disso, a bixina pode modular vias metabólicas específicas, como a ativação da lipase lipoproteica (LPL), enzima essencial na depuração de triglicerídeos do plasma, conforme demonstrado por estudos prévios, como os de Berlanga et al. [34]; Beigneux et al. [35]. A sua ação anti-inflamatória também pode contribuir para o

equilíbrio metabólico, considerando que a inflamação subclínica é um fator associado ao aumento dos triglicerídeos [36].

Esses achados reforçam o potencial da carne enriquecida com urucum como um alimento funcional para o controle do metabolismo lipídico, alinhando-se a pesquisas que destacam os benefícios de compostos bioativos na prevenção de desordens metabólicas.

O colesterol total, marcador importante do metabolismo lipídico, mostrou aumento significativo no grupo tratado apenas com carne, o que se alinha ao fato de a carne ser rica em lipídios. Contudo, a suplementação com urucum atenuou esse aumento, sugerindo um efeito protetor desse composto natural. Carotenoides presentes no urucum, como a bixina, têm propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, que podem modular o metabolismo lipídico, reduzindo a oxidação do LDL-colesterol e diminuindo a sua deposição nas artérias [36].

Além disso, os níveis de HDL aumentaram tanto no grupo carne quanto no grupo carne com urucum, um efeito positivo, pois níveis elevados de HDL estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares, graças às suas propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e vasodilatadoras [36]. A ausência de diferença significativa entre os grupos tratados sugere que tanto a carne quanto a carne suplementada com urucum são eficazes na elevação do HDL.

Para as demais variáveis que não apresentaram significância estatística, em sua maioria, mantiveram-se dentro de limites normais e estáveis entre os grupos, com exceção do lactato. Isso pode indicar que, para esses parâmetros, o tratamento com carne e carne + urucum não teve efeitos deletérios ou benéficos acentuados, o que é um bom indicativo de segurança.

Já o lactato aumentado pode estar relacionado com o uso da cetamina, que pode induzir alterações metabólicas, incluindo aumento do metabolismo anaeróbico muscular, o que leva à produção de lactato. Isso pode ser exacerbado se os animais estavam estressados no momento da anestesia [37][38].

Conclusão

A suplementação alimentar com carne de cordeiros enriquecida com urucum demonstrou efeitos significativos na modulação de parâmetros bioquímicos e hematológicos em ratos. Os resultados indicaram uma redução significativa nos níveis

de triglicerídeos e colesterol total, além do aumento no HDL, sugerindo benefícios cardiovasculares. No âmbito hematológico, observou-se uma elevação na concentração de hemoglobina e hematócrito nos grupos tratados, apontando para uma possível melhoria na oxigenação tecidual e saúde eritrocitária.

Esses achados evidenciam o potencial do urucum como componente funcional em dietas, contribuindo para o equilíbrio metabólico e lipídico. A suplementação com urucum demonstrou impacto positivo na qualidade sanguínea e no perfil lipídico, reforçando sua aplicabilidade como aditivo natural em alimentos voltados à promoção da saúde.

Referências bibliográficas

- [1] K. B. F. Barbosa, et al., “Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios,” *Revista de Nutrição*, vol. 23, pp. 629–643, 2010.
- [2] A. H. Alghadir, S. A. Gabr, and E. S. Al-Eisa, “Effects of moderate aerobic exercise on cognitive abilities and redox state biomarkers in older adults,” *Age (years)*, vol. 67, no. 2.8, pp. 66.8–3.7, 2016.
- [3] A. H. Alghadir, et al., “Associations between vitamin E, oxidative stress markers, total homocysteine levels, and physical activity or cognitive capacity in older adults,” *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, article 12867, 2021.
- [4] H. J. Forman and H. Zhang, “Targeting oxidative stress in disease: Promise and limitations of antioxidant therapy,” *Nature Reviews Drug Discovery*, vol. 20, no. 9, pp. 689–709, 2021.
- [5] A. Kunz, U. Dirnagl, and P. Mergenthaler, “Acute pathophysiological processes after ischaemic and traumatic brain injury,” *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, vol. 24, pp. 495–509, 2010.
- [6] J. Dumanovic, et al., “The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: a concise overview,” *Frontiers in Plant Science*, vol. 11, pp. 1–13, 2021.
- [7] K. Green, M. D. Brand, and M. P. Murphy, “Prevention of mitochondrial oxidative damage as a therapeutic strategy in diabetes,” *Diabetes*, vol. 53, no. 1, pp. 110–118, 2004.
- [8] Y. C. F. Teles, et al., “O papel do estresse oxidativo na síndrome metabólica,” *Journal of Health Science Institute*, vol. 33, no. 1, pp. 89–93, 2015.
- [9] M. P. Santos and N. R. F. Oliveira, “O papel das vitaminas antioxidantes na prevenção do envelhecimento cutâneo,” *Disciplinarum Scientia*, vol. 15, no. 1, pp. 75–89, 2013.
- [10] S. M. L. Vasconcelos, et al., “Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação,” *Química Nova*, vol. 30, no. 5, pp.

