

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO DA
REGIÃO CENTRO-OESTE

IARA PENZO BARBOSA

**EFEITO DO ÓLEO MICROENCAPSULADO DAS AMÊNDOAS DO BACURI
(*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) E DO EXERCÍCIO AERÓBICO EM
PARÂMETROS FÍSICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR**

CAMPO GRANDE

2024

IARA PENZO BARBOSA

**EFEITO DO ÓLEO MICROENCAPSULADO DAS AMÊNDOAS DO BACURI
(*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) E DO EXERCÍCIO AERÓBICO EM
PARÂMETROS FÍSICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste. Linha de Pesquisa: Nutrição e Metabolismo.

Orientador: Prof. Dr. Valter Aragão do Nascimento.

Coorientador: Prof. Dr^a. Fabiane La Flor Ziegler Sanches.

CAMPO GRANDE

2024

IARA PENZO BARBOSA

**EFEITO DO ÓLEO MICROENCAPSULADO DAS AMÊNDOAS DO BACURI
(*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) E DO EXERCÍCIO AERÓBICO PARÂMETROS
FÍSICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste. Linha de Pesquisa: Nutrição e Metabolismo.

Orientador: Prof. Dr. Valter Aragão do Nascimento.

Coorientador: Prof. Dr^a. Fabiane La Flor Ziegler Sanches.

Banca examinadora:

Nota/conceito

Valter Aragão do Nascimento – Programa de Pós-Graduação
em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste – UFMS

Bruna Paolo Murino Rafacho – Programa de Pós-Graduação
em Biotecnologia – UFMS

Karine de Cássia Freitas – Programa de Pós-Graduação
em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste – UFMS

Priscila Aiko Hiane – Programa de Pós-Graduação
em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste – UFMS

AVALIAÇÃO FINAL: () Aprovada

() Reprovada

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Vera Penzo por ter sido a primeira a me mostrar que o caminho da pesquisa acadêmica é possível e por me dar o apoio e as condições necessárias para me dedicar exclusivamente aos estudos.

Agradeço a Nathan Alves por ter literalmente estado do meu lado durante todo o processo.

Agradeço a minha família, meu pai, meu padrasto, meus avós e minhas tias por estarem comigo.

Agradeço aos meus amigos do Rinogruppo e do grupo do Café, em especial Glória Menta, Wilker Coppes, Helena Cristaldo, Bárbara Borges, Clara Jara, Edna Bazachi e Eliany Salvatierra por me apoiarem, incentivarem e acreditarem em mim. Agradeço também aos amigos Amanda Gomes, João Pedro, Tafny Escobar, Fernanda Mendes Juliana Arruda e Isabella Pompeu por representarem para mim momentos de alegria em meio a ansiedade.

Agradeço a Lethícia Barbosa pela parceria, companheirismo e por tornar os dias nos laboratórios mais leves e engraçados.

Agradeço a Mariana Falaschi por compartilhar comigo a vivência do mestrado.

Agradeço ao professor Valter Aragão pela orientação e a professora Fabiane pelo acompanhamento durante todo o processo do mestrado e pela orientação.

Agradeço ao Flávio Conche e a Mayara Vasconcelos por terem me apresentado o bacuri e toda sua potencialidade.

Agradeço a professora Elisvânia pela colaboração e orientação durante o experimento.

Agradeço ao professor Wander Filiú pela realização das análises bioquímicas.

Agradeço aos técnicos Osmar Ferreira, Márcio Figueiredo, Willian Gonçalves e Taiz Siqueira por estarem sempre disponíveis para me guiar.

Agradeço a toda equipe do Biotério UFMS, em especial, a veterinária Maria Paula por toda a ajuda.

Agradeço ao aluno de Iniciação Científica Matheus Pereira por toda a contribuição durante a execução do projeto de pesquisa.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro, essencial para que a pesquisa acontecesse.

Agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte deste processo, toda contribuição foi importante, obrigada!

RESUMO

As amêndoas do fruto bacuri (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) têm sido alvo de pesquisas por suas propriedades funcionais e presença de compostos bioativos, os quais são melhor conservados pelo processo de microencapsulação. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da utilização do óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri (OMB) em parâmetros físicos e bioquímicos de ratos Wistar submetidos ao exercício aeróbico. As dietas foram preparadas conforme as especificações da AIN-93 M, com substituição do óleo de soja pelo OMB. Foram utilizados 32 ratos Wistar machos adultos, divididos nos grupos: G1 (C-S): AIN93-M sedentário; G2 (OMB-S): AIN93-M com OMB sedentário; G3 (C-EX): AIN93-M exercitado; e G4 (OMB-EX): AIN93-M com OMB exercitado, e submetidos a treinamento aeróbio em esteira por 8 semanas. Foi verificada a composição corporal dos animais, o consumo alimentar e parâmetros bioquímicos. Os resultados mostram que o OMB é rico em ácidos graxos de cadeia média (AGCM), que o ganho de peso foi menor no grupo OMB-EX em relação ao grupo C-S ($p<0,05$), o peso da gordura visceral total e o índice de adiposidade visceral foram menores no grupo C-EX em relação ao grupo C-S ($p<0,05$). Os triglicerídeos séricos foram menores nos grupos C-EX e OMB-EX em relação ao OMB-S ($p<0,05$), HDL final do grupo OMB-EX foi maior que o inicial. Em conclusão, destaca-se o possível efeito sinérgico do uso do OMB, rico em AGCM, e da prática de exercícios físicos aeróbico na melhoria de parâmetros relacionados a composição corporal e parâmetros bioquímicos de triglicerídeos e HDL.

Descritores: Frutas, óleos vegetais, roedores.

ABSTRACT

The almonds of the bacuri fruit (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) have been a subject of research due to their functional properties and the presence of bioactive compounds, which are better preserved through the microencapsulation process. The objective of this study was to verify the effect of supplementation with Microencapsulated Oil from Bacuri almonds (OMB) on physical and biochemical parameters of Wistar rats submitted to aerobic exercise. The diets were prepared in accordance with AIN-93 M specifications, replacing soybean oil with OMB. Thirty-two adults male Wistar rats were used, divided into groups: G1 (C-S): AIN93-M sedentary; G2 (OMB-S): AIN93-M with sedentary OMB; G3 (C-EX): AIN93-M exercised; and G4 (OMB-EX): AIN93-M with OMB exercised, and submitted to aerobic training on a treadmill for 8 weeks. The animals' body composition, food consumption and biochemical parameters were verified. The results show that OMB is rich in medium chain fatty acids (MCFA), that weight gain was lower in the OMB-EX group compared to the C-S group ($p<0.05$), the weight of total visceral fat and the visceral adiposity index were lower in the C-EX group compared to the C-S group ($p<0.05$). Serum triglycerides were lower in the C-EX and OMB-EX groups compared to OMB-S ($p<0.05$), final HDL in the OMB-EX group was higher than the initial one. To conclude, the possible synergistic effect of using OMB, rich in AGCM, and the practice of aerobic physical exercises in improving sessions related to body composition and biochemical parameters of triglycerides and HDL stands out.

Descriptors: Fruits, plant oils, rodents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Palmeira de bacuri com frutos	15
Figura 2 - A) Fruto bacuri maduro; B) Cacho de frutos verdes.	16
Figura 3 - Corte transversal do fruto bacuri indicando sua composição.	16
Figura 4 - Processo de extração do óleo das amêndoas do bacuri. A e B) Amêndoas do bacuri; C e D) Farinha das amêndoas; E) Farinha das amêndoas em cartuchos de celulose; F) Óleo sendo extraído em rotaevaporador.....	255
Figura 5 - Processo de preparo das rações. A) Peneiração dos ingredientes secos; B) Mistura dos ingredientes secos; C) Homogeneização após adição dos ingredientes líquidos; D) Rações peletizadas; E) Rações peletizadas na estufa; F) Rações secas armazenadas sob refrigeração.	288
Figura 6 - Delineamento dos grupos experimentais.	299
Figura 7 - Esteira rolante para ratos.....	300
Figura 8 - Mensuração da circunferência abdominal de um animal.....	31
Figura 9 - Placa de vidro com órgãos retirados de um animal: A) Rins; B) Fígado; C) Pulmão; D) Coração; E) Gordura peritoneal, F) Músculo gastrocnêmio; G) Músculo sóleo; H) Baço; I) Gordura perirrenal e J) Gordura epididimal.	322

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre valores de ácidos graxos.....	17
Tabela 2 - Composição de ácidos graxos do óleo da amêndoa do bacuri.	18
Tabela 3 - Composição da dieta AIN-93 M e da dieta com o Óleo Microencapsulado do Bacuri (OMB).....	27

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AG	Ácidos Graxos
AGCM	Ácidos Graxos de Cadeia Média
FACFAN	Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição
IAV	Índice de Adiposidade Visceral
IE	Ingestão de Energia
LQFA	Laboratório de Análises Físico-Química de Alimentos
OMB	Óleo Microencapsulado das amêndoas do Bacuri
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UNICAL	Unidade de Ciência de Alimentos
VO _{2máx}	Volume de Oxigênio Máximo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Bacuri (<i>Attalea phalerata</i> (Mart.) ex Spreng).....	15
2.2	Ácidos graxos de cadeia média	19
2.3	Microencapsulação	21
2.4	Exercício aeróbico.....	22
3	OBJETIVOS	24
3.1	Objetivo geral.....	24
3.2	Objetivos específicos.....	24
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Matérias-primas	24
4.2	Métodos	25
4.2.1	<u>Processamento dos frutos para obtenção do óleo</u>	<u>25</u>
4.2.2	<u>Preparo das microcápsulas.....</u>	<u>26</u>
4.2.3	<u>Determinação do perfil lipídico do óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri..</u>	<u>26</u>
4.2.4	<u>Elaboração e composição centesimal das dietas experimentais</u>	<u>27</u>
4.3	Ensaio in vivo	29
4.3.1	<u>Protocolo experimental</u>	<u>29</u>
4.3.2	<u>Protocolo experimental de exercícios</u>	<u>30</u>
4.4	Métodos analíticos	31
4.4.1	<u>Composição corporal</u>	<u>31</u>
4.4.2	<u>Ingestão dietética e eficiência alimentar.....</u>	<u>32</u>
4.4.3	<u>Análises bioquímicas</u>	<u>32</u>
4.5	Análise estatística.....	33
4.6	Aspectos éticos	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÕES.....	33
7	REFERÊNCIAS	34
	ANEXO A – COMPROVANTE DE CADASTRO NO SISGEN	44
	ANEXO B – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO PELA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL/UFMS.....	45

APÊNDICE A – ARTIGO NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL POTENTIAL AND APPLICABILITY OF THE FRUIT OF THE BRAZILIAN CERRADO AND PANTANAL ACURI (ATTALEA PHALERATA (MART.) EX SPRENG.): A NARRATIVE REVIEW	46
APÊNDICE B – ARTIGO EFEITO DO ÓLEO MICROENCAPSULADO DAS AMÊNDOAS DO BACURI (ATTALEA PHALERATA (MART.) EX SPRENG.) E DO EXERCÍCIO AERÓBICO EM PARÂMETROS FÍSICOS E BIOQUÍMICOS DE ANIMAIS	82

1 INTRODUÇÃO

As amêndoas do bacuri têm sido alvo de pesquisas na área de nutrição esportiva por seu importante conteúdo de lipídios e de proteínas, apresentando, respectivamente, em torno de 70 e 30% desses nutrientes (Lima e Silva *et al.*, 2014). As amêndoas também já foram utilizadas para o desenvolvimento de um suplemento proteico, sendo observada uma boa aceitação por praticantes de atividade física (Semidei *et al.*, 2020). Ramos *et al.* (2017) verificaram o efeito da suplementação com amêndoas de bacuri na composição corporal de ratos submetidos ao exercício resistido, concluindo que é possível recomendar seu uso como uma fonte vegetal alternativa e de baixo custo, sendo uma opção para atletas e esportistas vegetarianos.

O óleo das amêndoas do fruto teve sua composição de ácidos graxos (AG) estudada por Baldivia *et al.* (2018), sendo o óleo composto por 64,31% de AG saturados com destaque para o ácido láurico representando 28,87%, por 30,90% de AG monoinsaturados e por 4,79% de AG poliinsaturados. O ácido láurico, assim como o caprílico, cáprico e capróico, são considerados ácidos graxos de cadeia média (AGCM), ou seja, contém de 6 a 12 átomos de carbonos nas suas moléculas (Cintra, 2020) e juntos representam 37,11% da composição de AG do óleo das amêndoas. Lima *et al.* (2021), em uma revisão de literatura, reuniram artigos que indicam os benefícios da suplementação com AGCM, como o aumento da atividade oxidativa mitocondrial no músculo, atividade de prevenção da obesidade, controle de diabetes e de doenças cardiovasculares.

O óleo das amêndoas do bacuri também já foi estudado pelos efeitos da sua suplementação em ratos Wistar obesos, sendo observado menor ganho de peso, menor depósito de tecido adiposo mesentérico, efeito hipocolesterolêmico e fezes com maior teor de umidade e lipídios, em comparação com o grupo que não recebeu a suplementação (Baldivia *et al.*, 2018). Os autores também acreditam que os efeitos se devem a composição de ácidos graxos do óleo e ainda destacam o potencial do seu uso como alimento funcional e suplemento nutricional, considerando a importância dos efeitos citados acima.

A microencapsulação representa uma forma de preservar compostos com efeitos benéficos, como observado no estudo de Oliveira (2019) que verificou que o óleo da castanha-do-Brasil microencapsulado se apresentou mais estável quando comparado ao óleo bruto, demonstrando também a propriedade das microcápsulas de proteção frente a oxidação lipídica. Comunian e Favaro-Trindade (2016) ainda destacam a proteção contra outros fatores externos, como “luz, altas concentrações de oxigênio, calor, umidade, prevenção da evaporação de compostos

voláteis, mascarar sabores e odores desagradáveis e para desenvolvimento de produtos de valor agregado”.

Lima (2014) desenvolveu microcápsulas do óleo da polpa do bacuri, com o objetivo de proteger o óleo da oxidação lipídica, do escurecimento enzimático, da perda de compostos bioativos e da atividade antioxidante. O autor avaliou o teor de compostos fenólicos e carotenoides, que são compostos bioativos, e a atividade antioxidante, concluindo que a microencapsulação por coservação complexa é efetiva. Para outros frutos do Cerrado e Pantanal que tiveram seus óleos microencapsulados, como o pequi (*Caryocar brasiliense*) e a bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.), o processo de encapsulação contribuiu para conservação de propriedades funcionais e para biodisponibilidade de compostos (Justi; Sanjinez-Argandoña; Macedo, 2018; Lescano, 2013).

A promoção de uma vida saudável tem como base a alimentação equilibrada, onde importa a qualidade dos nutrientes ingeridos, em especial o tipo de ácido graxo consumido, bem como a prática regular de atividade física (Brasil, 2008). Os benefícios do exercício aeróbico a curto e a longo prazo são bem estabelecidos na literatura, sabe-se que há melhorias na saúde cardiovascular, em parâmetros bioquímicos, na saúde mental, na prevenção e tratamento de doenças, entre outras (Bouaziz *et al.*, 2023). A World Health Organization (2020) recomenda para adultos a prática de 150 a 300 minutos de atividade física aeróbica de moderada intensidade por semana e destaca benefícios como a diminuição da mortalidade, melhora da saúde cognitiva e do sono.

Assim, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da **utilização** do óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) em parâmetros físicos e bioquímicos de ratos Wistar submetidos ao exercício aeróbico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Foi elaborado um artigo com o título Nutritional and Functional Potential and Applicability of the Fruit of the Brazilian Cerrado and Pantanal Acuri (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.): a narrative review para ser submetido a revista Journal of Ethnic Foods (Qualis A1). O objetivo do estudo foi realizar uma revisão do conhecimento científico sobre o acuri quanto às suas propriedades nutricionais, fisiológicas funcionais e aplicabilidades

tecnológicas e populares, considerando-se sua importância e seu potencial. O artigo na íntegra está no apêndice A.

2.1 Bacuri (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng)

O bacuri, da espécie *Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng, também chamado de acuri, *mudji* ou uricuri, é uma planta alimentícia nativa encontrada em Mato Grosso do Sul e é uma das palmeiras (Figura 1) características do Pantanal, onde grandes aglomerados da planta são chamadas de “acurizal”, e também do bioma do Cerrado (Damasceno-Junior; Souza, 2010; Bortolotto; Damasceno Junior; Pott, 2018; Negrelle, 2015).

Figura 1 - Palmeira de bacuri com frutos

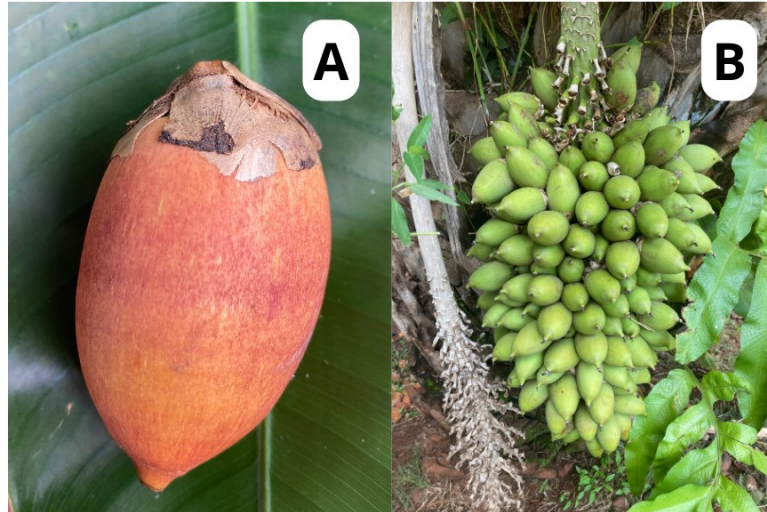


Fonte: a autora (2023).

A palmeira, o fruto, as folhas, as flores e as sementes possuem uma vasta diversidade de utilizações, isto somado ao fato de que a planta pode ser amplamente encontrada em Mato Grosso do Sul, indicando um grande potencial econômico (Negrelle, 2015). Por ser utilizado pelas populações locais do Cerrado-Pantanal, o aproveitamento dos frutos representa uma valorização dos saberes regionais e uma forma de conservação desses biomas (Damasceno-Junior; Souza, 2010). Cada palmeira gera 2 a 3 infrutescências com 350 a 700 frutos, essa alta produção somada a ocorrência desta planta como uma formação homogênea favorece uma produção sustentável e em larga escala, também apontando para o potencial de aproveitamento do fruto, principalmente para a indústria alimentícia (Rios, Pacheco, 2006; Bortolotto, Damasceno Junior, Pott, 2018).

Os frutos ficam organizados em cachos (Figura 2) e quando maduros, possuem coloração que varia do amarelo ao laranja, formato oval e podem ser colhidos no chão ou sacudindo o cacho, nos meses de outubro a fevereiro (Hiane *et al.*, 2003; Damasceno-Junior; Souza, 2010; Lescano *et al.*, 2018).

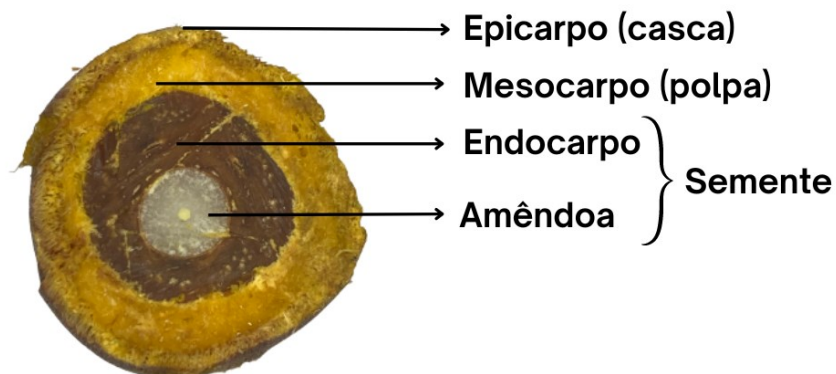
Figura 2 - A) Fruto bacuri maduro; B) Cacho de frutos verdes.



Fonte: a autora (2023).

Cada fruto possui de 1 a 6 amêndoas, envoltas em um endocarpo lenhoso, um mesocarpo (polpa) e um epicarpo (casca) também lenhosos (Rios; Pacheco, 2006), conforme esquematizado na Figura 3. A semente corresponde a aproximadamente 48% do fruto, e a amêndoa 6,21% (Lescano *et al.*, 2018).

Figura 3 - Corte transversal do fruto bacuri indicando sua composição.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

As amêndoas têm sido alvo de pesquisas na área de nutrição esportiva por seu importante conteúdo de proteínas. Lima e Silva *et al.* (2014) constataram que os principais

componentes presentes na farinha das amêndoas do bacuri são lipídios (70,96%) e proteínas (10,60%), quando a farinha é desengordurada o valor de proteínas ($28,87 \pm 2,34 \text{g}/100\text{g}$) e de fibras totais ($55,06 \text{g}/100\text{g}$) é que se destaca, como avaliado por Cunha *et al.* (2021). Semidei *et al.* (2020), desenvolveram um suplemento proteico utilizando a farinha da amêndoa do fruto, sendo observada uma boa aceitação por praticantes de atividade física. Ramos *et al.* (2017) verificaram o efeito da suplementação com amêndoa de bacuri na composição corporal de ratos submetidos ao exercício resistido, concluindo que é possível recomendar seu uso como uma fonte vegetal alternativa e de baixo custo, sendo uma opção para atletas e esportistas vegetarianos.

Além disso as amêndoas do bacuri possuem quantidades significativas de manganês, zinco, cobre, fósforo, magnésio e ferro (Damasceno Júnior; Souza, 2010). Esses minerais possuem diversas funções benéficas ao nosso organismo (Cozzolino, 2020), em especial o magnésio e o zinco, que além de serem considerados anti-inflamatórios, tem atuações no sistema cardiovascular, na contração muscular e no metabolismo da glicose e da insulina, já o zinco é cofator de mais de 300 tipos de metaloenzimas e tem função antioxidante durante o exercício (Castilho; Ornellas, 2014; Cunha *et al.*, 2011; Shivappa *et al.*, 2014).