- 1323–1338, 2007. Nazzaro, F., et al. Microencapsulation in food science and biotechnology. *Curr Opin Biotechnol.* 2012;23(2):182-6.
- [11] E. Laurenti and S. Garcia, “Eficiência de materiais encapsulantes naturais e comerciais na liberação controlada de probiótico encapsulado,” *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 16, pp. 107–115, 2013.
- [12] L. A. Peixoto and M. T. M. Osório, “Perfil metabólico proteico e energético na avaliação do desempenho reprodutivo em ruminantes,” *Revista Brasileira de Agrociência*, vol. 13, no. 3, pp. 299–304, 2007.
- [13] E. H. Coles, *Veterinary Clinical Pathology*, 4th ed., Philadelphia: Saunders, 1986, 455 p.
- [14] I. R. Tizard, M. M. Camargo, and R. Scavone, *Imunologia veterinária*, Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.
- [15] C. M. Galanakis, et al., “Food ingredients and active compounds against the coronavirus disease (COVID-19) pandemic: A comprehensive review,” *Foods*, vol. 9, no. 11, article 1701, 2020.
- [16] D. V. Rocha, *Qualidade e estabilidade da carne de ovinos alimentados com dietas contendo bixina*, M.Sc. dissertation, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.
- [17] H. Sies and W. Stahl, “Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants,” *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 62, no. 6, pp. 1315S–1321S, 1995.
- [18] O. I. Azeez, et al., “Ameliorative effects of *Cnidioscolus aconitifolius* on alloxan toxicity in Wistar rats,” *African Health Sciences*, vol. 10, no. 3, pp. 283–291, 2010.
- [19] J. López-López, et al., “Periapical and endodontic status of type 2 diabetic patients in Catalonia, Spain: A cross-sectional study,” *Journal of Endodontics*, vol. 37, no. 5, pp. 598–601, 2011.
- [20] S. K. Eng, “Sample size determination: A review,” *Journal of Statistical Science*, vol. 18, no. 3, pp. 209–223, 2003.
- [21] L. Conte, *Efeito da suplementação de carotenoides do urucum sobre a resistência da LDL-colesterol à oxidação e o status oxidativo em indivíduos saudáveis*, 2018.
- [22] A. O. Isaac, et al., “Effects of kaempferol and zinc gluconate on erythrocyte osmotic fragility and haematological parameters in Wistar rats exposed to noise stress,” *Insights in Biomedical Research*, vol. 2, no. 3, pp. 15, 2017.
- [23] M. Martínez-Tomé, A. M. Jiménez, S. Ruggieri, N. Frega, R. Strabbioli, and M. A. Murcia, “Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives,” *Journal of Food Protection*, vol. 64, no. 9, pp. 1412–1419, 2001.
- [24] H. Brentani, et al., “Redução dos níveis séricos de ácido fólico em pacientes com a doença de Alzheimer,” *Revista de Psiquiatria Clínica*, vol. 39, no. 3, pp. 90–93, 2012.