Para além das proteínas e minerais, o óleo da amêndoa já teve sua composição de Ácidos Graxos (AG) estudada por Miyahira *et al.* (2010) e por Baldivia *et al.* (2018). Miyahira *et al.* (2010) observaram que o óleo é composto por 73,91% de AG saturados e 26,09% de AG insaturados, enquanto Baldivia *et al.* (2018) constataram teores de 64,31% de AG saturados, 30,90% de AG monoinsaturados e 4,79% de AG poliinsaturados (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação entre valores de ácidos graxos.

Teor de ácidos graxos (%)	Miyahira <i>et al.</i> (2010)	Baldivia <i>et al.</i> (2018)
Ácidos graxos saturados	73,91	64,31
Ácidos graxos monoinsaturados	26,09	30,90
Ácidos graxos poliinsaturados	26,09	4,79

Os autores citados anteriormente mostram que óleo das amêndoas do bacuri tem presente predominantemente o ácido láurico, representando 35,11% e 28,87% (Tabela 2), respectivamente. O ácido láurico, assim como o caprílico, cáprico e capróico, é um ácido graxo de cadeia média, ou seja, tem de 6 a 12 carbonos nas suas moléculas (Ferreira; Barbosa; Ceddia, 2003).

Tabela 2 - Composição de ácidos graxos do óleo da amêndoa do bacuri.

Ácidos graxos	Miyahira <i>et al.</i> (2010)	Baldivia <i>et al.</i> (2018)
Caproico	-	0,27
Caprílico	5,75	3,84
Caprico	6,04	4,13
Láurico	35,11	28,87
Mirístico	11,53	12,00
Pentadecanoico	-	0,03
Palmítico	2,22	10,70
Margárico	-	0,04
Estearico	4,27	4,24
Eicosanóico	-	0,10
Docosanóico	-	0,02
Lignocérico	-	0,07
Palmitoleico	0,27	0,06
cis-10-heptadecenóico	-	0,03
Heptadecanóico	8,99	-
Oleico	22,64	30,70
Eicosenóico	-	0,11
Linoleico	5,12	4,75
α - Linolênico	-	0,04

O óleo das amêndoas do bacuri também já foi estudado pelos efeitos da sua suplementação em ratos Wistar obesos, sendo observado menor ganho de peso, menor depósito de tecido adiposo mesentérico, efeito hipocolesterolêmico e fezes com maior teor de umidade e lipídios, em comparação com o grupo que não recebeu a suplementação (Baldivia *et al.*, 2018). Os autores acreditam que os efeitos se devem a composição de ácidos graxos do óleo e ainda destacam o potencial do seu uso como alimento funcional e suplemento nutricional, considerando a importância dos efeitos citados acima.

2.2 Ácidos graxos de cadeia média

Os ácidos graxos, moléculas fundamentais dos lipídios, podem ser classificados de acordo com suas insaturações (duplas-ligações), podendo ser saturados, monoinsaturados ou polinsaturados, de acordo com o tamanho de suas cadeias carbônicas, podendo ser curta (2 a 6 carbonos), média (8 a 12 carbonos) ou longa (14 a 24 carbonos), e de acordo com a família a que pertencem, podendo ser classificados como ômega 3, 6, 7 ou 9. Essas classificações conferem aos ácidos graxos características específicas sobre seus modos de absorção e utilização. Nos alimentos, os AG estão presentes na forma de Triglicerídeos (TG), sendo os Triglicerídeos de Cadeia Média (TCM) moléculas formadas por três AGCM ligados a uma molécula de glicerol (Cintra, 2020). Os ácidos graxos de cadeia média são o ácido láurico (C6:0), o ácido caprílico (C8:0), o ácido cáprico (C10:0) e o ácido capróico (C12:0) (Jadhav; Annapure, 2022).

No organismo, a digestão de lipídios inicia com a mastigação e salivação, onde atua a enzima lipase lingual. Os TG ingeridos na alimentação chegam no intestino, em parte, no formato de AG livres e emulsificados por sais biliares. No caminho para porção final do intestino, atuam também outras enzimas digestivas, como a lipase pancreática, e os sais biliares garantindo a hidrólise de TG. Tais moléculas hidrolisadas formam micelas, que são estruturas permeáveis a barreira dos enterócitos, assim a micela dispersa seu conteúdo na membrana celular. Nos enterócitos, os AG são transformados novamente em TG, os quais fazem parte da composição da lipoproteína denominada de quilomícrons, que apresentam a função de transportar os lipídios aos tecidos através dos vasos linfáticos (Martinovich; Cruz, 2023; Cintra, 2020).

Como a cadeia carbônica dos TCM é menor, sua metabolização é mais rápida e completa. Acredita-se que os TG contendo AGCM são absorvidos de forma direta nos enterócitos, sem a atuação das lipases linguais, gástrica e pancreáticas, e então, no enterócito são hidrolisados por lipases intracelulares linfáticas e transportadas diretamente ao fígado pela veia porta hepática, sem passar pelo sistema linfático. Uma vez no fígado são transformados em corpos cetônicos que funcionam como fonte de energia rápida para o corpo e não são primariamente armazenados como gordura (Cintra, 2020; Jadhav; Annapure, 2022; Martinovich; Cruz, 2023).

Não há uma recomendação base de ingestão de TCM/AGCM, porém o posicionamento sobre o consumo de gordura e saúde cardiovascular, da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2021), menciona que eles podem ser utilizados para o tratamento de hiperquilomicronemia

familiar justamente por sua absorção direta que não eleva a concentração plasmática de TG séricos.

Apesar de não existir uma recomendação específica de ingestão, estudos como a revisão de literatura de Jadhav e Annapure (2022) reúnem trabalhos que abordam os benefícios de uma dieta rica em TCM, dentre eles uma alta saciedade, aumento da oxidação lipídica e aumento no gasto de energia, fatores que contribuem para o menor ganho de peso, além de proporcionar melhorias na memória e possuir propriedades antimicrobianas. Também foi observado que a suplementação de TCM/AGCM contribui para menor deposição de tecido adiposo devido ao aumento da termogênese e da oxidação de lipídios (Nagao; Yanagita, 2010).

Em relação aos parâmetros bioquímicos, McKenzie et al. (2021) conduziram uma revisão sistemática para determinar os efeitos dos AGCM, com 6 a 10 carbonos, sobre o perfil de lipídios sanguíneos e concluíram que os AGCM não causam aumento nos valores de colesterol total, LDL e HDL, apenas de TG, mas ainda assim os indicam como alternativas mais saudáveis que os AG saturados de cadeia longa.

Estudos também mostram que a ingestão de AGCM/TCM é benéfica para a prática de atividades físicas. No estudo de Wang et al. (2018) o consumo de uma dieta contendo TCM melhorou a *performance* no exercício em esteira através do aumento da expressão de proteínas envolvidas na biogênese e metabolismo de mitocôndrias. Outro estudo, de Nosaka et al. (2009) indicou que a ingestão, mesmo que por um curto período, de dieta contendo pequenas quantidades de TCM favorece a utilização de AG para geração de energia em detrimento da utilização de carboidratos, o que impede o aumento da concentração de lactato sanguíneo, diminui a percepção subjetiva de esforço e aumenta a duração de exercícios antes da exaustão. Berning (1995) explica que a disponibilidade de AGCM durante o exercício poupa o uso de glicogênio muscular, o que aumenta a capacidade de *performance* de indivíduos, garantindo que seu uso é vantajoso para o exercício.

Triglicerídeos de cadeia média são encontrados naturalmente no óleo de côco, óleo de amêndoas de palmeiras e no leite bovino, e precisam passar por um refinamento para obtenção de AGCM, que também podem ser sintetizados artificialmente (Jadhav; Annapure, 2022). O óleo das amêndoas do bacuri representa uma fonte natural de AGCM, com potencial para utilização.

2.3 Microencapsulação

A microencapsulação possui diversas aplicabilidades, como na área da agricultura, farmácia, indústria alimentícia, indústria química e para geração de energia (Dubey; Shami; Rao, 2009). Em especial na área de tecnologia de alimentos é empregada para proteção de compostos, garantir que serão liberados de forma controlada e em seu local de ação e mascarar sabores e odores desagradáveis (Choudhury; Meghwal; Das, 2021).

O processo de microencapsulação consiste em cercar ou imobilizar um composto, chamado de recheio, com um ou mais materiais, chamados de materiais de parede. A coacervação complexa é um método físico-químico de microencapsulação que tem como base a interação eletroestática entre dois polímeros com cargas opostas, sendo uma boa escolha para encapsulação de compostos hidrofóbicos e lipofílicos (Comunian; Favaro-Trindade, 2016), como é o óleo das amêndoas do bacuri. Os polímeros mais utilizados são a gelatina e a goma arábica, justamente por serem de cargas opostas e de baixo custo (Alvim; Grosso, 2010), além de serem facilmente adquiridos em comércio local.

A microencapsulação por coacervação complexa favorece a liberação prolongada por difusão e a liberação desencadeada por condições específicas de pH, por desidratação, efeito mecânico, dissolução ou ação enzimática (Madene *et al.*, 2005). Marfil *et al.* (2016) avaliou a produção e caracterização de microcápsulas de óleo de palmeiras obtidas por coacervação complexa com gelatina e goma arábica e constatou que as microcápsulas são rompidas em pH de $9,5 \pm 0,2$, ou seja, não são rompidas no pH do estômago, o que permite a liberação do óleo somente no intestino. Esse tipo de liberação prolongada de lipídios é de interesse para indústria alimentícia e farmacêutica (Li; McClements, 2011).

Lima (2014) desenvolveu microcápsulas do óleo da polpa do bacuri, com o objetivo de proteger o óleo da oxidação lipídica, do escurecimento enzimático, da perda de compostos bioativos e da atividade antioxidante. O autor avaliou o teor de compostos fenólicos e carotenoides, que são compostos bioativos, e a atividade antioxidante, concluindo que a microencapsulação por coacervação complexa é efetiva. Para outros frutos do Cerrado e Pantanal que tiveram seus óleos microencapsulados, como o pequi (*Caryocar brasiliense*) e a bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.), o processo de encapsulação contribuiu para conservação de propriedades funcionais e para biodisponibilidade de compostos (Justi, Sanjinez-Argandoña & Macedo, 2018; Lescano, 2013).

A microencapsulação é um processo aplicado também para incorporar ácidos graxos polinsaturados em alimentos, como uma ferramenta de proteção a oxidação que pode ocorrer durante o processamento e armazenamento. Os lipídios poliinsaturados ω -3 microencapsulados já foram aplicados em produtos lácteos, pães, barras de cereais, sopas em pó, bebidas e também para ração de animais. O propósito dessa aplicação é aumentar a ingestão diária de lipídios polinsaturados, que geralmente é baixa na população (Hermida; Gallardo, 2015). Rutz et al. (2017) realizaram a observação que a microencapsulação do óleo da palmeira dendezeiro e sua posterior aplicação em alimentos como pão e iogurte, é eficaz na preservação e liberação de compostos e tem potencial de utilização na indústria de alimentos.

Calderon-Oliver e Ponce-Alquicirria (2022) reúnem artigos focados no sucesso da incorporação de microcápsulas a matrizes alimentares, diversos óleos e compostos bioativos podem ser utilizados para aumentar a vida útil, melhorar a qualidade sensorial e adicionar propriedades funcionais a alimentos. De forma geral, o processo de microencapsulação representa uma forma de criar novos produtos com propriedades funcionais, sendo uma área de relevância crescente da indústria alimentícia e farmacêutica com grande potencial de expansão (Choudhury; Meghwal; Das, 2021).

2.4 Exercício aeróbico

O exercício aeróbico é definido como qualquer atividade em que o metabolismo aeróbico está ativo, ou seja, o oxigênio é utilizado para produção de energia. Pedalar, dançar, correr e nadar, atividades de longa duração e menor intensidade, que utilizam grandes grupos musculares, são mantidas de forma contínua e rítmicas, são exemplos desse tipo de exercício. Uma forma de avaliar a intensidade do exercício é pela capacidade aeróbica, mensurada pelo volume de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$) consumido durante o exercício (Mersy, 2016; Patel *et al.*, 2017).

O Guia de Atividade Física para a População Brasileira (Brasil, 2021) relata que a atividade física traz benefícios como melhorar a qualidade de vida, prevenir a mortalidade por doenças crônicas, ajudar a manejar o peso, diminuir sintomas de asma, o uso de medicamento, o estresse e sintomas psicológicos e melhorar o sono. A indicação do guia é a prática de pelo menos 150 minutos de atividade moderadas por semana.

Roedores apresentam respostas fisiológicas ao exercício similares as observadas em humanos, por isso são utilizados na pesquisa experimental (Gobatto; Manchado-Gobatto, 2011). Ruwen Wang *et al.* (2020) reuniu artigos que mostram que o exercício em modelos

animais com ratos traz benefícios para o tratamento de doenças que atingem os sistemas motor, metabólico, cardiocerebral, vascular, nervoso e outros. Os autores destacam que o uso de ratos é vantajoso por serem maiores que os camundongos, terem maior tempo de vida e pela maior facilidade na coleta de dados fisiológicos.

Os tipos de exercícios mais comumente utilizados em pesquisas experimentais que podem ser praticados são corrida em esteira, em que a intensidade pode ser regulada pela velocidade, inclinação da esteira e tempo de exercício, corrida voluntária em roda giratória, de baixa intensidade e tempo ilimitado, natação, em que a intensidade é regulada pela presença de carga e tempo de exercício, e treinamento resistido, que consiste em escalar uma escada com cargas mas também pode ser feito pelo uso de eletrodos para estimular pulos ou com coletes com pesos ajustáveis (Ruwen Wang *et al.*, 2020).

O modelo animal de treinamento em esteira tem sido amplamente utilizado para replicar os efeitos do exercício aeróbico observados em humanos (Costa-Santos *et al.*, 2021). O treinamento em esteira inicia com o período de ambientação dos animais, que consiste em colocar os animais na esteira por um curto tempo e uma baixa velocidade, depois desse período é que se inicia de fato o treinamento, prescrito de acordo com o objetivo do estudo.

O exercício aeróbico em esteira induz alterações nas fibras musculares, sendo responsável por hipertrofia e regeneração muscular, além disso promove controle da pressão arterial, melhorias na memória, adaptações celulares e moleculares, melhoria da função cardíaca, efeitos neuroprotetivos, diminuição do estresse oxidativo e melhoria em parâmetros de composição corporal e bioquímicos, entre outros diversos benefícios no tratamento e prevenção de doenças (Camargo Filho *et al.*, 2005; Cardinot *et al.*, 2020; Wang; Wang, 2016; Soares *et al.*, 2018; Cao *et al.*, 2019; Vanzella *et al.*, 2017; Bloomer *et al.*, 2018).

Esse modelo de exercício supracitado aliado a suplementação de determinados alimentos/substâncias vem sendo pesquisado na busca de mais benefícios e entendimento dos mecanismos de ação, como por exemplo, o estudo de Soares (2017) que aliou o exercício em esteira a suplementação com extrato hidroalcólico do caroço do açaí e observou que houve melhoria no desempenho físico dos animais. Efeito positivos dessa associação também foram observados nos estudos de Taherzadeh *et al.* (2023) em que a suplementação da semente de *Rosa canina* para ratos Wistar obesos associada ao exercício em esteira levou a efeitos em parâmetros corporais, como redução do peso, assim também observado no estudo de Oliveira *et al.* (2023) em que a suplementação com *Hibiscus sabdariffa* associada ao exercício em esteira levou a redução do índice de adiposidade e aumento da capacidade funcional de animais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Verificar o efeito da utilização do óleo microencapsulado das amêndoas do Bacuri (*Attalea phalerata* Mart.) e do exercício aeróbico em ratos Wistar.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar a microencapsulação do óleo das amêndoas do bacuri;
- Realizar a caracterização do perfil lipídico do óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri;
- Desenvolver dietas experimentais utilizando o óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri;
- Analisar a composição centesimal das dietas experimentais;
- Monitorar o consumo alimentar dos animais dos grupos experimentais e controle do estudo;
- Avaliar medidas murinométricas e a composição corporal dos animais dos grupos experimentais e controle do estudo;
- Avaliar parâmetros bioquímicos dos animais dos grupos experimentais e controle do estudo;
- Verificar o possível efeito sobre parâmetros de composição corporal e bioquímicos entre o grupo controle e o grupo alimentado com o óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri, bem como entre os grupos exercitados e sedentários.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matérias-primas

As amêndoas do bacuri, já separadas da polpa e da casca do fruto, foram adquiridas em comércio regional, transportadas até o Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos (LFQA) da Unidade de Ciência de Alimentos (UNICAL) da UFMS, onde as amêndoas foram armazenadas sob refrigeração e posteriormente processadas para obtenção do óleo.

Esta pesquisa foi inserida no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN), sob o cadastro nº A796262 (Anexo A).

Para a microencapsulação também foram necessários gelatina em pó sem sabor, goma arábica em pó, água destilada e ácido clorídrico, adquiridos em comércio local. Para as análises foram utilizados reagentes de grau analítico P.A. também adquiridos em comércio local.

4.2 Métodos

4.2.1 Processamento dos frutos para obtenção do óleo

As amêndoas do bacuri foram trituradas em triturador de alimentos industrial (Sire cutter[®]) para obtenção da farinha integral. O óleo foi obtido pelo método de extração química a frio (Instituto Adolf Lutz, 2008) com adaptação do solvente utilizado, que foi o éter de petróleo, conforme o método patenteado por Sanches *et al.* (2023). O processo consistiu em colocar a farinha integral em cartuchos de celulose, colocar em béqueres de vidro e adicionar o éter de petróleo para imersão da amostra. Posteriormente, o líquido dos béqueres foi transferido para balões de fundo redondo e acoplados em rotaevaporador a 45°C, passando também por agitador mecânico (Kline[®]) para a completa extração do solvente (Figura 4). O óleo obtido foi acondicionado em frascos de vidro envoltos com papel alumínio e armazenado sob refrigeração.

Figura 4 - Processo de extração do óleo das amêndoas do bacuri. A e B) Amêndoas do bacuri; C e D) Farinha das amêndoas; E) Farinha das amêndoas em cartuchos de celulose; F) Óleo sendo extraído em rotaevaporador.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

4.2.2 Preparo das microcápsulas

As microcápsulas do óleo das amêndoas do bacuri foram preparadas pelo método de coacervação complexa em meio aquoso (Alvim; Grosso, 2005), assim como no estudo de Lima (2014) foram feitas análises de rendimento e eficiência do processo de microencapsulação, para verificar a temperatura, velocidade de homogeneização e quantidades de recheio ideais. Para obter essas informações e para produzir as microcápsulas foi utilizada a metodologia descrita seguir.

Primeiramente foram preparadas soluções com a gelatina em pó e a goma arábica em pó e a água destilada: 1,25g de cada pó diluído em 50mL de água. Então, essas soluções foram homogeneizadas e aquecidas à 50° C, em misturador magnético, por 3 minutos. Na solução de gelatina, adicionou-se ainda o óleo, deixando por mais 3 minutos. Então, a solução de gelatina + óleo foi agitada, em Ultraturrax por 5 minutos, a uma velocidade de 18 000 rpm, adicionou-se 200mL, foi agitado por mais 5 minutos, adicionou-se a solução de goma arábica, e por fim agitou-se por mais 5 minutos.

Por fim, utilizando um pHmetro de bancada e ácido clorídrico a 0,1N, foi feito o ajuste do pH para 4,0, a vedação do recipiente com plástico filme e o armazenamento sob refrigeração e em repouso, para decantação.

Depois de um período mínimo de 24 horas, os recipientes foram colocados em temperatura ambiente. Foi feita filtragem em peneira tãmis, sendo armazenado o sedimentado/precipitado sob congelamento.

O rendimento foi verificado através da equação de Barbosa e Mercadante (2009) e a eficiência da microencapsulação foi determinada através da quantificação do óleo presente nas microcápsulas, pelo método de teor de lipídios totais de Bligh e Dyer (1959), em relação à quantidade original utilizada para a produção das partículas e expressas percentualmente. Foi observado em estudo prévio, que com a quantidade de recheio utilizado o rendimento foi de 70%, em média, e a eficiência foi de 95% (Vasconcelos, 2022).

4.2.3 Determinação do perfil lipídico do óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri

Foram feitas análises de composição lipídica a fim de verificar a composição de ácidos graxos do óleo das amêndoas. Para isso, os ácidos graxos foram transformados em ésteres metílicos de acordo com o método descrito por Hartman e Lago (1973) e modificado por Maia

e Rodriguez-Amaya (1993). Os ésteres foram analisados em um cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama. Através da comparação dos tempos de retenção com os padrões ésteres metílicos, foi feita a identificação de ácidos graxos. A quantificação foi realizada pela normalização de área, expressando-se o resultado em percentual de área de cada ácido sobre a área total de ácidos graxos (%).

4.2.4 Elaboração e composição centesimal das dietas experimentais

As dietas experimentais foram preparadas com base nas especificações da AIN-93 M (Reeves; Nielsen; Fahey, 1993), com alteração apenas na composição de lipídios, com substituição do óleo de soja pelo óleo microencapsulado do bacuri. Os ingredientes utilizados e suas respectivas quantidades estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição da dieta AIN-93 M e da dieta com o Óleo Microencapsulado do Bacuri (OMB).