- [25] M. A. R. Alves and P. A. Gordan, “Diagnóstico de anemia em pacientes portadores de doença renal crônica,” *Brazilian Journal of Nephrology*, vol. 29, no. 4, suppl. 4, 2007. Bain, B. J. *Blood Cells: A Practical Guide*. 5th ed. Chichester: Wiley-Blackwell; 2015. 504 p.
- [26] L. R. P. Lima, et al., “Bixina, norbixina e quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos,” *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, vol. 38, no. 4, pp. 196–200, 2001.
- [27] M. M. Flynn, T. S. Reppun, and N. V. Bhagavan, “Limitações da largura de distribuição dos glóbulos vermelhos (RDW) na avaliação da microcitose,” *American Journal of Clinical Pathology*, vol. 85, no. 4, pp. 445–449, 1986.
- [28] B. Katipoglu, B. Aydinli, A. Demir, and H. Ozmen, “Proporção de largura de distribuição de hemácias pré-operatórias para linfócitos como biomarcadores para permanência prolongada na unidade de terapia intensiva entre pacientes idosos submetidos à cirurgia cardíaca: um estudo longitudinal retrospectivo,” *Biomarkers in Medicine*, vol. 16, no. 14, pp. 1067–1075, 2022.
- [29] A. Abbas, *Imunologia Celular e Molecular*, 7ª ed., Elsevier Brasil, 2012.
- [30] N. T. E. D. Oliveira, J. B. Fonseca, R. D. T. R. N. Soares, and K. S. Ferreira, “Triglicerídeos sanguíneos e composição química da carne de codornas alimentadas com bixina e niacina suplementar,” *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 41, pp. 1227–1233, 2006.
- [31] H. S. de Holanda Oliveira, et al., “Caracterização e utilização do carotenoide bixina, extrato da semente do urucum (*Bixa orellana* L L.), como agente pigmentante nas dietas de animais não-ruminantes,” *Brazilian Journal of Development*, vol. 7, no. 6, pp. 64481–64494, 2021.
- [32] A. P. Beigneux, et al., “Lipoprotein lipase is active as a monomer,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, no. 13, pp. 6319–6328, 2019.
- [33] A. Berlanga, et al., “Papel de las lipasas metabólicas y la lipotoxicidad en el desarrollo de esteatosis hepática y esteatohepatitis no alcohólica,” *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, vol. 28, no. 1, pp. 47–61, 2016.
- [34] S. Tao, et al., “Bixin attenuates high-fat diet-caused liver steatosis and inflammatory injury through Nrf2/PPARα signals,” *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2021, article 6610124, 2021.
- [35] L. R. P. Lima, et al., “Bixina, norbixina e quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos,” *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, vol. 38, pp. 196–200, 2001.
- [36] L. A. Röhrs and R. da Silveira Kappel, “Relação entre conhecimento especializado e o processo de implementação do eSocial nas empresas de serviços contábeis do Rio Grande do Sul,” *Revista Gestão*, vol. 8, no. 1, pp. 72–87, 2020.
- [37] A. Strachecka, M. Grzybek, A. A. Ptaszynska, J. Chobotow and R. Rowinski, “Comparison of Lactate Dehydrogenase Activity in Hive and Forager Honeybees May Indicate Delayed Onset Muscle Soreness - Preliminary Studies”. *Biochemistry. Biokhimiia*, 84(4), 435–440., 2019.

- 522 [38] L. Venter, D. T. Loots, L. J. Mienie, P. J. Jansen van Rensburg, S. Mason, A.
523 Vosloo, and J. Z. Lindeque, “The cross-tissue metabolic response of abalone
524 (*Haliotis midae*) to functional hypoxia”. *Biology open*, 7(3), bio031070, 2018.

525 **ANEXO 1— NORMAS DA REVISTA INTERNATIONAL JOURNAL OF**
 526 **FOOD SCIENCE**
 527

Advertisement

International Journal of
Food Science



For authors

Join our community of authors and benefit from:

- An easy-to-use manuscript submission system, without manuscript formatting requirements
- Dedicated editors who are active in their specific communities
- High editorial standards, ensuring all published manuscripts undergo an in-depth peer review process
- Quick, efficient publication with full transparency on all publishing metrics and turnaround times
- Greater impact, reach, and visibility of your research through open access
- Retention of all ownership and copyright of your published research

Language editing and author services

Wiley Editing Services offers expert help with article preparation, including English Language Editing, translation, manuscript formatting, figure illustration, figure formatting, and graphical abstract design - so you can submit your manuscript with confidence.