Ingredientes (g)	Dieta AIN-93 M*	Dieta OMB
Amido	465,96	465,96
Albumina	140	140
Maltodextrina	155	155
Sacarose	100	100
Óleo de soja	40	-
OMB	-	44,44
Fibra	50	50
Mistura mineral	35	35
Mistura vitamínica	10	10
L-cistina	1,8	1,8
Bitartarato de colina	2,5	2,5
Tertbutilhidroquinona	0,008	0,008
Sal	0,15	0,15

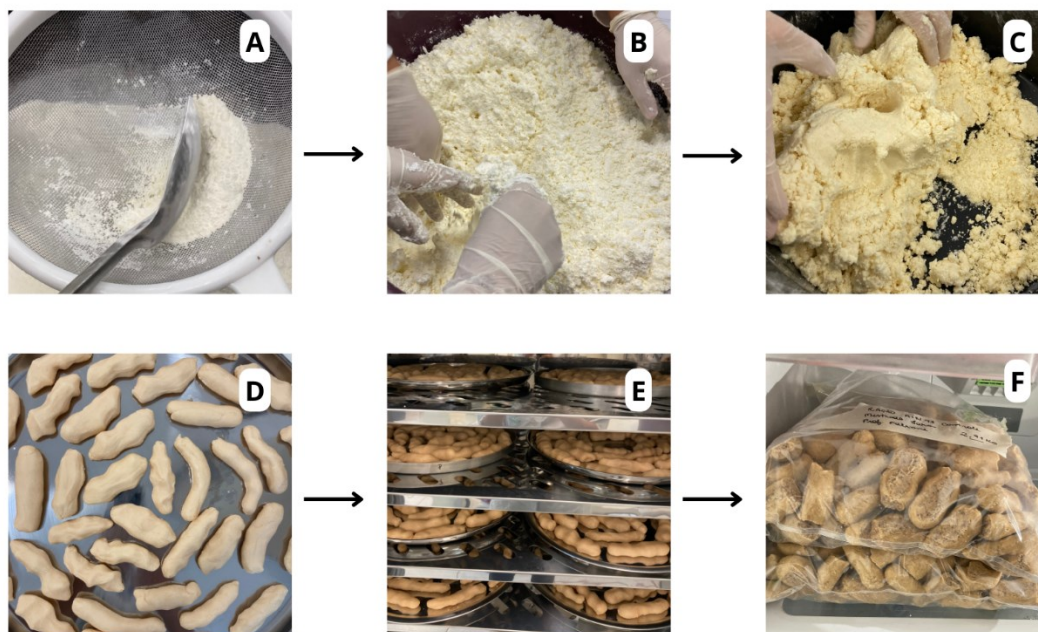
*Segundo REEVES, NIELSEN, FAHEY (1993)

Para a adição do óleo microencapsulado do bacuri foi considerada a eficiência de 95% e feita a correção para conter 40g de lipídio para cada 1kg de ração. O sal não faz parte da composição original da AIN-93 M, porém por indicações do fabricante dos ingredientes foi adicionado para atingir as necessidades minerais dos animais.

Todos os itens foram pesados e iniciou-se o preparo com a mistura de todos os ingredientes secos, que foram peneirados, em seguida misturou-se o óleo de soja ou o óleo microencapsulado e por fim água até dar o ponto. Posteriormente, as rações foram peletizadas

manualmente, secas à 45°C em estufa de circulação de ar e armazenadas sob refrigeração (Figura 5).

Figura 5 - Processo de preparo das rações. A) Peneiração dos ingredientes secos; B) Mistura dos ingredientes secos; C) Homogeneização após adição dos ingredientes líquidos; D) Rações peletizadas; E) Rações peletizadas na estufa; F) Rações secas armazenadas sob refrigeração.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

A composição centesimal das dietas experimentais foi verificada através de análises físico-químicas conforme os métodos descritos pelo Instituto Adolf Lutz (2008). Foram feitas as análises em triplicata de umidade, utilizando estufa a 105°C, de cinzas, utilizando mufla a 550°C e o bico de Bunsen para incineração, de proteínas, pelo método de micro-Kjeldahl, dos lipídios, pelo método de extração direta com éter de petróleo com aparelho de Soxhlet e carboidratos, por diferença. O valor energético total será calculado conforme Atwater e Bryant (1896), considerando o valor calórico aproximado de 9kcal/g de lipídios, 4kcal/g de proteínas e carboidratos.

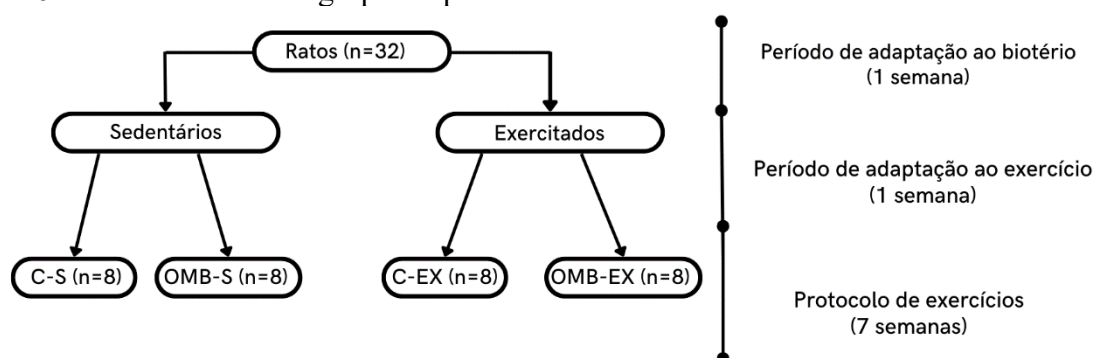
4.3 Ensaio in vivo

4.3.1 Protocolo experimental

Foram utilizados 32 ratos machos da linhagem Wistar, adultos (8 semanas), provenientes do Biotério Central da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS). Durante todo o período de experimentação os animais foram mantidos em gaiolas/caixas coletivas (2 a 3 animais por gaiola/caixa) no Biotério Central da UFMS, mantidos sob condições de ciclo de luz controlado e invertido, 12h claro, 12h escuro (10:00h às 22:00h), permitindo a execução do treinamento durante o dia, e temperatura de 22 ± 1 °C, com ração e água ad libitum.

O experimento teve duração total de 9 semanas, com 1 semana de adaptação ambiental e 8 semanas de protocolo com treinamento físico. Durante o período de adaptação ambiental os animais receberam dieta comercial (Nuvilab®), após esse período, os animais foram distribuídos, de forma randomizada pelo peso corporal, nos seguintes grupos: G1 (C-S): Grupo controle recebendo dieta AIN93-M sedentário (n=8); G2 (OMB-S): Grupo recebendo dieta AIN93-M com Óleo Microencapsulado de Bacuri sedentário (n=8); G3 (C-EX): Grupo controle recebendo dieta AIN93-M exercitado (n=8); e G4 (OMB-EX): Grupo recebendo Dieta AIN93-M com Óleo Microencapsulado de Bacuri exercitado (n=8) (Figura 6).

Figura 6 - Delineamento dos grupos experimentais.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Dois dias após o final do período de treinamento, os animais, em jejum prévio de 8h, foram submetidos a eutanásia por anestesia inalatória com Isoflurano na concentração de indução de 3 a 5%, com confirmação da eutanásia por exsanguinação. Amostras de sangue e órgãos foram retiradas e em seguida as carcaças foram descartadas em locais adequados de acordo com orientação de técnicos especializados do Biotério Central da UFMS.

4.3.2 Protocolo experimental de exercícios

Os animais dos grupos G3: C-EX e G4:OMB-EX foram submetidos ao protocolo de corrida com esteira rolante (Bonther®) (Figura 7), realizado de acordo com estudos prévios (Emter *et al.*, 2005; Pagan *et al.*, 2015)

Figura 7 - Esteira rolante para ratos.



Fonte: a autora (2023).

O protocolo utilizado foi adaptado do estudo de Oliveira (2009), sendo que antes do início, todos os animais foram submetidos ao período de adaptação, o qual foi composto por quatro sessões de exercício em dias subsequentes com velocidade constante de 5 m/min e duração de 5, 15, 30 e 45 minutos da primeira até a quarta sessão, respectivamente. Posteriormente foi iniciado o protocolo experimental que consistiu em 5 sessões de exercícios por semana durante 7 semanas. A velocidade foi aumentada progressivamente ao longo das semanas, ao mesmo tempo em que as durações das sessões forem reduzidas até a última semana, conforme especificado no Quadro 1.

Quadro 1 - Protocolo de exercícios.

Semanas/dias	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	T. (minutos)
1	5 m/min	6 m/min	7 m/min	7,5 m/min	8,5 m/min	10-30
2	8,5 m/min	8,5 m/min	8,5 m/min	8,5 m/min	8,5 m/min	30-40
3	8,5 m/min	8,5 m/min	8,5 m/min	8,5 m/min	8,5 m/min	40-60
4	9,5 m/min	10 m/min	10,5 m/min	11 m/min	11,5 m/min	60
5	12,5 m/min	13,5 m/min	14,5 m/min	15,5 m/min	16,5 m/min	60
6	17 m/min	17,5 m/min	18 m/min	18,5 m/min	19 m/min	60
7	19,5 m/min	19,5 m/min	19,5 m/min	20 m/min	20 m/min	60

Fonte: adaptado de Oliveira (2009).

4.4 Métodos analíticos

4.4.1 Composição corporal

A composição corporal dos animais foi verificada pela medida do comprimento nasoanal, da circunferência torácica e abdominal, conforme Figura 8, ao início e ao fim do experimento. O peso corporal foi mensurado semanalmente para o controle do ganho de peso.

Figura 8 - Mensuração da circunferência abdominal de um animal.

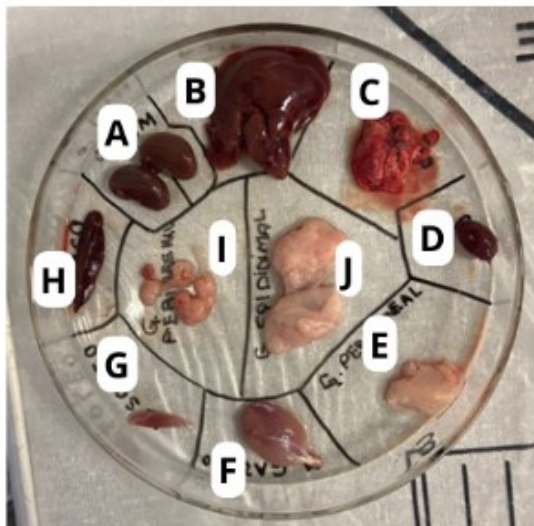


Fonte: a autora (2023).

Foi calculado também o índice de Lee, conforme a equação proposta por Novelli *et al.* (2007) que é a raiz quadrada do peso corporal dividida pelo comprimento nasoanal. Os sítios de gorduras (perirrenal, epididimal e peritoneal) de cada animal foram removidos e pesados em balança semi-analítica após a eutanásia para cálculo do índice de adiposidade visceral (IAV), conforme equação de Nascimento *et al.* (2011), que é a soma do peso dos sítios de gordura dividida pelo peso, multiplicada por 100.

Também foram coletados e pesados em balança semi-analítica os órgãos coração, pulmão, fígado, rins, baço, músculo sóleo e músculo gastrocnêmio (Figura 9). O Índice de massa do coração foi calculado pela razão entre o peso do coração (mg) e a massa corporal total (g) dos animais (Mnafgui *et al.*, 2015).

Figura 9 - Placa de vidro com órgãos retirados de um animal: A) Rins; B) Fígado; C) Pulmão; D) Coração; E) Gordura peritoneal, F) Músculo gastrocnêmio; G) Músculo sóleo; H) Baço; I) Gordura perirrenal e J) Gordura epididimal.



Fonte: a autora (2023).

4.4.2 Ingestão dietética e eficiência alimentar

A ingestão dietética foi monitorada 2 vezes por semana, a partir da diferença entre a quantidade de ração adicionada e a sobra no comedouro, para obtenção das quantidades de rações consumidas. Posteriormente foi feito cálculo da ingestão de energia (IE) (kcal/dia) e a eficiência alimentar (%), com a utilização das equações propostas por Novelli et al. (2007).

4.4.3 Análises bioquímicas

Ao início (T0) e ao final do experimento (T1) após a eutanásia foi feita a coleta do sangue (1mL) dos animais, no T0 pela via retro-orbital e no T1 por punção da veia cava inferior. A coleta de sangue foi feita utilizando tubos secos (sem anticoagulantes) e as amostras de sangue foram centrifugadas (Fanem Centrífuga Excelsa ® 3280) à 3.600 rpm por 15 minutos, para obtenção do soro.

O soro congelado em biofreezer (-80°C) foi posteriormente usado para quantificação de glicemia, colesterol total, colesterol HDL, triglicerídeos e proteínas totais por ensaio colorimétricos através de kits da Labtest™, adquiridos no comércio local, sendo as análises realizadas no Laboratório de Bioquímica Clínica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição (FACFAN)-UFMS.

4.5 Análise estatística

Os dados foram organizados e analisados no software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, v. 20.0, IBM Co., USA). As variáveis estudadas foram testadas em relação à sua normalidade para escolha dos testes estatísticos mais apropriados, considerando um nível de 5% de significância. Os resultados da composição centesimal foram submetidos a análise pelo teste t-Student e do experimento *in vivo* foram submetidos à análise de variância ANOVA *one-way* com pós-teste de Tukey para o confronto das médias e teste t-pareado para comparação das variáveis ao longo do tempo (T0 vs T1).

4.6 Aspectos éticos

A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS sob o registro nº 1.139/2020 (Anexo B).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi elaborado um artigo com o título Efeito do Óleo Microencapsulado das Amêndoas do Bacuri (*Attalea Phalerata* (Mart.) ex Spreng.) e do Exercício Aeróbico em Parâmetros Físicos e Bioquímicos de Animais para ser submetido ao periódico *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine* (Qualis A3). O objetivo do estudo foi verificar o efeito da utilização do óleo microencapsulado das amêndoas do bacuri (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) em parâmetros físicos e bioquímicos de ratos Wistar submetidos ao exercício aeróbico. O artigo na íntegra está no apêndice B.

6 CONCLUSÕES

Os autores destacam o possível efeito sinérgico da utilização do OMB e da prática de exercício físico aeróbico na melhoria de parâmetros relacionados a composição corporal, evidenciado pela redução no ganho de peso corporal, no peso da gordura visceral, no índice de adiposidade, e a parâmetros bioquímicos, com redução nos índices de triglicerídeos e aumento do HDL colesterol. O que indica também o potencial de utilização e comercialização de um fruto nativo amplamente disponível no estado de Mato Grosso do Sul e além disso, no âmbito

social e cultural, representa uma forma de valorizar a bioeconomia e fortalecer hábitos alimentares regionais.

7 REFERÊNCIAS

ALVIM; I. D.; GROSSO, C. R. F. **Produção e caracterização de micropartículas obtidas por spray drying e coacervação complexa e seu uso para alimentação de larvas de peixes**. 2005. Tese (Doutorado em Nutrição Aplicada à Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/255984>. Acesso em: 8 maio 2023.

ATWATER, W. O.; BRYANT, A. P. The chemical composition of American food materials. **US Government Printing Office**, 1906. Disponível em: https://www.ars.usda.gov/ARSPUserFiles/80400530/pdf/hist/oes_1906_bul_28re.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

BALDIVIA, D. S.; SANJINEZ-ARGANDOÑA. E. J.; ANTUNES, K. A.; MORAES, I. C. F.; DOS SANTOS, E. L.; SOUZA, K. P. The Chemical Composition and Metabolic Effects of Attalea phalerata Nut Oil in Hyperlipidemic Rats Induced by a High-Fructose Diet. **Molecules**, Basel, v. 23, 2018. DOI: 10.3390/molecules23040960. Disponível em: <https://ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6017791/>. Acesso em: 8 maio 2023.

BARBOSA, M. I. M. J.; MERCADANTE, A. Z. **Microcápsulas de bixina**: obtenção, aplicação e estudos de fotodegradação em sistemas-modelo. 2009. 133f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/256450>. Acesso em: 8 maio 2023.

BERNING, J. R. The role of medium-chain triglycerides in exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 6, n. 2, p. 121-133, 1996. DOI: 10.1123/ijsn.6.2.121. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8744785/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Canadá, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13671378/>. Acesso em: 8 maio 2023.

BLOOMER, R. J.; SCHRIEFER, J. H. M.; GUNNELS, T. A.; LEE, S.; SABLE, H. J.; MERWE, M. V.; BUDDINGTON, R. K.; BUDDINGTON, K. L. Nutrient intake and physical exercise significantly impact physical performance, body composition, blood lipids, oxidative stress, and inflammation in male rats. **Nutrients**, v. 10, n. 8, p. 1109, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10081109>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/10/8/1109>. Acesso em: 8 maio 2023.

BORTOLOTTI, I. M.; DAMASCENO-JUNIOR G. A.; POTT, A. Lista preliminar das plantas alimentícias nativas de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ilheringia**, v. 73, p. 101-116, 2018. DOI: 10.21826/2446-8231201873s101. Disponível em:

<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/683>. Acesso em: 8 maio 2023.

BOUAZIZ, W.; VAGEL T.; SCHIMITT, E.; KALTENBACH, G.; GENY, B.; LANG, P. O. Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 69, p. 110-127, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.archger.2016.10.012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27912156/>. Acesso em: 8 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção a Saúde. **Guia de Atividade Física para a População Brasileira**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

CALDERÓN-OLIVER, M.; PONCE-ALQUICIRA, E. The role of microencapsulation in food application. **Molecules**, v. 27, n. 5, p. 1499, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27051499>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/5/1499>. Acesso em: 23 jan. 2024.

CAMARGO FILHO, J. C. S.; VANDERLEI, L. C. M.; CAMARGO, R. C. T.; OLIVEIRA, D. A. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, S. A.; PAI, V. D.; BELANGERO, W. D. Análise histológica, histoquímica e morfométrica do músculo sóleo de ratos submetidos a treinamento físico em esteira rolante. **Revista Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 12, n. 3, p. 196-199, 2005. Disponível em: https://repositorio-racs.famerp.br/racs_ol/vol-12-4/05_ID113.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

CAO, L.; DONG, Z.; LI, Q.; CHEN, X. Treadmill training improves neurological deficits and suppresses neuronal apoptosis in cerebral ischemic stroke rats. **Neural Regeneration Research**, v. 14, n. 8, p. 1387, 2019. DOI: 10.4103/1673-5374.253523. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6524516/>. Acesso em: 8 maio 2023.

CARDINOT, T. M.; MONIZ-DE-ARAGÃO, A. H. B.; PASSOS, M. A. R. F.; CORREIA, C. A.; FARINATTI, P. T. V. Efeito da frequência semanal de treinamento sobre a pressão arterial em ratos SHR. **Coleção Pesquisa em Educação Física**, v. 19, n. 4, p. 63-72, 2020. Disponível em: https://arquivos.ufrrj.br/arquivos/20211721542954273278259cb52c1e27b/2020_Efeito_da_frequencia_semanal_de_treinamento_sobre_a_pressao_artorial_em_rat.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

CASTILHO, R. S. de; ORNELLAS, F. H. Zinco, inflamação e exercício físico: relação da função antioxidante e anti-inflamatória de Zinco no sistema imune de atletas de alto rendimento. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 48, p. 580-588, 2014. Disponível em: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/657>. Acesso em: 8 maio 2023.

CHOUDHURY, N.; MEGHWAL, M.; DAS, K. Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. **Food frontiers**, v. 2, n. 4, p. 426-442, 2021. DOI: 10.1002/fft2.94. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fft2.94>. Acesso em: 8 maio 2023.

CINTRA, E. D. Biodisponibilidade de lipídios. In: COZZOLINO, S. M. F. (org.). **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 6. ed. Santana de Parnaíba: Manole, 2020. p. 131-146.

COMUNIAN, T. A.; FAVERO-TRINDADE, C. S. Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 442-457, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16302521?via%3Dihub>. Acesso em: 8 maio 2023.

COSTA-SANTOS, N. da.; SANTOS, A. dos; NASCIMENTO-CARVALHO, B. do; IZAIAS, J. E.; RIBEIRO-BATISTA, T. F.; CAPERUTO, E. C.; SCAPINI, K. B.; BERNANDES, N.; SANCHES, I. C. Protocolos De Treinamento Físico Em Modelos Experimentais Usados Na Pesquisa Em Educação Física. **Colloquium: Health and Education**, Mooca, v. 1, n. 2, Article e019, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37497/colloquium.v1i2.16>. Disponível em: <https://educacaoecienciasdasaude.emnuvens.com.br/recs/article/view/16>. Acesso em: 8 maio 2023.

COZZOLINO, S. M. F. (org.). **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 6. ed. Santana de Parnaíba: Manole, 2020.

CUNHA, A. R.; UMBELINO, B.; CORREIA, M. L.; NEVES, M. F. Efeitos do magnésio sobre a estrutura e função vascular. **Revista de Hospital Universitário Pedro Ernesto**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 39-45, 2011. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistahupe/article/view/8861>. Acesso em: 8 maio 2023.

CUNHA, F. C. da; SEMIDEI, R.; BARBOSA, I. P.; BARBOSA, L.; MYAGUSKU, L.; MACEDO, M. L. R.; HIANE, P. A.; SANCHES, F. L. F. Z. Desenvolvimento de suplemento alimentar proteico com amêndoas do bacuri (*Attalea phalerata* mart. Ex spreng.) para esportistas vegetarianos. In: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M. da.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. (org.). **Ciência & Tecnologia de Alimentos: Pesquisa e Práticas contemporâneas – Volume 2**, v. 2, n. 2, p. 445-456, 2021. DOI: 10.37885/210805844. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/desenvolvimento-de-suplemento-alimentar-proteico-com-amendoas-do-bacuri-attalea-phalerata-mart-ex-spreng-para-esportistas-vegetarianos>. Acesso em: 8 maio 2023.

DAMASCENO JUNIOR, G. A.; SOUZA, P. R. de [org]. **Sabores do Cerrado & Pantanal: receitas & boas práticas de aproveitamento**. Campo Grande: Editora UFMS, 2010.

DUBEY, R.; SHAMI, T. C.; RAO, K. U. B. Microencapsulation Technology and Applications. **Defense Science Journal**, v. 59, n. 1, p. 82-95, 2009. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e205cf57fda2024156582660d59d6614cc936055>. Acesso em: 8 maio 2023.

EMTER, C. A.; MCCUNE, S. A.; SPARAGNA, G. C.; RADIN, M. J.; MOORE, R. L. Low-intensity exercise training delays onset of decompensated heart failure in spontaneously hypertensive heart failure rats. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, [S.l], v. 289, n. 5, p. 2030-2038, 2005. DOI: 10.1152/ajpheart.00526.2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15994855/>. Acesso em: 8 maio 2023.

FERREIRA, A. M. D.; BARBOSA, P. E. B.; CEDDIA, R. B. A influência da suplementação de triglicerídeos de cadeia média no desempenho em exercícios de ultra-resistência. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 9, n. 6, p. 420-425, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922003000600006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/qdz3PHFkyHYX6K8T8zVrzTN/?lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2023.

GOBATTO, C. A.; MANCHADO-GOBATTO, F. B. Aplicações de Modelos Experimentais Envolvendo Exercício Físico no Âmbito das Políticas Públicas: Ações Bilaterais entre Pesquisa e Prática. In: GUTIERREZ, G. L.; VILARTA, R.; MENDES, R. T. (org.). **Políticas Públicas Qualidade de Vida e Atividade Física**. 1. ed. Limeira: Ipes Editorial, 2011. p. 35-44. Disponível em: https://www.fef.unicamp.br/feff/sites/uploads/deafa/qvaf/ppqvaf_cap4.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practices**, v. 22, p. 475-476, 1973. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4727126/>. Acesso em: 8 maio 2023.

HERMIDA, L. G.; GALLARDO, G. Food applications of microencapsulated omega-3 oils. Microencapsulation and microspheres for food applications. **Academic Press**, p. 271-299, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800350-3.00018-2>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128003503000182>. Acesso em: 22 jan. 2024.

HIANE, P. A.; BOGO, D.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M. HIANE. Pró-vitamínicos A e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 206-209, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200018>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000200018&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 8 maio 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolf Lutz, 2008.

Izar, M. C. D. O.; Lottenberg, A. M.; Giraldez, V. Z. R.; Santos, R. D. D.; Machado, R. M.; Bertolami, A.; Assad, M. H. V.; Saraiva, J. F. K.; Faludi, A. A.; Moreira, A. S. B.; Geloneze, B.; Magnoni, C. D.; Scherr, C.; Amaral, C. K.; Araújo, D. B. D.; Cintra, D. E. C.; Nakandakare, E. R.; Fonseca, F. A. H.; Mota, I. C. P.; Santos, J. E. D.; Kato, J. T.; Beda, L. M. M.; Vieira, L. P.; Bertolami, M. C.; Rogero, M. M.; Lavrador, M. S. F.; Nakasato, M.; Damasceno, N. R. T.; Alves, R. J.; Roberta Soares, L.; Costa, R. P.; Machado, V. A. Posicionamento sobre o Consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular – 2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 1, p. 160–212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36660>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/Yt5zyLkkfG8ms6rKcJ7TNWc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 jan. 2024.

JADHAV, H. B.; ANNAPURE, U. S. Triglycerides of medium-chain fatty acids: A concise review. **Journal of food science and technology**, v. 60, n. 8, p. 2143-2152, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-022-05499-w>. Acesso em: 22 jan. 2024.

JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; MACEDO, M. L. R. Microencapsulation of Pequi pulp oil by complex coacervation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, Article e-874, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018874>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/sXvcwtsqSVmbnmF4ZyT4RsH/?lang=en>. Acesso em: 8 maio 2023.

LESCANO, C. H. **Microencapsulação do óleo da bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. por coacervação complexa**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFGD-2_17954b170c44097aa7a8c8df83761a8f#:~:text=da%20b...-,%20Microcapsula%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%B3leo%20da%20bocaiuva%20Acrocomia%20aculeata%20\(Jacq.\),e%20modula%C3%A7%C3%A3o%20de%20sua%20libera%C3%A7%C3%A3o](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFGD-2_17954b170c44097aa7a8c8df83761a8f#:~:text=da%20b...-,%20Microcapsula%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%B3leo%20da%20bocaiuva%20Acrocomia%20aculeata%20(Jacq.),e%20modula%C3%A7%C3%A3o%20de%20sua%20libera%C3%A7%C3%A3o). Acesso em: 8 maio 2023.

LESCANO, C. H.; OLIVEIRA, I. P.; LIMA, F. F. de; BALDIVIA, D. S.; JUSTI, P. N.; CARDOSO, C. A. L.; RAPOSO JÚNIOR, J. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Nutritional and chemical characterizations of fruits obtained from *Syagrus romanzoffiana*, *Attalea dubia*, *Attalea phalerata* and *mauritia flexuosa*. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, p. 1284-1294, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9742-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-018-9742-3>. Acesso em: 8 maio 2023.

LIMA E SILVA, M. C. B.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; MACEDO, M. L. R. Proteins of Bacuri almonds - Nutritional value and in vivo digestibility. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 1, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612014000100008>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612014000100008&script=sci_arttext. Acesso em: 8 maio 2023.

LIMA, F. F. de. **Microencapsulação do óleo de bacuri por coacervação complexa: obtenção, caracterização e avaliação biológica**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-CIENCIA-TECNOLOGIA-AMBIENTAL/2.%20%E2%80%9CMicrocapsula%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%B3leo%20de%20bacuri%20por%20coacerva%C3%A7%C3%A3o%20complexa%20Obten%C3%A7%C3%A3o,%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20e%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20biol%C3%B3gica%20das%20microc%C3%A1psulas%E2%80%9D.pdf>. Acesso em: 8 maio 2023.

LIMA, R. R.; GOMES, E. R.; STEPHANI R.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Nutritional and technological aspects of vegetable oils that stand out for the prevalence of medium-chain triacylglycerides: A review. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 7, Article e43710716667, 2021. DOI:

<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16667>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16667>. Acesso em: 8 maio 2023.

LI, Y.; MCCLEMENTS, D. J. Controlling lipid digestion by encapsulation of protein-stabilized lipid droplets within alginate–chitosan complex coacervates. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 5, p. 1025-1033, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.09.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X10002390>. Acesso em: 8 maio 2023.

MCKENZIE, K. M.; LEE, C. M.; MIJATOVIC, J.; HAGHIGHI, M. M.; SKILTON, M. R. Medium-Chain triglyceride oil and blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. **The Journal of Nutrition**, v. 151, n. 10, p. 2949-2956, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/nxab220>. Disponível em: [https://jn.nutrition.org/article/S0022-3166\(22\)00366-2/pdf](https://jn.nutrition.org/article/S0022-3166(22)00366-2/pdf). Acesso em: 23 jan. 2024.

MADENE, A.; JACQUOT M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 41, n. 1, p. 1-21, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>. Acesso em: 8 maio 2023.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 53, n. 1-2, p. 27-35, 1993. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nex tAction=lnk&exprSearch=141017&indexSearch=ID>. Acesso em: 8 maio 2023.

MARFIL, P. H. M.; VASCONCELOS, F. H. T.; PONTIERI, M. H.; TELIS, V. R. N. Development and validation of analytical method for palm oil determination in microcapsules produced by complex coacervation. **Química Nova**, v. 39, p. 94-99, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150164>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ZfLSCHdVhdqQ6Zv8C6wrphq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2023.

MERSY, D. J. Health benefits of aerobic exercise. **Postgraduate Medicine**, v. 90, n. 1, p. 103-112, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00325481.1991.11700983>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00325481.1991.11700983>. Acesso em: 8 maio 2023.

MARTINOVICH, M. G.; CRUZ, M. F. A. Análise entre os ácidos graxos insaturados e ácidos graxos saturados na saúde cardiovascular e perfil lipídico. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 12, e147121244123, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i12.44123>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/44123/35388>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MIYAHIRA, M. A. M.; FAVARO, S. P.; CICONINI, G.; SOUZA, C. F. T.; KORB, R. A.P.; SANTOS, G. P. Caracterização do óleo de amêndoa do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., João Pessoa. **Anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/12835042/caracterizacao-do-oleo-de-amendoea->

do-bacuri-. Acesso em: 8 maio 2023.

MNAFGUI, K.; KHLIF, I.; HAJJI, R.; DERBALI, F.; KRAIEM, F.; ELLEFI, H.; MICHEL, T.; HALABALAKI, M.; SKALTSOUNIS, AL. L.; ELFEKI, A.; GHARSALLA, N.; ALLOUCHE, N. Preventive effects of oleuropein against cardiac remodeling after myocardial infarction in Wistar rat through inhibiting angiotensin-converting enzyme activity. **Toxicology mechanisms and methods**, v. 25, n. 7, p. 538-546, 2015. DOI: 10.3109/15376516.2015.1053648. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26056852/>. Acesso em: 3 jan. 2024.

NAGAO, K.; YANAGITA, T. Medium-chain fatty acids: functional lipids for the prevention and treatment of the metabolic syndrome. **Pharmacological Research**, v. 61, n. 3, p. 208-212, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104366180900276X>. Acesso em: 22 jan. 2024.

NASCIMENTO, A. F.; LUVIZOTTO, R. A. M.; LEOPOLDO, A. S.; LIMA-LEOPOLDO, A. P.; SEIVA, F. R.; JUSTULIN JR, L. A.; SILVA, M. D. P.; OKOSHI, K.; WANG, X. D.; CICOONA, A. C. Long-term high-fat diet-induced obesity decreases the cardiac leptin receptor without apparent lipotoxicity. **Life sciences**, [S.l.], v. 88, n. 23-24, p. 1031-1038, 2011. Acesso em: 8 maio 2023.

NEGRELLE, R. R. B. *Attalea phalerata* Mart. Ex Spreng.: Aspectos Botânicos, Ecológicos, Etnobotânicos e Agronômicos. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 1061-1066, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820669>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/Jp4hz9FfWtrpHJSQYVdngdr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2023.

NOSAKA, N.; SUZUKI, Y.; NAGATOISHI, A.; KASAI, M.; WU, J.; TAGUCHI, M. Effect of ingestion of medium-chain triacylglycerols on moderate-and high-intensity exercise in recreational athletes. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 55, n. 2, p. 120-125, 2009. DOI: 10.3177/jnsv.55.120. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19436137/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

NOVELLI, E. L. B.; DINIZ, Y. S.; GALHARDI, C. M.; EBAID, G. M. X.; RODRIGUES, H. G.; MANI, F.; FERNANDES, A. A. H.; CICOONA, A. C.; NOVELLI FILHO, J. L. V. B. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. **Laboratory Animals**, [S.l.], v. 41, n. 1, p. 111-119, 2007. DOI: 10.1258/00236770779399518. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17234057/>. Acesso em: 8 maio 2023.

OLIVEIRA, D. B. O.; CUNHA, G. A.; GIANDONI, M. A.; CARVALHO, P. C. J.; BONFIM, G. F.; LEOPOLDO, A. P. L.; LEOPOLDO, A. S.; SUGIZAKI, M. M. O Hibiscus aumenta a capacidade funcional e o efeito antiobesidade em ratos obesos treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 29, e-2022_0119, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0119. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/hTZjFJqYfyFCDvkkKfkNVLB/#>. Acesso em: 20 dez. 2023.

OLIVEIRA, T. S. de. **Microencapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) com concentrados proteicos vegetais**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas,

Manaus. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7523>. Acesso em: 8 maio 2023.

OLIVEIRA, T. S. de. **Microencapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) com concentrados proteicos vegetais**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2019. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7523>. Acesso em: 8 maio 2023.

PAGAN, L. U.; DAMATTO, R. L.; CEZAR, M. D. M.; LIMA, A. R. R.; BONOMO, C.; CAMPOS, D. H. S.; GOMES, M. J.; MARTINEZ, P. F.; OLIVEIRA JUNIOR, S. A.; GIMENES, R.; ROSA, C. M.; GUIZONE, D. M.; MOUKBEL, Y. C.; CICOGNA, A. C.; OKOSHI, M. P.; OKOSHI, K. Long-term low intensity physical exercise attenuates heart failure development in aging spontaneously hypertensive rats. **Cellular Physiology and Biochemistry**, [s.l.], n. 36, p. 61-74, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25924734/>. Acesso em: 8 maio 2023.

PATEL, H.; ALKHAWAM, H.; MADANIEH, R.; SHAH, N.; KOSMAS, C. E.; VITTORIO, T. J. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. **World Journal of Cardiology**, v. 9., n. 2, p. 134-138, 2017. DOI: 10.4330/wjc.v9.i2.134. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5329739/>. Acesso em: 8 maio 2023.

RAMOS, M. L. M.; GOMES, G. C.; SOARES, W. R. G.; HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; ALMEIDA, J. A.; SANCHES, F. L. F. Z. Suplementação com amêndoa de bacuri na composição corporal de ratos submetidos ao exercício. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 4, p. 294-299, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1517-869220172304172947>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/7wH3s9Y36VbdP94FGD3ZvGp/?lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2023.

RAMOS, M. L. M.; RODRIGUES, G. C. G.; SOARES, W. R. G.; HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; ALMEIDA, J. A.; SANCHES, F. L. F. Z. Suplementação com amêndoa de bacuri na composição corporal de ratos submetidos ao exercício. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 294-299, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1517-869220172304172947>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922017000400294&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 8 maio 2023.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY JR, G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 123, n. 11, 1993. DOI: 10.1093/jn/123.11.1939. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8229312/>. Acesso em: 8 maio 2023.

RIOS, R. S., PACHECO, L. F. The Effect of Dung and Dispersal on Postdispersal Seed Predation of *Attalea phalerata* (Arecaceae) by Bruchid Beetles. **Biotropica**, [s. l.], ago. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00209.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2006.00209.x>. Acesso em: 8 maio 2023.

RUTZ, J. K.; BORGES, C. D.; ZAMBIAZI, R. C.; CRIZEL-CARDOZO, M. M.; KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of palm oil by complex coacervation for application in food systems. **Food Chemistry**, v. 220, p. 59-66, 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.194>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616315941>. Acesso em: 23 jan. 2024.

SANCHES, F. L. F. Z.; VASCONCELOS, M. P.; BARBOSA, I. P.; CARDOSO, T. F. M.; ANDRADE, L. R. M. de. **Processo de produção e composição de microcápsulas de óleo das amêndoas do bacuri**. Depositante: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. BR 10 2023 003120 0. Depósito: 17 fev. 2023.

SEMIDEI, R.; CUNHA, F. C. da; SOUZA, R. S de; MACEDO, M. L. R.; HIANE, P. A.; RAFACHO, B. P. M.; SANCHES, F. L. F. Z. Protein supplement obtained from almonds of bacuri fruit (*Attalea phalerata* Mart. Ex Spreng.): elaboration, nutritional characterization and sensory acceptability. **International Journal for Innovation Education and Research**, Dhaka, Bangladesh, v. 8, n. 1, p. 232–247, 2020. DOI: 10.31686/ijer.vol8.iss1.2155. Disponível em: <https://ijer.net/index.php/ijer/article/view/2155>. Acesso em: 8 maio 2023.

SHIVAPPA, N.; STECK, S. E.; HURLEY, T. G.; HUSSEY, J. R.; HÉBERT, J. R. Designing and developing a literature-derived, population-based dietary inflammatory index. **Public Health Nutrition**, [S.l.], v. 17, n. 8, p. 1689-1696, 2014. DOI:10.1017/S1368980013002115. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23941862/>. Acesso em: 8 maio 2023.

SOARES, R. A. Efeitos do extrato da *Euterpe oleracea* Mart.(Açaí) sobre o treinamento físico aeróbico de ratos. 2017. Dissertação (Mestrado em Biociências Nucleares) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.bdtu.uerj.br:8443/handle/1/16218>. Acesso em: 8 maio 2023.

SOARES, L. L.; DRUMMOND, F. R.; LAVORATO, V. N.; CARNEIRO-JÚNIOR, M. A.; NATALI, A. J. Exercise training and pulmonary arterial hypertension: A review of the cardiac benefits. **Science & Sports**, v. 33, n. 4, p. 197-206, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.02.012>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0765159718301540?casa_token=majC7F1nh7wAAAAA:DxBE4eKF-fB30w25fO-3G8jUtFU6ZSONmtHXsep8PnHliP368d0sJPoYGWxBbsgTS_1yDvbZwa_t. Acesso em: 8 maio 2023.

TAHERZADEH, S.; RASOULIAN, B.; KHALEGHI, M.; RASHIDIPOUR, M.; MOGHARNASI, M.; KAEIDI, A. Anti-obesity effects of aerobic exercise along with Rosa canina seed extract supplementation in rats: The role of irisin and adipolin. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 17, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2023.04.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871403X23000388>. Acesso em: 20 dez. 2023.

VANZELLA, C.; NEVES, J. D.; VIZUETE, A. F.; ARISTIMUNHA, D.; KOLLING, J.; LONGONI, A.; GONÇALVES, C. A. S.; WYSE, A. T. S.; NETTO, C. A. readmill running prevents age-related memory deficit and alters neurotrophic factors and oxidative damage in the hippocampus of Wistar rats. **Behavioural brain research**, v. 334, p. 78-85, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.07.034>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166432816312220?casa_token=v6NjIpdvTzMAAAAA:C8ezs1A0zYHzcWY0enU8_rIF_r5ACn5tp-Eh6EdrSFtpcYwIXAF1w2f7bZvArW1Ax9i9ep_8L5ob. Acesso em: 8 maio 2023.

VASCONCELOS, M. P. **Óleo das amêndoas do bacuri microencapsulado por coacervação complexa: desenvolvimento e caracterização**. 2022. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/5199>. Acesso em: 8 maio 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour**. Geneva: World Health Organization, 2020. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/336656/9789240015128-eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8 maio 2023.

WANG, R.; TIAN, H.; GUO, D.; TIAN, Q.; YAO, T.; KONG, X. Impacts of exercise intervention on various diseases in rats. **Journal of sport and health science**, v. 9, n. 3, p. 211-227, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.09.00>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254619301334?via%3Dihub>. Acesso em: 8 maio 2023.

WANG, Y.; LIU, Z.; HAN, Y.; XU, J.; HUANG, W.; LI, Z. Medium Chain Triglycerides enhances exercise endurance through the increased mitochondrial biogenesis and metabolism. **PloS one**, v. 13, n. 2, p. e0191182, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191182>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0191182>. Acesso em: 23 jan. 2024.

WANG, X.; WANG, G. Effects of treadmill exercise intensity on spatial working memory and long-term memory in rats. **Life sciences**, v. 149, p. 96-103, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.02.070>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024320516301205?casa_token=JopFSpotmc8AAAAA:VSwjQ9aLHEgh2Ie4vs1EseySGiSeYi4GD-89qpvilVi92jNQmZbIOMXxHbeCFs3wq2MO3elkBkFx. Acesso em: 8 maio 2023.

ANEXO A – COMPROVANTE DE CADASTRO NO SISGEN



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO
Comprovante de Cadastro de Acesso
Cadastro nº A796262

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro:	A796262
Usuário:	UFMS
CPF/CNPJ:	15.461.510/0001-33
Objeto do Acesso:	Patrimônio Genético
Finalidade do Acesso:	Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico

Espécie

Attalea phalerata Mart. Ex Spreng Attalea phalerata Mart. Ex Spreng

Título da Atividade:	Potencial do fruto bacuri: Caracterização, inovação e aplicabilidades funcionais à saúde humana
----------------------	--

ANEXO B – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO PELA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL/UFMS

24/09/2020

SEI/UFMS - 2162813 - Certificado



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada “Obtenção e caracterização de óleo de bacuri microencapsulado por coacervação complexa: Efeito sobre a composição corporal de ratos Wistar submetidos a treinamento aeróbico”, registrada com o nº 1.139/2020, sob a responsabilidade de FABIANE LA FLOR ZIEGLER SANCHES - que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL/UFMS, na 7ª reunião ordinária do dia 18/09/2020.

FINALIDADE	() Ensino (x) Pesquisa Científica
Vigência da autorização	01/03/2020 a 31/12/2021
Espécie/Linhagem/Raça	<i>Rattus norvegicus</i> /Wistar
Nº de animais	32
Peso/Idade	150 a 200 gramas / 45 dias
Sexo	Machos
Origem	Biotério Central da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

Fábio José Carvalho Faria

Coordenador da CEUA/UFMS

Campo Grande, 22 de setembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Fabio Jose Carvalho Faria, Presidente de Comissão, em 22/09/2020, às 16:13, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?

APÊNDICE A – ARTIGO NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL POTENTIAL AND APPLICABILITY OF THE FRUIT OF THE BRAZILIAN CERRADO AND PANTANAL ACURI (*ATTALEA PHALERATA* (MART.) EX SPRENG.): A NARRATIVE REVIEW

Nutritional and Functional Potential and Applicability of the Fruit of the Brazilian Cerrado and Pantanal Acuri (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.): a narrative review

Iara Penzo Barbosa¹, Valter Aragão do Nascimento¹, Lethícia Barbosa Costa¹, Matheus Macedo Pereira², Fabiane La Flor Ziegler Sanches^{3*}

1 Postgraduate Program in Health and Development in the Central-West Region, Federal University of Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, Campo Grande 79070-900, MS, Brazil

2 Graduate Program of Nutrition, Federal University of Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, Campo Grande 79070-900, MS, Brazil

3 Faculty of Pharmaceutical Sciences, Food and Nutrition, Federal University of Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, Campo Grande 79070-900, MS, Brazil

Abstract

The fruit of the species *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng, popularly known as acuri or bacuri, has several food and medicinal uses and has been researched for its potential in several areas. The objective of this study was to carry out a review of scientific knowledge about its nutritional, physiological and functional properties and technological applicability, considering its importance and potential. PubMed, CAPES/MEC, Scielo, Virtual Health Library, Wiley and Google Scholar were used as databases to search for descriptors in Portuguese and English. After applying inclusion and exclusion criteria, the Rayyan software was used to systematize data collection, following the process of reading titles and abstracts, reading complete works and extracting pertinent data. 51 studies were selected to be part of this research, divided into 4 categories: Nutritional Properties, Functional Physical Properties, Technological Applicability

and Popular Uses. It was observed that the acuri fruit is a nutritionally rich species, with bioactive compounds, which can be used to develop value-added products, whose usage represents a way of recovering traditional knowledge and contributing to bioeconomy and food and nutritional security.

Keywords: acuri; nutritional and physiological properties; health; popular uses.