Submission

At submission you will need to register for a Wiley Researcher ID if you do not already have one (no need to create a new account if you have previously submitted to a Wiley journal or used Wiley Online Library). You will be asked to upload your manuscript file which will automatically be scanned and displayed for you to verify and confirm before submitting. Please note that author details and emails for all co-authors are required at the point of submission. Your manuscript will then be sent on for editorial evaluation and peer review. For technical help, please contact submissionhelp@wiley.com.

Terms of submission

Manuscripts must be submitted on the understanding that they are not published, in press, or submitted elsewhere (with the exception that articles are permitted to be submitted to preprint servers). The submitting author is responsible for ensuring that the article's publication has been approved by all the other co-authors. It is also the submitting author's responsibility to ensure that the article has all necessary institutional approvals. Only an acknowledgment from the editorial office officially establishes the date of receipt. Further correspondence and proofs will be sent to the author(s) before publication,

unless otherwise indicated. It is a condition of submission that the authors permit editing of the manuscript for readability. All submissions are bound by the publisher's terms of service.

Peer review

The journal follows a single-anonymized peer review model, for applicable article types. Information on the Peer Review model can be found [here](#).

Wiley's policy on the confidentiality of the review process is available [here](#).

All submitted articles are subject to assessment and peer review to ensure editorial appropriateness and technical correctness.

Research published in the journal must be:

- Scientifically valid - adhering to accepted community standards of research.
- Technically accurate in its methods and results.
- Representative of a specific advance, or replication, or null/negative result, which is worthy of publication.
- As reproducible as possible - sharing underlying data, code, and supporting materials wherever able.
- Ethically sound and transparent - adhering to best practice with respect to animal and human studies, consent to publish, and clear declaration of potential conflicts of interests, both real and perceived.

In the spirit of sharing findings through our open science mission, emphasis is not placed on novelty, interest, or perceived impact. Replication studies, particularly of research published in this journal, are encouraged.

In order for an article to be accepted for publication, the assigned editor will first consider if the manuscript meets the minimum editorial standards and fits within the scope of the journal. If an article is considered suitable for the journal, the editor will ideally solicit at least two external peer reviewers (who will remain anonymous to the authors unless they choose to disclose their identity by signing the review report) to assess the article before confirming a decision to accept. Decisions to reject are at the discretion of the editor.

Our research integrity team will occasionally seek advice outside standard peer review, for example, on submissions with serious ethical, security, biosecurity, or societal implications. We may consult experts and the editor before deciding on appropriate actions, including but not limited to: recruiting reviewers with specific expertise, assessment by additional editors, and declining to further consider a submission.

Special Issues

Special Issues are subject to extensive review, during which journal Editors or Editorial Board input is solicited for each proposal. Our approval process includes an assessment of the rationale and scope of the proposed topic(s), and the expertise of Guest Editors, if any are involved. Special Issue articles must follow the same policies as described in the journal's Author Guidelines.

Editor/Editorial Board papers

Papers authored by Editors or Editorial Board members of the title are sent to Editors that are unaffiliated with the author or institution and monitored carefully to ensure there is no peer review bias.

Concurrent submissions

In order to ensure sufficient diversity within the authorship of the journal, authors will be limited to having three manuscripts under review at any point in time. If an author already has three manuscripts under review in the journal, they will need to wait until the review process of at least one of these manuscripts is complete before submitting another manuscript for consideration. This policy does not apply to editorials or other non-peer-reviewed manuscript types.

Article processing charges

The journal is open access. Article processing charges (APCs) allow the publisher to make articles immediately available online to anyone to read and reuse upon publication.

Preprints

The journal accepts articles previously published on preprint servers, and does not consider this to compromise the novelty of the results. Articles based on content previously made public only on a preprint server, institutional repository, or in a thesis will be considered. The preprint should be cited.

Clinical Trials

When publishing clinical trials, the journal aims to comply with the **recommendations** of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) on trial registration. Therefore, authors are requested to register the clinical trial presented in the manuscript in a public trial registry and include the trial registration number at the end of the abstract. Trials should be registered prospectively before patient recruitment has begun. Where this has not happened, the study must be registered retrospectively, and the date of registration should be clearly stated in the manuscript.