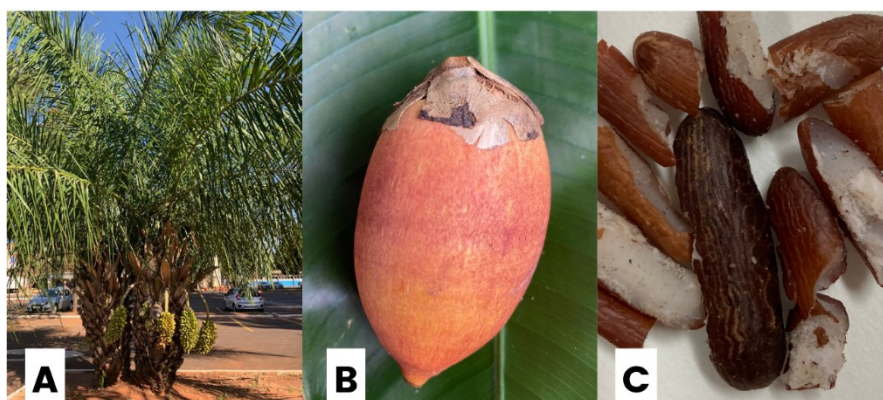
1. Introduction

The Cerrado biome occupies around 23% of the Brazilian territory and has several fruit species that have been little studied, while the Pantanal biome, a region of around 140,000 km², has vegetation rich in several species [1]. The fruits of the Cerrado and Pantanal can be used in the development of new products with high nutritional value and that promote the valorization of biomes [2].

Among the species of interest, *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng (Figure 1) stands out, which is widely distributed in the Cerrado and Pantanal biomes. However, despite having several applications, the palm tree is still understudied and is not yet explored to its full potential [3].

The acurizeiro or bacurizeiro is abundant in the Center-West region of Brazil, and can form the so-called acurizais, areas where the palm tree predominates. The fruit of the bacurizeiro is known locally by different names such as acuri, bacuri or uricuri [3], and is composed of peel (exocarp), pulp (mesocarp) and almonds (seed)[4], as shown in Figure 1.

Figure 1 A) Palm tree *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng. with bunches of fruits. (B) Ripe acuri fruit. (C) Almonds from the acuri fruit.



The literature review done by Negrelle (2015) [3] contains information regarding only to the botanical, ecological, ethnobotanical and agronomic aspects of the species [3]. In this sense, the present study aimed to review scientific knowledge about acuri in terms of its nutritional, physiological and functional properties and technological and popular applicability, considering its importance and potential.

2. Methods

2.1. Study design

This research is a narrative review prepared according to Ferrari [5], based on the following research questions: What are the main nutrients and bioactive compounds in the nutritional composition of the edible parts of the acuri fruit? What functional and physiological effects have been tested and/or proven? What are the main technological applications in the development of new products?

The selection of studies to be included a search was carried out in the databases PubMed, SciELO, Portal de Periódicos CAPES/MEC, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) and Wiley. The following descriptors were used in Portuguese and English: “*Scheelea phalerata* Mart.”; “*Attalea phalerata* Mart.”, “nutritional”, “functional”, “potential” and “applicability” with the combination of Boolean operators: OR and AND. Although Google Scholar is considered gray literature, it is where most studies on the species can be found, which is why it was included as a database researched with the same descriptors mentioned above, but with the application of publication filters from the last 10 years and excluding the term *Platonia Insignis*, which refers to the species of acuri native to North-ern Brazil.

The following inclusion criteria were adopted: articles, books, theses and dissertations published in the chosen databases, which addressed the specie of acuri fruit found in the

Brazilian Cerrado and Pantanal biomes, *Attalea phalerata* or by the synonymous nomenclature *Scheelea phalerata*, without restriction of year of publication.

Studies that addressed the species of bacuri (*Platonia insignis*) native to northern Brazil, that addressed palm trees native to other countries, that demonstrated the interaction of insects and other animals with the palm tree and fruits, that addressed themes focused on area of biology (such as those related to seedling production and seed dispersal), which demonstrated technological applicability not focused on food or pharmaceutical issues, which only described the presence of the palm tree in a given geographic location, which only mentioned the acuri without addressing it as the main theme, literature re-views, course conclusion works, abstracts published in event annals, articles not available for free and duplicates of works were excluded.

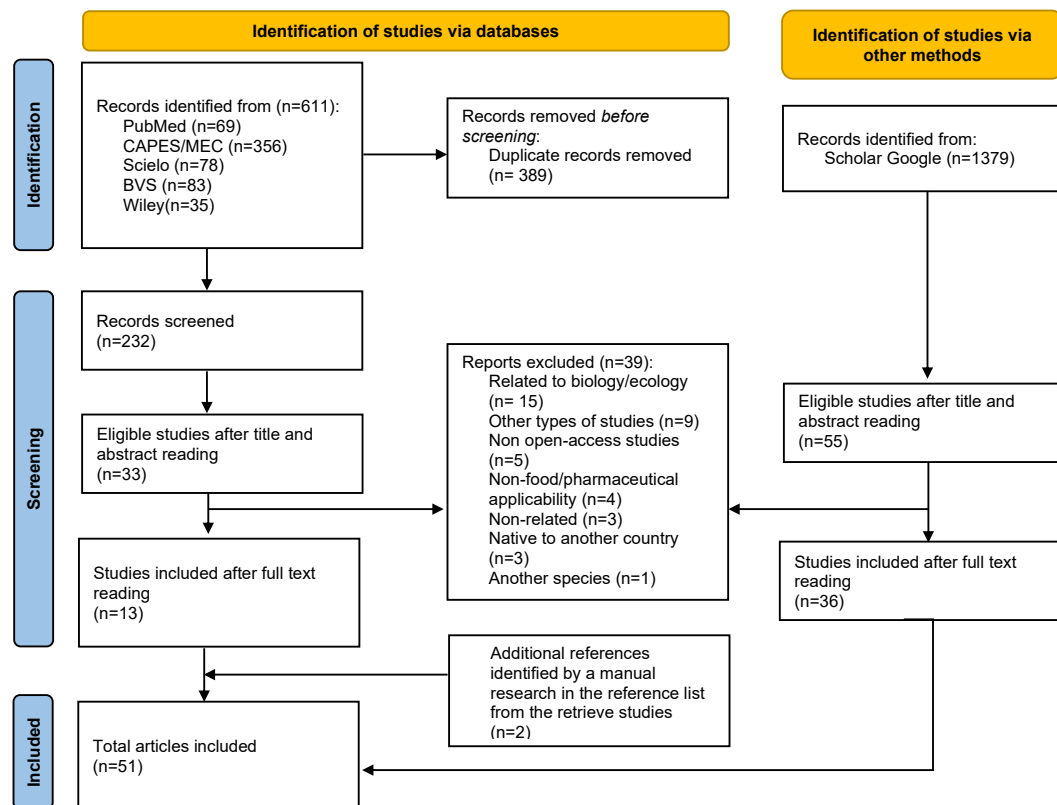
Online software Rayyan was used to assist in the selection process of included studies. After framing the publications in the aforementioned criteria by reading the titles and summaries of the studies found, the selected studies were fully read, then the data relevant to the objectives of this research were extracted, the results of which were grouped into 4 categories, described below in the form of topics, the 3 first referring to the research questions and 1 added because of the large number of studies found. The data referring to the studies was arranged in a descriptive way and addresses the main conclusions drawn from the studies.

2.2.Literature search strategy results

A total of 1990 studies were found, after applying the inclusion and exclusion criteria, 51 (2.56%) were selected to be used in this study. The selection process is detailed in the flowchart developed based on the PRISMA Flow Diagram [6] (Figure 2). Based on reading titles and abstracts, 1513 studies that did not meet the inclusion criteria were excluded. Then, 88 full-text studies went through eligibility assessment, of which 39 were excluded for the following reasons: being related to subjects in the area of biology (n=15), being an-other type of publication (conference abstracts, term papers, literature reviews) (n=9), were not available for

free (n=5), had an applicability not related to food or non-pharmaceutical (n=4), were not related to the research questions (n=3), were about species native to other countries (n=2) and were about the specie *Platonia insignis* (n=1). The remaining studies were considered eligible to be part of this review.

Figure 2. Flowchart of the literature selection process for the present article.



3. Results and discussion

3.1. Nutritional properties

Of the 51 studies selected, 20 [1,2,4,7–22] contained information on the nutritional properties of acuri, representing 39.22% of the total. The information was separated according to the part of the fruit to which it refers: pulp and oil, almonds and oil and leaves, and is arranged in the next topics.

From the 20 selected works, 4 tables containing a summary of the information were elaborated, Table 1 displays information related to nutritional composition (moisture, ash, lipids, proteins, total fiber and carbohydrates), Table 2 related to bioactive compounds, vitamins and minerals, Table 3 related to physicochemical properties and Table 4 related to fatty acid composition.

Table 1. Nutritional composition of acuri (wet basis).

References	Part	Moisture (g/100g)	Ashes(g/100g)	Lipids (g/100g)	Proteins (g/100g)	Total fibers (g/100g)	Carbohydrates (g/100g)
[16]	Raw almond flour	13.14±0.090	1.70±0.002	61.64±0.164	9.21±0.454	7.13±1.061	7.18**
	Defatted almond flour	11.14±0.061	5.85±0.058	0.41±0.046	31.95±0.538	26.59±0.668	24.06**
	Toasted deffated almond flour	1.39±0.085	6.60±0.071	0.74±0.055	34.91±1.379	29.19±1.025	27.16**
[10]	Pulp	56.90±0.01	1.25±0.03	5.97±0.30	0.75±0.20	7.86±1.30	27.27*
	Pulp flour	7.51±0.01	3.14±0.02	11.83±0.14	2.38±0.07	16.87±2.79	58.28*
[4]	Pulp	57.91±1.90	1.78±0.16	16.41±0.23	5.81±0.50	6.33±0.95	6.87±1.23***
	Almonds	15.41±0.47	1.33±0.06	36.01±1.30	8.95±1.31	32.22±1.20	36.61±1.12***
[9]	Pulp	8.1±0.1	2.7±0.0	39.2±0.6	8.5±0.4	-	41.5*
[14]	Pulp flour	7.04±0.70	3.96±0.05	13.98±0.09	4.77±0.10	-	70.25±0.67*
[11]	Raw almond flour	4.44±0.07	1.74±0.03	60.72±1.66	12.72±1.27	18.18	2.20±0.49*
	Cold defatted almond flour	6.58±0.15	2.47±0.03	48.18±3.33	14.95±0.28	-	-
	Hot defatted almond flour	6.68±0.61	5.20±0.13	3.05±0.51	28.87±2.34	55.06	1.14±0.16*
	Lyophilizated almod flour	3.49±0.19	8.49±0.22	1.78±0.25	51.39±0.41	1.99	32.86±0.44*

*Calculated by difference. **Calculated based on the sum of the values obtained for sucrose and starch. *** Methodology not specified

[Insert Table 2]

Table 3. Physico-chemical properties of acuri.

References	[13]		[9]
	In natura pulp oil	Pulp flour oil	Pulp oil

Free fatty acids (%)	-	-	0.7±0.2
Acidity index	4.2	4.5	-
Peroxid (meq/kg)	0.0	0.0	1.4±0.0
Refraction index (40°C)	1.457	1.457	1.463±0.0
Iodine index (g I ₂ /100g)	43 – 46	46 – 51	84.3±1.2
Saponification index (mg KOH/g)	251 – 282	353 – 420	193.5±1.7
Unsaponifiable matter (%)	-	-	0.50±0.0
Oxidative estabity (h)	-	-	48.7±0.1

–: not evaluated.

Table 4. Fatty acid composition of acuri

Fatty acids	[13]		[18]	[21]		[8,25]	[4]	[9]
	In natura pulp oil	Pulp flour oil	Almond oil	Almond oil		Almond oil	Pulp oil	Pulp oil
				Ethyl esters	Methyl esters			
Saturated	29.79	45.65	-	-	-	64.31	33.76	21.4±0.2
Caproic C6:0	-	-	-	-	-	0.27	0.08±0.01	-
Caprylic C8:0	1.04	2.50	2.2	3.6±0.6	3.0±0.5	3.84	0.57±0.04	0.3±0.0
Capric C10:0	-	-	2.9	3.9±0.2	3.5±0.7	4.13	0.63±0.05	0.2±0.0
Lauric C12:0	6.17	10.41	32.6	30.7±1.8	29.9±1.2	28.87	4.88±0.06	2.1±0.0
Miristic C14:0	3.23	7.46	18.2	11.9±1.1	11.8±0.7	12.00	4.15±0.01	13.3±0.1
Pentadecanoic C15:0	-	-	-	-	-	0.03	0.05±0.00	-
Palmitic C16:0	17.13	22.77	14.0	10.5±0.5	10.9±0.7	10.70	20.48±0.0	-
Margaric C17:0	0.05	0.06	-	-	-	0.04	0.09±0.04	-
Stearic C18:0	1.56	1.38	4.5	3.4±0.3	3.6±0.6	4.24	2.31±0.01	3.7±0.4
Eicosanoic/Arachidic C20:0	0.26	0.34	-	-	-	0.10	0.34±0.01	0.2±0.0

Docosanoic/Behenic C22:0	0.13	0.34	-	-	-	0.02	0.18±0.01	0.5±0.1
Lignoceric C24:0	0.22	0.39	-	-	-	0.07	0.22±0.04	-
Heptadecanoic C17:1	-	-	-	-	-	0.03	0.08±0.01	-
Monounsaturated	54.32	38.60	-	-	-	30.90	-	67.3±0.1
Oleic C18:1	52.9	36.51	22.3	30.5±1.8	32.3±2.3	30.70	51.07±0.01	67.3±0.1
Palmitoleic C16:1	0.35	0.58	0.05	-	-	0.06	0.87±0.01	-
Cis-vaccenic C18:1 cis-11	0.86	1.20	-	-	-	-	-	-
Gadolenic C20:1	0.21	0.31	-	-	-	0.11	0.36±0.02	-
Polyunsaturated	12.65	13.72	-	-	-	4.79	13.64	11.3±0.1
Linoleic C18:2	11.80	12.59	2.85	5.2±0.8	5.3±0.4	4.75	12.71±0.02	10.5±0.1
α – Linolenic C18:3	0.85	1.09	0.09	-	-	0.04	0.93±0.00	0.8±0.0
Arachidonic C20:4	Tr	0.04	-	-	-	-	-	-

-: not evaluated. tr: found in small quantities.

3.1.1. Pulp

Studies [4,9,10,14] evaluated the nutritional composition of acuri pulp, as detailed in Table 2.

The pulp of the fruit in natura was evaluated by Cunha et al. and Lescano et al. [4, 10], with moisture values ranging from 56.90 ± 0.01 to 57.91 ± 1.90 g/100g, ash values from 1.25 ± 0.03 to 1.78 ± 0.16 g/100g, lipids from 5.97 ± 0.30 to 16.41 ± 0.23 g /100g, proteins from 0.75 ± 0.20 to 5.81 ± 0.50 g/100g, fibers from 6.33 ± 0.95 to 7.86 ± 1.30 g/100g and carbohydrates from 6.87 ± 1.23 to 27.27 g/100g. The values that differed most from each other, among the aforementioned studies, were concerning lipids, proteins and carbohydrates, and the carbohydrate content was calculated using different methodologies.

Coimbra, Luzia and Jorge [9] evaluated the fruit pulp, despite having carried out two dryings in an oven at 40°C prior to analysis, the nutritional values were close to those evaluated by Cunha et al., who dried the pulp samples at 60°C and Kawano, Santos and Sanches who also processed the pulp but without specifying the drying stage [10,14]. Thus, for acuri pulp flour, moisture values ranged between 7.04 ± 0.70 and 8.1 ± 0.1 g/100g, ash values between 2.7 ± 0.00 and 3.96 ± 0.05 g/100g, lipids between 11.83 ± 0.14 and 13.98 ± 0.09 g/100g, proteins between 2.38 ± 0.07 and 8.50 ± 0.40 g/100g, fibers between 6.33 ± 0.95 and 7.86 ± 1.30 g/100g and carbohydrates between 41.5 and 70.25 ± 0.67 g/100g [9,10,14]. The values that differed the most were proteins and carbohydrates, despite the methodologies used in the aforementioned studies being the same.

While Cunha et al. and Lescano et al. [4,10] found that fresh pulp is mainly rich in moisture, Coimbra, Luzia and Jorge, Kawano, Santos and Sanches and Cunha et al. [9,10,14] observed that the pulp flour has higher concentrations of carbohydrates. Thus,

it can be observed that processing the pulp is beneficial to concentrate its nutrients, with the predominant removal of moisture content, which makes the fruit a relevant source of nutrients and increases the shelf life for human consumption [9, 11].

The selected studies also quantified the bioactive compounds, vitamins and minerals present in the pulp, pulp flour and pulp oil of acuri [1,4,9,10,13,15,17,20,24], quantified values are shown in Table 2.

The acuri pulp has $17.28 \pm 1.06 \mu\text{g/g}$ of β -carotene, $5.38 \pm 2.32 \mu\text{g/g}$ of β -zeacarotene, $150.12 \pm 0.11 \mu\text{g/g}$ of total carotenoids, $783.0 \pm 1.60 \text{mgGAE/100g}$ of phenolic compounds, $6.70 \pm 0.01 \mu\text{mol/L Trolox/g}$ (ABTS method) of antioxidant activity, $33.24 \pm 0.01 \text{g/g}$ DPPH (DPPH method) of antioxidant activity, values between 2.33 ± 0.53 and $82.61 \pm 0.04 \text{mg ascorbic acid/100g}$ of vitamin C, $1.02 \pm 0.06 \text{mg/g}$ of Calcium, values between 2.80 and $3.02 \pm 0.17 \mu\text{g/g}$ of Copper, 39.0mg/g of Phosphorus, values between 1.13 ± 0.03 and 0.9mg/g of Magnesium and values of $<0.1 \text{mg/g}$ of Potassium [1,7,14,18]. The antioxidant activity considered high is attributed to the presence of phenolic compounds and carotenoids, also considered highly present [4,9].

Specifically, acuri pulp flour was quantified for α -carotene ($37.51 \pm 1.85 \mu\text{g/g}$), β -carotene ($11.68 \pm 0.58 \mu\text{g/g}$) and vitamin C ($262.04 \pm 0.92 \mu\text{g/g}$). The flour had a lower carotenoid content, due to processing losses, and a higher vitamin C content compared to the pulp [13,10].

Acuri pulp oil has between 10.93 and $11.02 \pm 0.3 \mu\text{g/g}$ of α -carotene, between 61.72 and 62.33 ± 0.7 of β -carotene, 1.94 ± 0.1 of β -zeacarotene, between 150.12 ± 0.11 and $394.87 \mu\text{g/g}$ of total carotenoids, $74.7 \pm 0.5 \text{mg/kg}$ of alpha-tocopherol, $12.1 \pm 0.1 \text{mg/kg}$ of delta-tocopherol, between 207.30 and $240.0 \pm 0.4 \text{mgGAE/100g}$ of phenolic compounds and $161.70 \mu\text{mol/L Trolox/g}$ (by the ABTS method) of antioxidant activity

[9,17,23,24,26]. The oil is considered rich in carotenoids and has high antioxidant activity [15,23].

Lima et al. [15] carried out the microencapsulation process, through complex co-preservation, of the pulp oil and observed that the amounts of carotenoids and phenolic compounds after this processing were preserved, as well as the antioxidant activity.

Lima and Lima et al. [17,24] also analyzed the amino acids found in the pulp oil, which were extracted during processing to obtain carotenoids. The presence of five essential amino acids (isoleucine, methionine, threonine, tryptophan and valine) was observed, the most present being serine ($1.18 \pm 0.04 \mu\text{g/g}$), followed by alanine ($0.74 \pm 0.02 \mu\text{g/g}$), proline ($0.62 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$), threonine ($0.60 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$), tryptophan ($0.46 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$), valine ($0.44 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$), isoleucine ($0.28 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$), arginine ($0.25 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$) and methionine ($0.15 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$).

The dry pulp oil [9], the fresh pulp oil and the pulp flour [13] also had their physical-chemical properties evaluated, shown in detail in Table 3. Coimbra, Luzia and Jorge [9] observe that the low values of free fatty acids and peroxides indicate good oxidative stability and oil quality. Hiane et al. [13] also state that processing the pulp into flour did not change the iodine and acidity levels so much and did not change the peroxide value, indicating the good quality of the oil.

Regarding the composition of fatty acids (Table 4), Hiane et al., Lescano et al. and Coimbra, Luzia and Jorge [13,4,9] analyzed that the pulp oil is rich mostly in oleic acid (values from 51.07 ± 0.01 to $67.30 \pm 0.10\%$), palmitic acid (17.13 to $20.48 \pm 0.00\%$) and linoleic acid (10.50 ± 0.10 to 11.80%). The same applies to the pulp flour oil. The pulp oil contains mostly monounsaturated fatty acids (values from 54.32 to $67.3 \pm 0.10\%$),

followed by saturated (values from 21.40 ± 0.20 to 33.76%) and polyunsaturated (values from 11.30 ± 0.10 and 13.64%) [13,4,9].

Overall, acuri pulp and its derived products, flour and oil, are nutritionally rich, both in macronutrients, micronutrients and bioactive compounds [4,21,24].

3.1.2 Almonds

As observed by Lima e Silva et al. [16] and Cunha et al. [11], processing of acuri flour, both through hot degreasing and through the use of freeze-drying and toasting, improves the nutritional composition, considering that the protein values went from $9.21 \pm 0.45\%$ to $34.91 \pm 1.38\%$ and from $12.72 \pm 1.27\%$ to $51.39 \pm 0.41\%$, respectively. Another nutrient that increases its content substantially with processing is total fibers, going from $7.13 \pm 1.06\%$ in whole flour to $29.19 \pm 1.02\%$ in toasted defatted flour, and from 18.18% also in whole flour to 55.06% in hot defatted flour, in the respective studies mentioned above.

Lima e Silva et al. [16] also analyzed the amino acid profile of raw and toasted acuri almonds. The author analyzed the amino acid profile of acuri almonds and found out it is possible to find all the essential amino acids in the raw flour. The levels of sulfur amino acids (methionine and cysteine) represent 33.9% , with the absence of limiting amino acids, unlike toasted flour which presented six limiting amino acids (histidine, isoleucine, threonine, methionine + cysteine and lysine). The thermal processing used was possibly responsible for the considerable loss in the levels of almost all amino acids. Additionally, flour samples that underwent freeze-drying using aqueous extraction also showed a significant reduction in amino acid content in relation to the composition of raw almonds [16].

Lima e Silva et al. [16] also evaluated the amino acid score corrected for protein digestibility, taking into account the bioavailability of this nutrient to assess nutritional quality. The digestibility found for raw flour protein was 82.87%. However, the protein that underwent thermal processing (roasted almond flour) had 5 of the 9 essential amino acids with a chemical score lower than 1.0, considered the reference standard for proteins of high biological value, such as casein.

Unlike the pulp oil, acuri almond oil is rich mostly in lauric, oleic and myristic acid [8,18,21,25]. The complete fatty acid profile is described in Table 4.

3.2. Functional physiological properties

Ten studies [16,17,19,23–26,28–30] that address functional physiological properties of acuri were found. Of these 60% (n=6) referred to in vivo studies, 20% (n=2) were in vivo and in vitro studies and 20% (n=2) were in vitro studies. The specificities of each study are shown in Table 5.

[Insert Table 5]

3.2.1 Pulp

Lima et al. and Lima [17,23] evaluated the cytotoxicity, genotoxicity and clastogenic potential using different doses of pulp oil in vivo and in vitro models. In the *Artemia salina* assay, the lethality of the oil over cell viability was evaluated, with doses ranging from 10 to 500 µg/mL of oil, demonstrating that the oil has low cytotoxicity in microcrustaceans. In the MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay, which verified the viability of T84 cells (colon carcinoma) through metabolic activity, it was possible to observe the absence of cytotoxicity in doses of up to 20 mg/mL of oil. Using Wistar rats in an in vivo experiment and doses of 125, 250, 500 and 1000 mg/kg of weight of acuri pulp oil administered orally by gavage, comet

assays were carried out, which verify the levels of DNA damage and, micronucleus, which verify the presence or absence of damage to chromosomes and/or mitotic apparatus of erythroblasts, with low genotoxicity and absence of clastogenic effect being observed, and its use is also considered safe.

In another study by Lima et al. and Lima [17,24] the anti-inflammatory, antiproliferative and cytoprotective potential of bioactive compounds in acuri pulp oil was verified in vitro and in vivo tests. To verify cell viability through the MTT assay, peritoneal macrophages were obtained, which were also used to verify the production of Nitric Oxide (NO), macrophage migration and the inhibition of COX 1 and COX 2 enzymes. It was observed in the NTT assay that the dose of 1 mg/mL did not influence cell viability, while doses of 5 and 10 mg/mL reduced viability by approximately 50%, being considered cyto-toxic. The observed effects are attributed to the presence of carotenoids, with antioxidant action, and unsaturated fatty acids. The authors highlight the potential use of the oil as a nutraceutical and herbal medicine.

The study by Lima et al. [26] brings a psychological perspective of the usage of acuri pulp oil, the authors used different doses of the oil (125, 250, 500 and 1000 mg/kg) administered orally by gavage to Wistar rats that were subjected to experimental models of anxiety and depression, with their behaviors evaluated. Thus, it was concluded that there was no antidepressant effect, but there was an anxiolytic effect, verified in the Hide Spheres and Elevated Cross Maze tests. The authors highlight the potential use of fruit pulp oil as an herbal medicine, with more studies needed to understand the mechanisms of action.

3.2.2. Almonds

In a biological trial conducted by Baldivia and Baldivia et al. [8,25], whose objective was to evaluate the metabolic effect of acuri almond oil (OAB) in hyperlipidemic rats, a diet with a high fructose content (34% commercial feed and 66% % fructose) was administered to Wistar rats ($n = 57$). Previously, a preliminary study was conducted to determine the best dose of OAB to be used, with 1.2 mL/kg of weight being chosen, as it was the highest dose that did not cause irritability and no change in water and food intake, weight, consistency of feces and in the erection and loss of hair in animals. Initially, for 112 days the rats were fed a commercial diet (control) and a high fructose diet (HFD), to induce hyperlipidemia, later the animals were divided into 5 groups described in Table 5, receiving oral administration via gavage the tested substances for 63 days.

The results obtained by Baldivia and Baldivia et al. [8,25] with the administration of OAB showed that there was no change in food intake, but there was a reduction in water intake in this group, and it was observed that urinary excretion was also reduced, indicating that the water balance was preserved. AOB also showed an effect on feces, which were lighter, larger, with a softer texture and with less weight compared to the control group, which the authors justify by the greater amount of water and lipids present in them and the greater absorption of nutrients from the diet. Rats that received the HFD diet showed greater weight gain when compared to the control group. Furthermore, it was observed that the group that received OAB had less weight gain and smaller deposits of mesenteric adipose tissue, compared to the HFD group. OAB also had an effect on liver weight, which was greater in relation to the control and HFD group, but still with lipid concentrations similar to the control group and higher in relation to the HFD group. OAB had no impact on the relative mass of skeletal muscles, spleen, heart, lung and kidney, on serum levels of AST, ALT and creatinine.

Treatment of rats with ciprofibrate (C) and simvastatin (S) led to a reduction in serum triglycerides, which did not happen in the group that received OAB, which obtained values similar to those in the HFD group. However, treatment with OAB reduced serum cholesterol levels in rats in a similar way to the reduction seen in the HFD + S and HFD + C groups, compared to the HFD group. The hypotheses suggested by the authors [8,25] to justify the observed hypocholesterolemic effect was the presence of monounsaturated fatty acids and other chemical components, which combined with thermogenesis indicate an activation of brown adipose tissue. This study shows that acuri almond oil administered to rats with hyperlipidemia induced by a diet rich in fructose promoted a reduction in body mass and mesenteric adipose tissue, in addition to the hypocholesterolemic effect. The authors suggest its use in health foods and nutritional supplements to control hypercholesterolemia and obesity.

In the study by Lima e Silva et al.[16] which aimed to compare the protein nutritional value of acuri almonds through a biological assay using Wistar rats, it was observed that all groups, described in Table 5, ingested similar amounts of proteins and that the nitro-gen balance did not differ between the groups, however the weight gain of the animals in the groups that received acuri was lower than in the control group with casein, highlighting a possible role in their satiety, probably due to its fiber content. For the group that received proteins from defatted raw flour from acuri almonds (test group 1), the true protein digestibility was 82.87% and for the toasted flour it was 72.33%, indicating that the heat treatment, under the conditions used, was not effective in increasing this physiological parameter. This difference of approximately 10% shows that heat treatment did not increase the availability of amino acids to be absorbed nor did it allow greater protein hydrolysis. The authors conclude that heat treatment did not contribute to improving the nutritional characteristics of the fruit almonds.

Ramos et al. [30] conducted an experiment to verify the effects of supplementation with acuri almonds on the body composition of Wistar rats subjected to exercise. During 4 weeks of adaptation, the animals received a commercial diet and were subsequently separated into 6 groups (Table 5), in which the animals received the AIN-93 diet containing 15% proteins of vegetable origin (defatted flour from acuri almonds or proteins of animal (whey protein concentrate) and performed resistance training in the climbing model for 8 weeks at a frequency of 3 times a week. In addition to the results in body composition parameters presented in Table 5, the researchers' initial work also evaluated biochemical components, showing a reduction of total cholesterol, HDL, triglycerides and VLDL, but promoted an increase in glycemia and LDL levels and showed that gastrocnemius muscle proteins and the muscle weight/body weight ratio showed no significant difference between the groups, which the electrophoretic profile indicated possibility of differential protein composition between the muscles of exercised and sedentary animals and that physical performance was similar between the groups that received the acuri diet and those that received animal protein. They concluded that the proteins from acuri almonds are of good quality compared to whey protein, being an alternative and low-cost vegetable source, from a fruit easily found in the Brazilian Cerrado and Pantanal biomes.

3.2.3. Leaves

Mahmoud et al. [29] conducted a study to evaluate the cytotoxic activity of plant extracts from the Central-West region of Brazil, including acuri. From the plant extract of acuri palm leaves, using n-hexane, dichloromethane, ethyl acetate, n-butanol and hydroalcohol and using a tumor cell line, the MTT assay was carried out. It was observed that, under these conditions, the cytotoxic activity, calculated by the percentage of cell

growth inhibition, representing the lethality of the extracts was 100% for n-hexane, dichloromethane and hydroalcohol. For the 3 tumor cell lines, melanoma, human colon carcinoma and glioblastoma, the percentage inhibition of ethyl acetate extract was 94.72%, 81.35% and 65.77%, respectively. For the n-butanol extract, the percentages were less than 75%, and cannot be considered to have high growth inhibitory activity, only moderate (greater than 50%). The authors point out the need to continue phytochemical studies to identify the bioactive compounds present in the extract.

The study by Oliveira et al. [19] aimed to evaluate the biological activity of the essential oil extracted from the acuri leaf in the dry and rainy seasons. The oil from the rainy season showed inhibitory activity on *Leishmania amazonenses* promastigotes ($165.05 \pm 33.26 \mu\text{g/mL}$), the oil from the dry season showed moderate antibacterial activity ($200\text{--}400 \mu\text{g/mL}$) and both showed cytotoxic action on Vero cells. Thus, the oil is considered to have antileishmanial and antibacterial activity, which was attributed to the lipid composition rich in long-chain fatty acids. The authors also observed that the essential oil has a similar action to amphotericin B, used in the treatment of leishmaniasis, which also points to the potential for drug development.

3.3. Technological applicability

In the field of technological applicability, 8 studies [1,11,14,18,31–33], that are described in detail below, were found.

In the study by Bortolotto et al. [34], as part of a university extension project, acuri was one of the fruits whose consumption and commercialization were encouraged, with the pulp being used to produce flour. In this work, a network of women's extractive communities in Mato Grosso do Sul, a Brazilian state, allows female empowerment, generation of products and services, financial autonomy, boosting the local economy and improving their lives and that of their families.

The fruit is also used to develop products to be sold, strengthening the local bioeconomy. Using the pulp and almonds of the fruit, a granola was produced for consumption with yogurt, and it was observed in the sensory analysis that compared to commercial granola, granola with acuri presented better properties of color, texture and nutritional value, and could be an alternative to fast and healthy food [32].

Acuri almonds were also used to develop a protein food supplement aimed mainly at sportspeople and vegetarian athletes. Two formulations were proposed, one with 70% acuri almond flour and the other with 40%, both microbiologically adequate and in accordance with the nutritional needs proposed in Brazilian legislation [11].

The fruit pulp was used to prepare three formulations of high-protein cakes, one without the addition of pulp flour, another with 35% and the third formulation containing 50% addition. In the sensory analysis, the three formulations were evaluated among the parameters, from the hedonic scale used, 'I liked it moderately' to 'I liked it a lot', and acceptability was greater than 75%, which indicates the potential for using flour in the development of new products. , also considering that formulations with flour had a higher amount of fiber, resulting in health benefits for consumers [14].

The flour from the pulp was also used to develop cereal bars, with three formulations being created, one without adding flour, one with 10% and the other with 20%. The formulation with 10% pulp flour was the best evaluated in sensory attributes (82.2%), both this and the formulation with 20% were considered sources of carbohydrates, proteins, fiber, antioxidants and calories. Therefore, they can be consumed before or after sports to meet nutritional needs and are a way of valuing products made from regional ingredients [10].

Santos et al. [33] pointed out the fact that acuri is not explored industrially and in their work they defined parameters that optimize the drying of fruit pulp slices, enabling a lower concentration of free water and consequently a longer shelf life and durability for commercialization.

The book by Damasceno Junior e Souza [1] contains recipes that can be produced with the pulp and almonds of the acuri, they are: acuri flour, acuri cake, acuri rain cake, cocada with acuri almonds and Jáu (fish) with acuri flour. The recipes were created by the traditional population of Pantanal, who already use the fruit on a daily basis.

3.4. Popular uses

This topic included 22 studies [35–56] that report the use of acuri in communities in the Brazilian states of Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Amapá, Goiás, Amazonas, Acre and Rondônia. The fruit of *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng can be called Acuri, Coco-de-acuri, Bacuri, Ouricuri, Uricuri, Mudjí, Kutá and Shebê, the last three names being of indigenous origin [35–41,44–58].

Table 6 contains data relating to the type of use, study methodology, population and location of the study.

[Insert table 6]

Acuri has food [39–43,45,48,49,53,51,52,55–58,63] and medicinal [40,46,52,55] uses. The study by Oliveira et al. (2023) [55] mentions that leaf tea is used to treat diseases caused by intestinal parasites and the study by Miguéis et al. (2019) [46] indicates that acuri is used to treat respiratory diseases. However, the other studies do not mention which specific pathologies the fruit can be used for, only evaluating the population's knowledge about the plant and its presence in the studied area.

Although there is still transmission of traditional knowledge, studies warn that there is a decrease in the use of some species, including the acuri, which leads to the gradual loss of knowledge with impacts on the ethno-knowledge of future generations, and consequently, a decrease in food and therapeutic use of these plants [38,45,52,55].

In the study by Machado [44] the gap between theoretical knowledge of wild food plants and their actual consumption by communities was verified, which is only 32.27% of the total number of known plants. Acuri is among those plants that are known but not consumed on a daily basis.

Machado and Lanza [50,44] explain that the decrease in the consumption of local/regional food plants occurs while there is a greater consumption of industrialized foods, acquired in stores in cities close to the communities, considered part of the hegemonic food culture and contributing to food monotony. David and Pasa [41] also attribute the loss of knowledge to the urbanization process.

In the study by Bortolotto et al. [38] it was observed that individuals living in communities further away from urban areas and older individuals knew more wild species. Similar results were observed in the study by Miguéis et al. [46], in which older

participants and residents of communities for a longer time knew more local flora plants and more indications for use.

The authors attribute this result to the lack of interest among the younger population and the increase in technology. The transmission of traditional knowledge between age groups is indicated for maintaining food culture and knowledge about the uses and management of plants [44,45]. This ethnobotanical knowledge also represents a way of conserving local biodiversity [36].

One of the ways to develop new medicinal products is based on the wisdom of traditional populations, highlighting the importance of these studies that record ethnopharmacobotanical knowledge [40]. Because they are part of local traditional knowledge, represent the sociocultural heritage of the traditional populations that use them and because they are available, it is extremely important to incorporate native species as a tool to promote food security and sovereignty [38,44,45, 50,59].

Machado [44] encourages agroecological production and management to favor the diversification and food autonomy of communities, with the involvement of women in agricultural and food-related choices being essential. Bortolotto et al. [58] emphasize that acuri, because it occurs homogeneously and because of its high fruit production, has the potential for food use with large-scale and sustainable production. The authors also highlight the urgency of creating conservation units and public preservation policies.

Bortolotto et al. [57] reported on a project developed by a university extension program in partnership with non-governmental organizations and small communities in the Cerrado and Pantanal of a Brazilian state, in which the objective was to contribute to the economic development of communities, value biodiversity and local culture and strengthen food security. These objectives were achieved through activities such as training courses, culinary workshops, food handling workshops, scientific communications about nutritional value and biodiversity. From the pulp of the acuri fruit, acuri flour was produced and prepared for sale. The initial objectives were achieved and beyond them, there was an improvement in the social organization of communities and their quality of life, which represents a good practical example of approaches to valuing local culture in a sustainable way.

Part of the communities that became the target population for the studies cited are traditional, formed by pantaneiros, quilombolas, fishermen, indigenous people and family

farmers [35,36,41,44–52,56,57] and are located in places far from hospitals, without adequate health care, thus, medicinal plants become important treatments for health problems on those population [55].

The acuri fruit palm is considered a plant to be protected, preserved and conserved, and together with other species it contributes to the maintenance of agrobiodiversity [37,47,48,51,56]. Furthermore, the fruits can be sold, generating financial returns for extractive families, representing great economic potential [53]. Bortolotto et al. [38] explain that the commercialization of edible plants from communities can promote development, reducing poverty, and increasing the value of these plants.

In studies [35,37,39,41,44,45,49,56] acuri is present close to people's homes as a remnant of the forests that were maintained, corresponding to a source of subsistence for communities and essential for their continuity [49]. Agostinho et al. [54] points out the acuri as a native species that can form part of biodiverse agroforestry systems, enabling food production and continuous income generation.

5. Conclusions

Acuri, of the species *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng., is a fruit that has pulp, oil and almonds nutritionally rich in macro and micronutrients and bioactive compounds. The fruit and its products have anti-inflammatory, cytoprotective, cytotoxic properties against neoplastic cells, antileishmanial, antibacterial, anxiolytic activities, anticholesterolemic effects, reducing weight gain and the deposition of adipose tissue.

Considering its food and medicinal applicability and its health benefits, the authors recommend its use by the population. It is noteworthy that the fruit and its products have great potential for commercialization in a sustainable way and can contribute to bioeconomy, food and nutritional security and food sovereignty.

Ethics and Consent

Not applicable.

Availability of data and materials

No new data were created or analyzed in this study. Data sharing is not applicable to this article.

Competing interests

The author declares no competing interests.

Funding

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Acknowledgments

Not applicable.

Author contributions

Conceptualization, F.L.F.Z.S and I.P.B.; Methodology, F.L.F.Z.S and I.P.B; Data Curation, F.L.F.Z.S, I.P.B, L.B.C and M.P.M.; Writing – Original Draft Preparation, I.P.B and L.B.C, Writing – Review & Editing, F.L.F.Z.S, Supervision, F.L.F.Z.S and V.A.N.

5. References

1. *Receitas & Boas Práticas de Aproveitamento: Conhecer Para Valorizar Os Frutos Nativos*; Damasceno-Junior, G.A., Souza, P.R., Eds.; Ed. UFMS: Campo Grande, Brasil, 2010;
2. Lima, F.F. Microencapsulação Do Óleo de Bacuri Por Coacervação Complexa Obtenção, Caracterização e Avaliação Biológica Das Microcápsulas. Master's Thesis, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia at Universidade Federal de Grande Dourados: Dourados, Brasil, 2014.
3. Negrelle, R.R.B. *Attalea phalerata* MART. EX SPRENG.: ASPECTOS BOTÂNICOS, ECOLÓGICOS, ETNOBOTÂNICOS E AGRONÔMICOS. *Ciênc. Florest.* **2015**, 25, 1061–1066, doi:10.5902/1980509820669.
4. Lescano, C.H.; de Oliveira, I.P.; Freitas de Lima, F.; Baldivia, D. da S.; Justi, P.N.; Cardoso, C.A.L.; Raposo Júnior, J.L.; Sanjinez-Argandoña, E.J. Nutritional and Chemical Characterizations of Fruits Obtained from *Syagrus Romanzoffiana*, *Attalea Dubia*, *Attalea Phalerata* and *Mauritia Flexuosa*. *J. Food Meas. Charact.* **2018**, 12, 1284–1294, doi:10.1007/s11694-018-9742-3.
5. Ferrari, R. Writing Narrative Style Literature Reviews. *Med. Writ.* **2015**, 24, 230–235, doi:10.1179/2047480615Z.000000000329.
6. Page, M.J.; McKenzie, J.E.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, C.D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J.M.; Akl, E.A.; Brennan, S.E.; et al. The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ* **2021**, 372, n71, doi:10.1136/bmj.n71.

7. Baldivia, D.D.S. Composição química e efeito do óleo da amêndoa de *Attalea phalerata* Mart. Ex Spreng (Arecaceae) no perfil lipídico e na massa corporal de ratos Wistar hiperlipidêmicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais at Universidade Federal da Grande Dourados: Dourados, Brasil, 2013.
9. Coimbra, M.C.; Luzia, D.M.M.; Jorge, N. Physicochemical Characterization of the Pulp Oil of Bacuri *Attalea Phalerata* Mart. Ex Spreng. (Arecaceae). *Cienc. Tecnol. Agropecu.* **2020**, *21*, 1–11, doi:10.21930/rcta.vol21_num3_art:1791.
10. Cunha, F.C.D.; Siqueira, I.F.; Pelegrin, J.O.; Souza, A.V.O.M.; Vasconcelos, M.P.; Jordão, C.; Santos, E.F. dos; Hiane, P.A.; Sanches, F.L.F.Z. DEVELOPMENT OF CEREAL BARS USING BACURI PULP FLOUR FOR SPORTSMEN: NUTRITIONAL COMPOSITION AND SENSORY ACCEPTABILITY. *Int. J. Dev. Res.* **2018**, *08*, 18947–18953.
11. Cunha, F.C.D.; Semidei, R.; Barbosa, I.P.; Barbosa, L.; Myagusku, L.; Macedo, M.L.R.; Hiane, P.A.; Sanches, F.L.F.Z. DESENVOLVIMENTO DE SUPLEMENTO ALIMENTAR PROTEICO COM AMÊNDÓAS DO BACURI (*ATTALEA PHALERATA* MART. EX SPRENG.) PARA ESPORTISTAS VEGETARIANOS. In *Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 2*; Editora Científica Digital, 2021; pp. 445–456 ISBN 9786589826941.
12. Ferreira, L. dos S.; Santos, M.R.P.; Figueira, L.C.; Nagata, K.M.R.; Remédios, C.M.R.; Sousa, F.F. de Caracterização de óleos vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção. *Sci. Plena* **2017**, *13*, doi:10.14808/10.14808/sci.plena.2017.012704.
13. Hiane, P.A.; Bogo, D.; Ramos, M.I.L.; Ramos Filho, M.M. Carotenóides pró-vitamínicos A e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). *Food Sci. Technol.* **2003**, *23*, 206–209, doi:10.1590/S0101-20612003000200018.
14. Kawano, A.C.; Santos, E.F. dos; Sanches, F.L.F.Z. Utilização da farinha de bacuri no desenvolvimento de bolo hiperproteico para esportistas: caracterização química e sensorial. *Multitemas* **2020**, 11–26, doi:10.20435/multi.v25i60.2169.
15. Lima, F.F. de; Lescano, C.H.; Oliveira, E.F.R. de; Fakhouri, F.M.; Moraes, I.C.F.; Kassuya, C.A.L.; Sanjinez-Argandoña, E.J. Characterization and Optimization of Oil Microcapsules from *Attalea Phalerata* Mart. for the Preservation of Bioactive Compounds. *Braz. J. Pharm. Sci.* **2019**, *55*, e17058, doi:10.1590/s2175-97902019000217058.
16. Lima e Silva, M.C.B.; Hiane, P.A.; Braga Neto, J.A.; Macedo, M.L.R. Proteins of Bacuri Almonds: Nutritional Value and in Vivo Digestibility. *Food Sci. Technol.* **2014**, *34*, 55–61, doi:10.1590/S0101-20612014000100008.
17. Lima, F.F. Perfil Cromatográfico e Potencial Tóxico-Farmacológico Do Óleo Da Polpa Dos Frutos de *Attalea Phalerata* Mart. Ex Spreng. (Bacuri).