Preregistration of studies

Authors are encouraged to indicate whether the conducted research was preregistered in an independent, institutional registry (e.g., <http://clinicaltrials.gov/>, <https://www.socialscienceregistry.org/>, <http://osf.io/>, <https://egap.org/registry/>, <http://ridie.3ieimpact.org/>). Preregistration of studies involves registering the study design, variables, and treatment conditions prior to conducting the research.

Preregistration of analysis plans

Authors are encouraged to indicate whether or not the conducted research was preregistered with an analysis plan in an independent, institutional registry (e.g., <http://clinicaltrials.gov/>, <https://www.socialscienceregistry.org/>, <http://osf.io/>, <https://egap.org/registry/>, <http://ridie.3ieimpact.org/>). Preregistration of studies involves registering the study design, variables, and treatment conditions. Including an analysis plan involves specification of sequence of analyses or the statistical model that will be reported.

ORCID

At submission, an ORCID iD must be provided for the submitting author(s). If you already have an ORCID iD, you will be asked to provide it.

Article types

The journal will consider the following article types:

Research articles

Research articles should present the results of an original research study. These manuscripts should describe how the research project was conducted and provide a thorough analysis of the results of the project. Systematic reviews may be submitted as research articles.

Reviews

A review article provides an overview of the published literature in a particular subject area.

Formatting

The manuscript should be an editable doc./docx file including text and tables. Please provide figures in the highest resolution possible, whether this means they are embedded or provided separately.

Note: If the manuscript, figures, or tables are difficult for you to read, they will also be difficult for the editors and reviewers, and the editorial office will send them back for revision.

We recommend that all manuscripts include line numbers and follow the structure below:

Title and authorship information

The following information should be included:

- Manuscript title
- Full author names
- Full institutional mailing addresses
- Email addresses

Affiliations. The publisher remains neutral with regard to jurisdictional claims in institutional affiliations. Responsibility for affiliations ultimately rests with the author, although the publisher may request changes be made to countries listed in affiliations to ensure consistency across published output (for indexing and discovery reasons).

Abstract

The manuscript should contain an abstract. The abstract should be self-contained, citation-free, and should not exceed 300 words.

Introduction

This section should be succinct, with no subheadings.

Materials and methods

The methods section should provide enough detail for others to be able to replicate the study. If you have more than one method, use subsections with relevant headings, e.g. different models, in vitro and in vivo studies, statistics, materials and reagents, etc.

The journal has no space restriction on methods. Detailed descriptions of the methods (including protocols or project descriptions) and algorithms may also be uploaded as supplementary information or a previous publication that gives more details may be cited. If the method from a previous article is used then this article must be cited and discussed. If wording is reused from a published article then this must be noted, e.g. This study uses the method of Smith et al. and the methods description partly reproduces their wording [1].

If a method or tool is introduced in the study, including software, questionnaires, and scales, the license this is available under and any requirement for permission for use should be stated. If an existing method or tool is used in the research, the authors are responsible for checking the license and obtaining any necessary permission. If permission was required, a statement confirming permission was granted should be included in the materials and methods section.

Publishing protocols. We encourage authors describing any methodology, in particular laboratory-based experiments in the life sciences but also computational and bioinformatics protocols, to upload details of their methods to protocols.io. This is an open access website that allows researchers to record their methods in a structured way, obtain a DOI to allow easy citation of the protocol, collaborate with selected colleagues, share their protocol privately for journal peer review, and choose to make it publicly available. Once published, the protocol can be updated and cited in other articles.

You can make your protocol public before publication of your article if you choose, which will not harm the peer review process of your article and may allow you to get comments about your methods to adapt or improve them before you submit your article (see also the [protocols.io FAQ page](#)).

Results and discussion

This section may be divided into subsections or may be combined.

Main text (review only)

This section may be divided into subsections or may be combined.

Conclusions

This should clearly explain the main conclusions of the article, highlighting its importance and relevance.

Data availability

Authors must include a data availability statement with their submission.

When submitting a manuscript, submitting authors will be asked to select from several pre-written statements or use the text editor to tell us about data availability with regard to their submission. Review our [Data Sharing Policy](#) to understand which data availability statement is right for your submission.

Conflicts of interest

Authors must declare all relevant interests that could be perceived as conflicting. Authors should explain why each interest may represent a conflict. If no conflicts exist, the authors should state this. Submitting authors are responsible for co-authors declaring their interests.