- Master's Thesis, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais at Universidade Federal da Grande Dourados: Dourados, Brasil, 2013.
18. Nagata, K.M.R. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS E DIELETRICAS DOS ÓLEOS DE URUCURI (*Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.) E INAJÁ (*Maximiliana*). Master's Thesis, Universidade Federal do Oeste do Pará: Santarém, Brasil, 2013.
 19. Oliveira, D.M.; Furtado, F.B.; Gomes, A.A.S.; Belut, B.R.; Nascimento, E.A.; Moraes, S.A.L.; Martins, C.H.G.; Santos, V.C.O.; da Silva, C.V.; Teixeira, T.L.; et al. Chemical Constituents and Antileishmanial and Antibacterial Activities of Essential Oils from *Scheelea Phalerata*. *ACS Omega* **2020**, *5*, 1363–1370, doi:10.1021/acsomega.9b01962.
 20. Otero, D.; Antunes, B.; Bohmer, B.; Jansen, C.; Crizel, M.; Lorini, A.; Krumreich, F.; Zambiasi, R.C. Bioactive Compounds in Fruits from Different Regions of Brazil. *Rev. Chil. Nutr.* **2020**, *47*, 31–40, doi:10.4067/S0717-75182020000100031.
 21. Pierezana, L.; Cabral, M.R.P.; Martins Neto, D.; Stropa, J.M.; Oliveira, L.C.S. de; Scharf, D.R.; Simionatto, E.L.; Silva, R.C. de L. da; Simionatto, E. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TEMPERATURA DE CRISTALIZAÇÃO DE ÉSTERES OBTIDOS DE QUATRO ÓLEOS VEGETAIS EXTRAÍDOS DE SEMENTES DE PLANTAS DO CERRADO. *Quím. Nova* **2015**, *38*, 328–332, doi:10.5935/0100-4042.20150018.
 22. Vasconcelos, M.P.; Sanches, F.L.F.Z. Efeito de tecnologia de frio para conservação de óleo da amêndoa de bacuri. *Multitemas* **2022**, 67–87, doi:10.20435/multi.v27i67.3352.
 23. Lima, F.F. de; Menegati, S.E.L.T.; Traesel, G.K.; Araújo, F.H.S. de; Lescano, C.H.; Peixoto, S.M.; Silva, F.A.M.; Vieira, S.C.H.; Vieira, M. do C.; Oesterreich, S.A. Study on the Cytotoxic, Genotoxic and Clastogenic Potential of *Attalea Phalerata* Mart. Ex Spreng. Oil Pulp In Vitro and In Vivo Experimental Models. *PLOS ONE* **2016**, *11*, e0165258, doi:10.1371/journal.pone.0165258.
 24. Lima, F.F. de; Lescano, C.H.; Arrigo, J. da S.; Cardoso, C.A.L.; Coutinho, J.P.; Moslaves, I.S.B.; Ximenes, T.V. do N.; Kadri, M.C.T.; Weber, S.S.; Perdomo, R.T.; et al. Anti-Inflammatory, Antiproliferative and Cytoprotective Potential of the *Attalea Phalerata* Mart. Ex Spreng. Pulp Oil. *PLOS ONE* **2018**, *13*, e0195678, doi:10.1371/journal.pone.0195678.
 25. Baldivia, D. da S. Composição química e efeito do óleo da amêndoa de *Attalea phalerata* Mart. Ex Spreng (*Arecaceae*) no perfil lipídico e na massa corporal de ratos Wistar hiperlipidêmicos. *Chemical composition and effect of almond oil of Attalea phalerata Mart. Ex Spreng (Arecaceae) on the lipid profile and body mass of hyperlipidemic Wistar rats* **2013**.
 26. Lima, F.F. de; Júnior, P.S.V.S.; Traesel, G.K.; Menegati, S.E.L.T.; Oesterreich, S.A.; Vieira, M.C. ESTUDO DO EFEITO CENTRAL DO ÓLEO DA POLPA DE *Attalea phalerata* MART. EX SPRENG. EM MODELOS ANIMAIS DE ANSIEDADE E DEPRESSÃO. *Rev. Eletrônica Farmácia* **2019**, *16*, doi:10.5216/ref.v16.49497.

28. Baldivia, D.D.S.; Sanjinez-Argandonã, E.J.; Antunes, K.Á.; Moraes, I.C.F.; Dos Santos, E.L.; De Picoli Souza, K. The Chemical Composition and Metabolic Effects of Attalea Phalerata Nut Oil in Hyperlipidemic Rats Induced by a High-Fructose Diet. *Molecules* **2018**, *23*, 960, doi:10.3390/molecules23040960.
29. Mahmoud, T.S.; Marques, M.R.; Pessoa, C. do Ó.; Lotufo, L.V.C.; Magalhães, H.I.F.; Moraes, M.O. de; Lima, D.P. de; Tininis, A.G.; Oliveira, J.E. de In Vitro Cytotoxic Activity of Brazilian Middle West Plant Extracts. *Rev. Bras. Farmacogn.* **2011**, *21*, 456–464, doi:10.1590/S0102-695X2011005000061.
30. Ramos, M. de L.M.; Rodrigues, G. da C.G.; Soares, W.R.G.; Hiane, P.A.; Ramos, M.I.L.; Almeida, J.A. de; Sanches, F.L.F.Z. SUPLEMENTAÇÃO COM AMÊNDOA DE BACURI NA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE RATOS SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO. *Rev. Bras. Med. Esporte* **2017**, *23*, 294–299, doi:10.1590/1517-869220172304172947.
31. Bortolotto, I.M.; Ziolkowski, N.E.; Gomes, R.J.B.; Almeida, F.S. de; Campos, R.P.; Aoki, C. MULHERES EM REDE: CONECTANDO SABERES SOBRE PLANTAS ALIMENTÍCIAS DO CERRADO E PANTANAL. *Ethnoscience - Braz. J. Ethnobiol. Ethnoecology* **2021**, *6*, 198–232, doi:10.18542/ethnoscience.v6i2.10374.
32. Mendoza, V. da S.; Santos, L. de L. dos; Sanjinez-Argadoña, E.J. Elaboração de granola com adição de polpa e castanha de Bacuri para consumo com iogurte. *Evidência* **2016**, *16*, 83–100, doi:10.18593/eba.v16i2.10382.
33. Santos, D. da C.; Leite, D.D. de F.; Lisbôa, J.F.; Ferreira, J.P. de L.; Santos, F.S. dos; Lima, T.L.B. de; Figueiredo, R.M.F. de; Costa, T.N. da Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de fatias de acuri. *Braz. J. Food Technol.* **2019**, *22*, e2018031, doi:10.1590/1981-6723.03118.
35. Mamede, J.S. dos S.; David, M.D.; Filho, A. de A.T.; Pasa, M.C. OS QUINTAIS E AS MANIFESTAÇÕES CULTURAIS DA COMUNIDADE SÃO GONÇALO BEIRA RIO, CUIABÁ – MT. *Biodiversidade* **2015**, *14*.
36. Pasa, M.C.; David, M. de; Fiebig, G. de Á.; Nardez, T.M.B.; Maziero, E.L. A ETNOBOTÂNICA NA COMUNIDADE QUILOMBOLA EM NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO. MATO GROSSO, BRASI. *Biodiversidade* **2015**, *14*.
37. Costa, I.B.C. da [UNESP Etnobotânica e práticas agroecológicas na comunidade rural Rio dos Couros, Cuiabá, MT, Brasil. Master's Thesis, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”: Botucatu, Brasil, 2015.
38. Bortolotto, I.M.; Amoroza, M.C. de M.; Neto, G.G.; Oldeland, J.; Damasceno-Junior, G.A. Knowledge and Use of Wild Edible Plants in Rural Communities along Paraguay River, Pantanal, Brazil. *J. Ethnobiol. Ethnomedicine* **2015**, *11*, 46, doi:10.1186/s13002-015-0026-2.
39. Moura, S. de S. Quintais como espaços para conservação no chaco. Master's Thesis, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul: Campo Grande, Brasil, 2016.

40. Fiebig, G. de Á.; Pasa, M.C. A ETNOBOTÂNICA NA COMUNIDADE PASSAGEM DA CONCEIÇÃO EM VÁRZEA GRANDE, MATO GROSSO, BRASIL. *Biodiversidade* **2016**, 15.
41. David, M.D.; Pasa, M.C. RIBEIRINHOS E RECURSOS VEGETAIS: A ETNOBOTÂNICA EM BONSUCESSO, VÁRZEA GRANDE, MATO GROSSO. *FLOVET - Flora Veg. E Etnobotânica* **2016**, 1.
42. Bortolotto, I.M.; Hiane, P.A.; Ishii, I.H.; de Souza, P.R.; Campos, R.P.; Juraci Bastos Gomes, R.; Farias, C. da S.; Leme, F.M.; de Oliveira Arruda, R. do C.; de Lima Corrêa da Costa, L.B.; et al. A Knowledge Network to Promote the Use and Valorization of Wild Food Plants in the Pantanal and Cerrado, Brazil. *Reg. Environ. Change* **2017**, 17, 1329–1341, doi:10.1007/s10113-016-1088-y.
43. Bortolotto, I.M.; Damasceno-Junior, G.A.; Pott, A. Lista preliminar das plantas alimentícias nativas de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia Sér. Botânica* **2018**, 73, 101–116, doi:10.21826/2446-8231201873s101.
44. Machado, C. de C. Conhecimento e consumo de plantas alimentícias em cinco comunidades da reserva de desenvolvimento sustentável Piagaçu-Purus, Amazonas. Master's Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia: Manaus, Brasil, 2018.
45. Paula Filho, G.X. Plantas alimentícias não convencionais da Reserva Extrativista Rio Cajari, Amapá: levantamento etnobotânico, composição química e propagação. Doctoral Dissertation, Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, Brasil, 2018.
46. Miguéis, G. da S.; Silva, R.H. da; Júnior, G.A.D.; Guarim-Neto, G. Plants Used by the Rural Community of Bananal, Mato Grosso, Brazil: Aspects of Popular Knowledge. *PLOS ONE* **2019**, 14, e0210488, doi:10.1371/journal.pone.0210488.
47. Souza, V. da C. de Caracterização de agroecossistemas utilizados por agricultores familiares em comunidades rurais no Portal da Amazônia - Mato Grosso: agrobiodiversidade, alimentação e geração de renda. Master's Thesis, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos: Araras, Brasil, 2019.
48. Lúcio, S.L.B. Foice, machado, fogo e enxada : práticas de cultivo e sucessão secundária em matas de galeria inundáveis do Cerrado após agricultura itinerante. Doctoral Dissertation, Instituto de Ciências Biológicas at Universidade de Brasília: Brasília, Brasil, 2019.
49. Costa, N.G. Etnobotânica de plantas alimentícias utilizadas pelo povo Shanenawa do município de Feijó, Acre. Master's Thesis, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”: Botucatu, Brasil, 2019.
50. Lanza, T.R. Sistemas de cultivo e plantas alimentícias da Terra Indígena Kaxinawá de Nova Olinda, Acre. Doctoral Dissertation, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”: Botucatu, Brasil, 2020.

51. Matos, L.R.; Silva, R.G.C.; Thévenin, J.M.; Souza, W.K.A. Ecologia humana no MST: os saberes-fazeres em forma de resistência em um assentamento agrário na Amazônia Brasileira. *Rev. Retratos Assentamentos* **2020**, *23*, 91–125.
52. David, M.D.; Arruda, J.C. de; Silva, C.J. da Estudo comparativo sobre o conhecimento e uso da biodiversidade de plantas no Distrito de Mimoso (Santo Antônio de Leverger), Mato Grosso, Brasil - Reserva da Biosfera do Pantanal. *Res. Soc. Dev.* **2022**, *11*, e130111032530–e130111032530, doi:10.33448/rsd-v11i10.32530.
53. Souza, L.F.; Amaral, É.V.E.D.J.; Guilherme, F.A.G.; Coelho, C.P. POTENCIAL ECONÔMICO DA FLORA DO SUDOESTE GOIANO. In *OPEN SCIENCE RESEARCH*; 1; Editora Científica Digital, 2022; Vol. 5, pp. 257–273 ISBN 9786553601765.
54. Agostinho, P.R.; Pereira, Z.V.; Martinelli, G. do C.; Mayer, T. da S.; Gonçalves, C. de B.Q.; Padovan, M.P. Arranjos de sistemas agroflorestais biodiversos para restauração de Áreas de Reserva Legal com viabilidade socioeconômica. *Res. Soc. Dev.* **2022**, *11*, e240111436239–e240111436239, doi:10.33448/rsd-v11i14.36239.
55. Oliveira, A.K.M. de; Matias, R.; Dourado, D.M.; Fernandes, R.M.; Abreu, C.A. de A.; Silva, B.C.F. de L. Estudio etnobotánico de especies medicinales utilizadas en Villa do Taboco, Serra de Maracaju, Brasil y la actividad curativa de la especie de mayor valor de uso (*Maytenus ilicifolia*). *Bol. Latinoam. Caribe Plantas Med. Aromáticas* **2023**, *22*, 537–559, doi:10.37360/blacpma.23.22.4.40.
56. Bortolotto, I.M.; Seleme, E.P.; Araújo, I.P.P. de; Moura, S. de S.; Sartori, Â.L.B. CONHECIMENTO LOCAL SOBRE PLANTAS ALIMENTÍCIAS NATIVAS NO CHACO BRASILEIRO. *Oecologia Aust.* **2019**, *23*, doi:10.4257/oeco.2019.2304.05.

Tables

Table 2. Bioactive compounds, vitamins and minerals of acuri.

References	[13]		[1]		[17,23]	[17,2,24]	[10]		[4]	[2,15]	[9]	[20]
	In natura pulp	Pulp flour	Pulp	Almonds	Pulp oil	Pulp oil	Pulp	Pulp flour	Pulp	Pulp oil	Pulp oil	Pulp
α caroteno ($\mu\text{g/g}$)	-	-	-	-	10.93	11.02 $\pm$ 0.3	-	-	-	-	-	-
β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)	37.51 $\pm$ 1.06	23.51 $\pm$ 1.85	-	-	61.72	62.33 $\pm$ 0.7	-	-	-	-	-	-
β -zeacaroteno ($\mu\text{g/g}$)	11.68 $\pm$ 2.32	7.42 $\pm$ 0.58	-	-	-	1.94 $\pm$ 0.1	-	-	-	-	-	-
Total carotenoids ($\mu\text{g/g}$)	-	-	-	-	-	-	-	-	150.12 $\pm$ 0.11	394.84	243.0 $\pm$ 2.8	-
Alfa-tocoferol (mg/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.7 $\pm$ 0.5	-
Delta-tocoferol (mg/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.1 $\pm$ 0.1	-
Phenolic compounds (mg GAE/100g)	-	-	-	-	-	-	-	-	783.0 $\pm$ 1.60	207.30	240.0 $\pm$ 0.4	nd
Antioxidant activity (ABTS,	-	-	-	-	-	-	-	-	6.70 $\pm$ 0.01	161.70	-	-

μmol/L of Trolox/g oil)													
Antioxidant activity (DPPH, g sample/g DPPH)	-	-	-	-	-	-	-	-	33.24±0.01	-	-	-	-
Vitamin C (mg ascorbic acid/100g)	-	-	550	-	-	-	82.61±0.42	262.04±0.92	-	-	-	2.33±0.53	-
Calcium (mg/g)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.02±0.06	-	-	-	-
Copper (μg/g)	-	-	2.80	9.80	-	-	-	-	3.02±0.17	-	-	-	-
Phosphorus (mg/g)	-	-	-	39.0			-	-			-	-	-
Magnesium (mg/g)	-	-	0.9	19.0	-	-	-	-	1.13±0.03	-	-	-	-
Manganese (mg/g)	-	-	-	0.32			-	-			-	-	-
Potassium (mg/g)	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	-	-	-	-
Zinc (mg/g)	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-

-. não avaliados. nd: não detectado.

Table 5. Functional physiological properties of acuri.

Reference	Utilized part	<i>In vitro/In vivo</i>	Study design	Main results
-----------	---------------	-------------------------	--------------	--------------

[17,23]	Pulp oil	<i>In vitro</i> <i>In vivo</i>	Artemia salina assay; MTT test; Comet and micronucleus assay Oral administration of doses of 125, 250, 500 or 1000mg/kg to Wistar rats for 4 weeks	Absence of cytotoxic, genotoxic and clastogenic effects; safe use
[17,24]	Pulp oil	<i>In vitro</i>	Cell viability by MTT assay, determination of nitric oxide production by peritoneal macrophages, macrophage migration assay, COX 1 and COX 2 inhibition assay, evaluation of antiproliferative activity and evaluation of cytoprotective activity	Action on the production of nitric oxide, inhibition of COX-1 and COX-2 enzymes and induction of macrophage migration. Anti-inflammatory and cytoprotective action.
		<i>In vivo</i>	Wistar rats submitted to the Carrageenan-induced paw edema model and carrageenan-induced pleurisy model	
[26]	Pulp oil	<i>In vivo</i>	Wistar rats submitted to the elevated plus maze, open field, hide sphere and forced swimming tests	Anxiolytic effect
[16]	Almonds	<i>In vivo</i>	Wistar rats divided into 4 groups: aprotic (no protein in the diet), casein group (control), test group 1 (defatted raw flour from acuri almonds) and test group 2 (defatted toasted flour from acuri almonds)	Raw acuri almonds showed higher protein quality and greater digestibility than toasted flour.
[8,25]	Almond oil	<i>In vivo</i>	Hyperlipidemia in Wistar rats induced by high-fructose diet for 16 weeks and administration of almond oil (1.2ml/kg of weight) for 9 weeks	Decreased cholesterol; Increase in body temperature by 1°C; Reduction in body weight gain; Reduction of white adipose tissue deposition

[30]	Almond	<i>In vivo</i>	Wistar rats received diets with acuri almonds and whey protein and underwent resistance training for 8 weeks	Groups that received a diet with acuri almonds consumed a higher amount of diet and had lower final weight; there was no difference between the groups for the Lee index and BMI, fat sites and adiposity index
[19]	Leaf oil	<i>In vitro</i>	Antileishmanial activity test by cell viability test with <i>Leishmania amazonenses</i> , antibacterial activity test with <i>Streptococcus mitis</i> , <i>Streptococcus mutans</i> , <i>Streptococcus sanguinis</i> , <i>Agregatibacter actinomycetemcomitans</i> , <i>Actinomyces naeslundii</i> , <i>Porphyromonas gingivalis</i> and <i>Fusobacterium nucleatum</i> , Cytotoxicity test with ATCC Vero cells; Molecular docking	Antileishmanial and antibacterial activity
[29]	Leaves (n-hexane, dichloromethane, ethyl acetate and hydroalcohol extracts)	<i>In vitro</i>	Cytotoxicity test with HCT-8 (colon carcinoma), SF-295 (glioblastoma) and MDA-MB-435 (melanoma) cells with leaf extract at a concentration of 100µg/mL	High cytotoxic activity (more than 75% growth inhibition) for n-hexane and dichloromethane extracts and low/moderate (50 to 75% inhibition) for ethyl acetate and hydroalcohol extracts

Table 6. Popular uses of acuri.

Reference	Popular name	Usage	Utilized part	Methodology	Population	Area
[35]	Acuri	Food use	N.E.	Semi-structured interview and direct observation	São Gonçalo Beira Rio community (riverside community)	Mato Grosso, Brazil
[36]	Acuri	Food use	N.E.	Semi structured interview	Mata Cavalo Baixo quilombola community	Mato Grosso, Brazil
[37]	Acuri/bacuri	Food and ornamental use	N.E.	Semi structured interview	Rio do Couros community	Mato Grosso, Brazil

[38]	Acuri, <i>mudji</i>	Food use, construction, technology and bait	Fruit (greem pulp or ripe and cooked), roasted heart of the palm, leaves	Semi structured interview	Albuquerque, Castelo, Amolar e Guató communities	Pantanal, Brazil
[39]	Acuri	Food use	N.E.	Semi structured interview	Residents of the municipality of Porto Murtinho	Mato Grosso do Sul, Brazil
[40]	Coco-de-acuri	Medicinal use	N.E.	Semi-structured and unstructured interview	Passagem da Conceição community	Mato Grosso, Brazil
[41]	Acuri	Food use	N.E.	Semi-structured interview and life story	Bonsucesso community (riverside community)	Mato Grosso, Brazil
[44]	Urucuri	Food use	Fruit (fresh) and almond	Free listing and semi-structured interview	Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piaguçu-Purus community	Amazonas, Brazil
[57]	Acuri, Bacuri	Food use	Fruit and almonds (endosperm)	Extension activities	Pantanal communities	Mato Grosso do Sul, Brazil
[58]	Acuri, bacuri, <i>mudji</i>	Food use	N.E.	Literature, tasting and observation	-	Mato Grosso do Sul, Brazil
[45]	Ouricuri	Food use	In natura fruit	Participant observation and semi-structured interview	Rio Cajari Extractive Reserve	Amapá, Brazil
[46]	Bacuri	Medicinal use	N.E.	Interview	Bananal rural community	Mato Grosso, Brazil

[47]	Bacuri	Food use	N.E.	Semi-structured interview, guided tour and direct observation	Alta Floresta e Nova Canaã do Norte rural communities	Mato Grosso, Brazil
[48]	Bacuri	Food use	Coconut	In-depth interview	Quilombola communities	Tocantins, Brazil
[49]	Aricuri, <i>kutá</i>	Food use and construction	Fruit, endosperm (fresh, roasted and cooked) and leaves	Semi structured interview	Katu-kina/Kaxinawá Indigenous Land	Acre, Brazil
[50]	Ouricuri/Uricuri, Sheb	Food use, crafts and construction	Fruit (boiled or roasted) and leaves	Semi-structured interview, free listing and non-specific induction	Ka-xinawá Indigenous Land of Nova Olinda	Acre, Brazil
[51]	Bacuri	Food use (humans and animals), shading	N.E.	Semi-structured interview and participant observation	Assentamento Margarida Alves	Rondônia, Brazil
[52]	Acuri	Food and medicinal uses, crafts, covering and utensil	Various	Semi structured interview	Mimoso tradicional community (pantanal community)	Mato Grosso, Brazil
[53]	N.E.	Honey, ornamental and food use	N.E.	Analysis of botanical material	-	Goiás, Brazil
[54]	Bacuri	Artisanal, forage, medicinal, melliferous, ornamental, food, cork, condiment and fiber use	N.E.	Semi structured interview	Family farmers	Mato Grosso do Sul, Paraná and São Paulo, Brazil
[55]	N.E.	Medicinal use	Leaves	Semi structured interview	Taboco community	Mato Grosso do Sul, Brazil

[56]	Acuri	Food use	N.E.	Semi structured interview	Local experts, fishermen, pilots, riverside dwellers, local residents	Mato Grosso do Sul, Brazil
------	-------	----------	------	------------------------------	--	-------------------------------

N.E.: non especificied.