Conflicts of interest (COIs, also known as 'competing interests') occur when issues outside research could be reasonably perceived to affect the neutrality or objectivity of the work or its assessment. For more information, see our [publication ethics policy](#). Authors must declare all potential interests - whether or

not they actually had an influence - in the conflicts of interest section, which should explain why the interest may be a conflict. If there are none, the authors should state: "The author(s) declare(s) that there is no conflict of interest regarding the publication of this article". Submitting authors are responsible for co-authors declaring their interests. Declared conflicts of interest will be considered by the editor and reviewers, and included in the published article.

Authors must declare current or recent funding (including for article processing charges) and other payments, goods or services that might influence the work. All funding, whether a conflict or not, must be declared in the funding statement. The involvement of anyone other than the authors who: i) has an interest in the outcome of the work; ii) is affiliated to an organization with such an interest; or iii) was employed or paid by a funder, in the commissioning, conception, planning, design, conduct, or analysis of the work, the preparation or editing of the manuscript, or the decision to publish must be declared.

You may be asked to make certain changes to your manuscript as a result of your declaration. These requests are not an accusation of impropriety. The editor or reviewer is helping you to protect your work against potential criticisms.

If you are in any doubt about declaring a potential conflict, remember that if it is revealed later - especially after publication - it could cause more problems than simply declaring it at the time of submission. Undeclared conflicts of interest could lead to a corrigendum or, in the most serious cases, a retraction.

Funding statement

Authors must state how the research and publication of their article was funded, by naming financially supporting body(s) (written out in full) followed by associated grant number(s) in square brackets (if applicable), for example: "This work was supported by the Engineering and Physical Sciences Research Council [grant numbers xxxx, yyyy]; the National Science Foundation [grant number zzzz]; and a Leverhulme Trust Research Project Grant".

If the research did not receive specific funding, but was performed as part of the employment of the authors, please name this employer. If the funder was involved in the manuscript writing, editing, approval, or decision to publish, please declare this.

Acknowledgments

All acknowledgments (if any) should be included at the very end of the manuscript before the references. Anyone who made a contribution to the research or manuscript, but who is not a listed author, should be acknowledged (with their permission).

References

Authors may submit their references in any style. If accepted, these will be reformatted in Chicago style by the publisher. Authors are responsible for ensuring that the information in each reference is complete and accurate. All references should be numbered consecutively in the order of their first citation. Citations of references in the text should be identified using numbers in square brackets e.g., "as discussed by Smith [9]"; "as discussed elsewhere [9, 10]". All references should be cited within the text and uncited references will be removed.

Citation standards. All data, program code, and other methods should be appropriately cited. Such materials should be recognized as original intellectual contributions and afforded recognition through citation.

Date formatting

Dates should be written out fully to avoid confusion with different all-numeral date styles. For example, 11/10/2018 could be 10 November 2018 or 11 October 2018 depending on the reader, therefore, the date should be written out in full. For example, the date September 1, 2018 should be used rather than 01/09/2018 or 09/01/2018.

Units of measurement

Units of measurement should be presented simply and concisely using the International System of Units (SI).

Preparation of figures

Upon submission of an article, authors should include all figures and tables in the file of the manuscript. If the article is accepted, authors will be asked to provide the source files of the figures. Each figure should be supplied in a separate electronic file. All figures should be cited in the manuscript in a consecutive order. Figures should be supplied in either vector art formats (Illustrator, EPS, WMF, FreeHand, CorelDraw, PowerPoint, Excel, etc.) or bitmap formats (Photoshop, TIFF, GIF, JPEG, etc.). Bitmap images should be of 300 dpi resolution at least unless the resolution is intentionally set to a lower level for scientific reasons. If a bitmap image has labels, the image and labels should be embedded in separate layers.

Maps. The publisher remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps. For reasons of consistency, authors are requested to use accepted standard maps as the basis for map figure drawing, for example using the latest standard base-map of Map Press. Responsibility for maps rests with the author and it is their responsibility to also provide any copyright or licence information when using maps that are not owned or created by the author (e.g. Google Maps, etc.)

Preparation of tables

Tables should be cited consecutively in the text. Every table must have a descriptive title and if numerical measurements are given, the units should be included in the column heading. Vertical rules should not be used.

Supplementary materials are the additional parts to a manuscript, such as audio files, video clips, or datasets that might be of interest to readers. A section titled supplementary material should be included before the references list with a concise description for each supplementary material file. Supplementary materials are not modified by our production team. Authors are responsible for providing the final supplementary material files that will be published along with the article.

Proofs

Corrected proofs must be returned to the publisher within two to three days of receipt. The publisher will do everything possible to ensure prompt publication.

Copyright and permissions

Authors retain the copyright of their manuscripts, and all open access articles are distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use, distribution, and

reproduction in any medium, provided that the original work is properly cited.

The use of general descriptive names, trade names, trademarks, and so forth in this publication, even if not specifically identified, does not imply that these names are not protected by the relevant laws and regulations. The submitting author is responsible for securing any permissions needed for the reuse of copyrighted materials included in the manuscript.

While the advice and information in this journal are believed to be true and accurate on the date of its going to press, neither the authors, the editors, nor the publisher can accept any legal responsibility for any errors or omissions that may be made. The publisher makes no warranty, express or implied, with respect to the material contained herein.

Reporting guidelines

Authors are strongly encouraged to use appropriate reporting guidelines when preparing and submitting manuscripts, to maximize transparency and reproducibility. Our editors and reviewers are also encouraged to use them in the review process. Completed checklists should be provided in the supplementary files on submission. We particularly encourage the use of:

- CONSORT for randomized controlled trials
- TREND for non-randomized trials
- PRISMA for systematic review and meta-analyses
- CARE for case reports
- STROBE for observational studies
- STREGA for genetic association studies
- SRQR for qualitative studies
- STARD for diagnostic accuracy studies
- ARRIVE for animal experiments

Ethical guidelines

For any experiments on humans, all work must be conducted in accordance with the [Declaration of Helsinki \(1964\)](#). Manuscripts describing experimental work that carries a risk of harm to human subjects must include a statement that the experiment was conducted with the human subjects' understanding and written informed consent, as well as a statement that the responsible ethics committee has approved the experiments.

In the case of any animal experiments, the authors must provide a full description of any anaesthetic or surgical procedure used, as well as evidence that all possible steps were taken to avoid animal suffering at each stage of the experiment. Approval must be obtained from the relevant ethics committee/Institutional Animal Care and Use Committee where required.

This journal uses iThenticate's CrossCheck software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. Read [Wiley's Top 10 Publishing Ethics Tips for Authors](#) and [Wiley's Publication Ethics Guidelines](#).

Appeals

Authors may appeal if they feel that the decision to reject was based on: i) a major misunderstanding over a technical aspect of the manuscript; or ii) a failure to understand the scientific advance shown by the manuscript. Appeals requesting a second opinion without sufficient justification will not be

considered. To lodge an appeal, please contact the journal by email, quoting your manuscript number. Appeals will only be considered from the original submitting author.

 Sign up for email alerts

Enter your email to receive alerts when new articles and issues are published.

Email address

Enter email

Continue

Tools

 [Submit an article](#)

 [Journal Metrics](#)

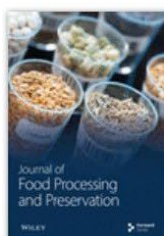
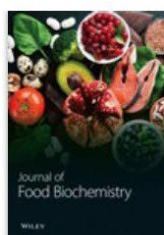
For submissions started prior to April 16, 2024, please visit [Phenom](#) to manage or complete your submission.

Wiley Editing Services

Professionally-edited manuscripts are **accepted more than twice as often**. Take the stress out of manuscript writing with Article Preparation services.

- [English Language Editing](#) >
- [Figure Formatting](#) >
- [Manuscript Formatting](#) >
- [Manuscript Language Checker \(Free\)](#) >
- [Graphical Abstract Design](#) >
- [View all services](#) >

Related Titles



ABOUT WILEY ONLINE LIBRARY

[Privacy Policy](#)
[Terms of Use](#)
[About Cookies](#)
[Manage Cookies](#)
[Accessibility](#)

[Wiley Research DE&I Statement and Publishing Policies](#)
[Developing World Access](#)

HELP & SUPPORT