**APÊNDICE B – ARTIGO EFEITO DO ÓLEO MICROENCAPSULADO DAS
AMÊNDOAS DO BACURI (ATTALEA PHALERATA (MART.) EX SPRENG.) E
DO EXERCÍCIO AERÓBICO EM PARÂMETROS FÍSICOS E BIOQUÍMICOS
DE ANIMAIS**

Effect of Microencapsulated Bacuri Almond Oil (*Attalea Phalerata* (Mart.) ex Spreng.) and Aerobic
Exercise on Physical and Biochemical Parameters of Animals

Original Scientific Paper

Effect of Microencapsulated Bacuri Almond Oil

Iara P. Barbosa¹, Fabiane L. F. Z. Sanches², Lethícia B. Costa¹, Mayara P. Vasconcelos¹, Matheus P.
Macedo², Valter A. do Nascimento¹

¹ Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento da Região
Centro-Oeste, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul,
Brasil

² Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição, Programa de Pós-Graduação em
Biotecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul,
Brasil

Corresponding author:

F. L. F. Z. Sanches

Faculdade de Ciências dos Alimentos, Farmácia e Nutrição

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Av. Costa e Silva, Pioneiros, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: fabianelaflor@gmail.com

Word count: 2832

Abstract word count: 249

Number of Tables: 6

Number of Figures: 0

Effect of Microencapsulated Bacuri Almond Oil (*Attalea Phalerata* (Mart.) ex Spreng.) and Aerobic Exercise on Physical and Biochemical Parameters of Animals

Abstract

*The almonds of the bacuri fruit (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) have been the subject of research due to their functional properties and the presence of bioactive compounds, which are better preserved through the microencapsulation process. The aim of this study was to verify the effect of using microencapsulated bacuri almond oil (MBO) on physical and biochemical parameters of Wistar rats submitted to aerobic exercise. The lipid profile of MBO was analyzed by gas chromatography. The diets were prepared according to AIN-93 M specifications, using MBO instead of soybean oil. Thirty-two adults male Wistar rats were used, divided into four groups: G1 (C-S): AIN93-M sedentary; G2 (MBO-S): AIN93-M with MBO sedentary; G3 (C-EX): AIN93-M exercised; and G4 (MBO-EX): AIN93-M with MBO exercised, and submitted to training on a treadmill for 8 weeks. The animals' body composition, food consumption and biochemical parameters were verified. The results show that MBO is rich in medium chain fatty acids (MCFA), that the weight gain was lower in the MBO-EX group compared to the C-S group ($p < 0.05$), the total visceral fat weight and the visceral adiposity index were lower in the C-EX group compared to the C-S group ($p < 0.05$). Serum triglycerides were lower in the C-EX and MBO-EX groups compared to MBO-S ($p < 0.05$), final HDL in the MBO-EX group was higher than the initial one. In conclusion, the synergistic effect of using MBO, rich in MCFA, and aerobic physical exercise, stands out for improving body composition and biochemical related parameters, like triglycerides and HDL.*

Key words: fruits, plant oils, rodents.

Introduction

The bacuri fruit, *Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng, also called *acuri*, *mudji* or *uricuri*, is a native food plant from Brazil, Bolivia, Colombia, Peru and Paraguay and is one of the typical palm trees found in the Pantanal and Cerrado biomes (Bortolotto, Damasceno-Junior & Pott, 2018; Negrelle, 2015).

Bacuri almonds have been the target of research in the sports nutrition area due to their relevant lipid and protein content, containing, respectively, around 70 and 30% of these nutrients (Lima e Silva et al., 2014). The almonds have also been used to develop a protein supplement, revealing good acceptance among physical activity practitioners (Semidei et al., 2020). Ramos et al. (2017) verified the effect of bacuri almonds supplementation on the body composition of rats submitted to resistance exercise and concluded that it is possible to recommend its use as an alternative and low-cost vegetable source, representing an option for vegetarian athletes and sportsman.

The fatty acid (FA) composition of the fruit's almond oil was studied by Baldivia et al. (2018) who observed that the oil is composed of 64.31% of saturated FA, 30.90% of monounsaturated FA and 4.79% of polyunsaturated FA. Among the saturated FA, the amount of lauric acid, which is 28,78% stands out. Lauric acid, as well as caprylic, capric and caproic acid, are considered medium-chain fatty acids (MCFA) (Cintra, 2020). Lima et al. (2021), in a literature review, gathered articles that indicate the benefits of supplementation with MCFA, such as increased mitochondrial oxidative activity in the muscle, obesity prevention activity and diabetes and cardiovascular diseases control, all properties that are relevant in physical exercises performance.

Bacuri almond oil has also been studied for the effects of its supplementation in obese Wistar rats, which resulted in less weight gain, less mesenteric adipose tissue deposition, hypocholesterolemic effect and in feces with higher moisture and lipid content, in comparison with the group that did not receive supplementation. The authors also believe that the FA composition is responsible for the effects cited and highlight the potential for its use as a functional food and nutritional supplement (Baldivia et al., 2018).

Microencapsulation represents a way of preserving compounds with beneficial effects, as observed in the study by Oliveira (2019) who found that microencapsulated Brazil nut oil was more stable when compared to crude oil, which also demonstrate the property of microcapsules of protection against lipid oxidation. Lima (2014) developed bacuri pulp oil microcapsules, with the goal of protecting the oil from lipid oxidation, enzymatic browning, loss of bioactive compounds and antioxidant activity and confirmed that the microencapsulation by complex coacervation was effective.

Considering the fatty acid composition of bacuri almond oil and the potential benefit of its usage associated with aerobic exercise, the objective of this study was to verify the effect of using microencapsulated oil from bacuri almonds (*Attalea phalerata* (Mart.) ex Spreng.) in physical and biochemical parameters of Wistar rats submitted to aerobic exercise.

Methods

Processing and microencapsulating

The bacuri almonds were purchased in regional stores in Mato Grosso do Sul, crushed in an industrial food crusher (Sire cutter®) to obtain a wholemeal flour. The almond oil was obtained by cold chemical extraction method with petroleum ether solvent, subsequently going through a rotary evaporator and mechanical agitator for the solvent complete extraction (Instituto Adolf Lutz, 2008).

The extracted oil was used for the microencapsulation process, by the complex coacervation in aqueous media method, as patented by Sanches et al. (2023).

Lipid profile determination of microencapsulated bacuri almond oil

According to the method described by Hartman and Lago (1973) and modified by Maia and Rodriguez-Amaya (1993), the analysis started by transforming FA into methyl esters which were analyzed in a gas chromatograph with a flame ionization (Shimadzu®). The quantification was performed by area normalization and the results expressed as a percentage of area of each FA over the total area of FA (%).

Preparation and centesimal composition of experimental diets

The experimental diets were prepared based on the AIN-93 M specifications (Reeves, Nielsen & Fahey Jr, 1993), however the lipid composition was altered by replacing soybean oil with microencapsulated bacuri almond oil (MBO).

The centesimal composition of the experimental diets was analyzed according to the methods described by the Instituto Adolf Lutz (2008). The analyzes, done in triplicate, were for moisture, using an oven at 105°C; for ashes, using a muffle furnace at 550°C; for proteins, using the micro-Kjeldahl method; for lipids, using the petroleum ether extraction method in a Soxhlet apparatus; and for carbohydrates, by difference. The total energy value was calculated according to Atwater and Bryant (1906), considering the approximate caloric value of 9kcal/g for lipids and 4kcal/g for proteins and carbohydrates.

In vivo experimental protocol

Thirty-two male Wistar rats, adults (8 weeks old), from the UFMS Central vivarium were used. The experiment was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals/CEUA of Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS) under protocol nº 1.139/2020. During the entire experimental period, the animals were kept in collective boxes (2 to 3 animals per box), under conditions of controlled inverted dark-light cycles, temperature of 22 ± 1 °C, food and water *ad libitum*.

The experiment lasted a total of 9 weeks, including 1 week of environmental adaptation and 8 weeks of physical training protocol. During the environmental adaptation period, the animals received a commercial diet (Nuvilab®), and after this period, the animals were randomly distributed by body weight into the following groups: (1) C-S: Control group receiving AIN93-M diet and sedentary (n=8); (2) MBO-S: Group receiving AIN93-M diet with Microencapsulated Bacuri Oil and sedentary (n=8); (3) C-EX: Control group receiving AIN93-M diet and exercised (n=8); and (4) MBO-EX: Group receiving AIN93-M Diet with Microencapsulated Bacuri Oil and exercised (n=8).

Animals in the C-EX and MBO-EX groups were submitted to a running in a treadmill (Bonther®) protocol, similar to the Oliveira (2009) study. Before the start of the experimental period,

all animals were subjected to a training adaptation period, which consisted of four exercise sessions on subsequent days in a constant speed of 5 m/min and duration of 5, 15, 30 and 45 minutes a day.

Subsequently, the experimental protocol was started, which consisted of 5 exercise sessions per week for 7 weeks. The speed and duration of the exercises were progressively increased over the weeks until reaching 20 m/s for 60 minutes.

Energy intake and feed efficiency

Dietary intake was monitored twice a week, based on the difference between the amount of feed added and the amount left in the feeder to obtain the quantities of feed consumed. Then, energy intake (kcal/day) and feed efficiency (%) were calculated using the equations proposed by Novelli et al. (2007).

Body composition

Body composition parameters were evaluated by measuring nasoanal length, thoracic circumference (TC) and abdominal circumference (AC) at the beginning (T0) and at end of the experiment after the euthanasia (T1). Body weight was measured weekly to verify weight gain.

The Lee index was also calculated, according to the equation proposed by Novelli et al. (2007). After the euthanasia, the adipose tissue (perirenal, epididymal and peritoneal) of each animal was removed and weighed on a semi-analytical scale (BEL®) to calculate the visceral adiposity index (VAI), according to the equation by Nascimento et al. (2011).

The organs heart, lungs, liver, kidneys, spleen, soleus muscle and gastrocnemius muscle were also collected and weighed on a semi-analytical scale (BEL®). The heart mass index (HMI) was calculated as the ratio between the heart weight (mg) and the total body mass (g) of the animals (Mnafigui et al., 2015).

Biochemical analysis

At T0 and at T1, blood (1mL) was collected from the animals, at T0 via retro-orbital and at T1 via puncture of the inferior vena cava. Blood collection was done using dry tubes (without anticoagulants) and the blood samples were centrifuged (Fanem Centrífuga Excelsa ® 3280) at 3.600rpm for 15 minutes to obtain serum.

The serum frozen in a biofreezer (-80°C) was later used to quantify blood glucose, total cholesterol, HDL cholesterol, triglycerides (TG) and total proteins by colorimetric assays using Labtest™ kits, purchased from local stores.

Statistical analysis

Data was analyzed using SPSS software (Statistical Package for the Social Sciences, v. 20.0, IBM Co., USA). The variables studied were tested for normality to choose the most appropriate statistical tests, considering a 5% level of significance. The results of the centesimal composition were subjected to analysis using the t-student test, the in vivo experimental data was subjected to one-way ANOVA analysis of variance with Tukey's post-test to compare the means and paired t-test to compare the variables over time (T0 vs T1).

Results

Lipid profile of microencapsulated bacuri almond oil

MBO contains 6.87% of caproic acid (C6:0), 4.30% of caprylic acid (C8:0), 4.58% of capric acid (C10:0), 23.53% of lauric acid (C12:0), 7.73% of myristic acid (C14:0), 6.82% of palmitic acid (C16:0), 16.26% of elaidic acid (C18:1 trans) and 29.89% of unidentified fatty acids, as shown in Table 1.

MBO can be considered rich mainly in MCFA (40.14%), namely caprylic, capric, lauric and myristic acids.

Centesimal composition of experimental diets

The centesimal composition of the experimental diets is shown in Table 2. The t-student test showed that the mean amount of lipids ($p=0.008$) and the mean total caloric value ($p=0.005$) were lower in the MBO diet in relation to the AIN-93 M diet. The t-student test also showed that the mean carbohydrates content was higher in the MBO diet compared to the AIN-93 M diet ($p=0.047$).

Energy intake and feed efficiency

Two animals from the C-S group and one animal from the C-EX group died before the end of the experiment, both underwent necropsy and the only change that was identified was the presence of kidney stones.

Mean total diet consumption per animal, energy intake and feed efficiency for each group were, respectively, 861.79 ± 159.11 g, 5764.15 ± 1064.23 kcal and $2.99 \pm 1.90\%$ for C-S; 855.30 ± 93.36 g, 5583.55 ± 609.48 kcal and $2.13 \pm 0.62\%$ for MBO-S; 806.86 ± 40.71 g, 5396.65 ± 272.28 and $2.24 \pm 0.68\%$ for C-EX and 789.19 ± 55.54 g, 5210.71 ± 362.55 kcal and $1.80 \pm 0.39\%$ for MBO-EX. One-way ANOVA tests indicated that there was no statistically significant difference ($p > 0.05$) between the groups for these parameters.

Body composition

The results of the one-way ANOVA test referring to the comparison of body composition parameters between groups and the results of the paired t-test referring to the comparison of intra-group parameters throughout the experiment are shown in Table 3. In the comparison between the experimental groups, it was verified that there was less weight gain in the MBO-EX group compared to the C-S group ($F(3,25) = 3.113$; $p < 0.05$). For other body composition parameters evaluated, there was no statistically significant difference between the groups.

There was a statistically significant difference between the initial and final mean values of weight, length, TC and AC ($p < 0.05$), for groups C-S, MBO-S, C-EX and MBO-EX (Table 3), with higher final values.

The results showed in Table 4 demonstrated that there was no significant difference ($p > 0.05$) in any of the adipose tissue sites evaluated when comparing the experimental groups. However, total visceral fat weight was significantly lower in the C-EX group compared to C-S ($F(3,25) = 3.407$; $p < 0.05$) and the same was observed for VAI% ($F(3,25) = 3.854$; $p < 0.05$). Although there was no significant difference between the groups in these parameters mentioned above, there was a tendency towards numerically lower values in the MBO-EX group in relation to the MBO-S group.

Table 5 presents data related to the comparison of the weight of visceral organs and of the soleus and gastrocnemius muscles between the experimental groups.

The heart weight was higher in the C-S group in relation to the MBO-EX group ($F(3,25) = 3.012$; $p=0.05$) and the lung weight in the C-S group was higher in comparison to the MBO-S group and MBO-EX ($F(3,25) = 4.405$; $p=0.05$), without statistically significant difference for the other organs (Table 5). For HMI there was no statistically significant difference between the groups.

Biochemical analysis

The results of the statistical tests comparing biochemical parameters between groups and intragroup between the beginning and end of the experiment are shown in Table 6.

The one-way ANOVA test showed that there was no statistically significant difference between the experimental groups for any biochemical parameter, except for final serum triglycerides ($F(3,25) = 5.962$; $p<0.005$), in which groups C-EX and MBO-EX presented lower values when compared to the MBO-S group.

On the other hand, the paired t-test showed that, on average, glucose and total protein values were higher at the end of the experiment than at the beginning, for all experimental groups ($p<0.05$). This significant difference in the comparison between initial and final mean values also occurred for HDL in the MBO-EX group ($p=0.026$), for non-HDL cholesterol in groups C-S ($p=0.001$), MBO-S ($p=0.002$) and C-EX ($p=0.025$) and for TG in the MBO-S ($p=0.003$) and C-EX ($p=0.021$) groups, with HDL and TG values increasing and Non-HDL decreasing at the end of the experiment.

Discussion

The properties of MCFA present in bacuri and the benefits of aerobic exercise and microencapsulation are already well defined, but the physiological effects of MBO still need to be elucidated, thus, according to the objective of this study, it was found that the use of MBO associated with exercise positively altered body composition and biochemical parameters in Wistar rats.

It was observed that the weight gain in the C-S group was higher than the weight gain in the MBO-EX group. It was also observed that the weight of total visceral fat and the VAI were higher in the C-S than in the C-EX group, while there was no difference in food consumption and efficiency between groups. This elucidates the protection of aerobic exercise on weight gain and body fat accumulation, something that is well established in the literature (Armstrong et al., 2022; Celik & Yildiz, 2020). Furthermore, it indicates that the replacement of soybean oil by MBO in the composition of diets did not alter the deposition of visceral fat in animals. It can be speculated that this result is related to the centesimal composition, since both MBO and soybean oil contain unsaturated FA (Fonseca & Gutierrez, 1974). Monounsaturated FAs, due to the characteristic of the molecule's carbon chain, are absorbed in a way that generate larger chylomicrons, which are less atherogenic, cause lower postprandial lipemia, lower serum triglyceride values and increased fat oxidation rate (DiNicolantonio & O'Keefe, 2018), contributing to less weight gain.

In addition to unsaturated FAs, MBO presents saturated FAs, mainly MCFA and, as observed by Baldivia et al. (2018), the presence of lauric, oleic and linoleic acids is believed to be the reason for the reduction in body mass and mesenteric AT in rats that received crude bacuri almond oil, as also observed in the study by Nagao and Yanagita (2010), where supplementation of medium-chain triglycerides led to a decrease in lipid deposition, due to an increase in thermogenesis and lipid oxidation.

In animals that already had hyperlipidemia, as in the study by Baldivia et al. (2018) and Alvaro and Quispe (2023), the administration of crude oil from bacuri almonds had a hypolipidemic effect, with lower cholesterol and triglyceride values. In healthy animals, in this study, it was only observed that the C-EX group and the MBO-EX group had lower serum triglyceride values compared to the MBO-S group, indicating that only exercise may have been responsible for this effect.

Regarding organs, it was observed that heart weight was greater in the C-S group compared to the MBO-EX group, although the heart weight in relation to the total body weight of the animals did not differ between the groups. Lower heart weight in exercised rats compared to sedentary rats was also observed in the study by Seo et al. (2020). The lung weight of the MBO-S and MBO-EX groups, groups whose diet contained MBO was lower compared to the C-S group. In the study by Roh et al. (2020),

involving aged rats that practiced aerobic physical exercise, it was observed that the lungs of exercised animals were smaller than those of sedentary animals. It is known that aerobic exercise promotes the recovery and improvement of several cardiovascular functions, including physiological cardiac hypertrophy, formation of new blood vessels and reduction in blood pressure (Fernandes et al., 2015), in addition to improving lung functions which leads to an increase in aerobic capacity (Mahotra et al., 2016). Such benefits may be involved in the results found, but more specific analyzes would be necessary to understand in detail the relationship between MBO, aerobic exercise and cardiovascular and pulmonary parameters.

Conclusion

The authors highlight the possible synergistic effect of using MBO and practicing aerobic physical exercise in improving parameters related to body composition, evidenced by the reduction in body weight gain, visceral fat weight, adiposity index, and other biochemicals parameters, with a reduction in triglyceride levels and an increase in HDL cholesterol. This also indicates the potential for use and commercialization of a native fruit widely available in the state of Mato Grosso do Sul and, in addition, in the social and cultural sphere, it represents a way of valuing the bioeconomy and strengthening regional eating habits.

Acknowledgements

This study was supported by the scholarship provided from the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) to the first author.

Conflict of Interest

In this study there were no conflicts of interest.

Effect of Microencapsulated Bacuri Almond Oil (*Attalea Phalerata* (Mart.) ex Spreng.) and Aerobic Exercise on Physical and Biochemical Parameters of Animals

References

Alvarado, F., & Quispe, E. (2023). *Efecto hipolipemiante e hipoglicemiante del aceite de la semilla de Attalea phalerata Mart. ex Spreng. "shapaja" en ratones albinos*. [Unpublished master's thesis].

Universidad Nacional Mayor de San Marco.

Armstrong, A., Rodriguez, K. J., Sabag, A., Mavros, Y., Parker, H. M., Keating, S. E., & Johnson, N. A. Effect of aerobic exercise on waist circumference in adults with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. (2022). *Obesity Reviews*, 23(8), Article e13446. 10.1111/obr.13446

Atwater, W. O., & Bryant, A. P. (1906). The chemical composition of American food materials. *US Government Printing Office*, 28.

https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400530/pdf/hist/oes_1906_bul_28re.pdf

Baldivia, D. S., Sanjinez-Argandoña, E. J., Antunes, K. A., Moraes, I. C. F., Santos, E. L., & Souza, K. P. (2018). The Chemical Composition and Metabolic Effects of Attalea phalerata Nut Oil in Hyperlipidemic Rats Induced by a High-Fructose Diet. *Molecules*, 23(4), 960.

<https://doi.org/10.3390/molecules23040960>

Bortolotto, I. M., Damasceno-Junior G. A., & Pott, A. (2018). Lista preliminar das plantas alimentícias nativas de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ilheringia*, 73, 101-116. 10.21826/2446-8231201873s101

Celik, O., & Yildiz, B. O. Obesity and physical exercise. (2020). *Minerva Endocrinology*, 46(2), 131-144. 10.23736/s2724-6507.20.03361-1

Cintra, E. D. (2020). Biodisponibilidade de lipídios. In Cozzolino, S. M. F. (Org.), Biodisponibilidade de Nutrientes (pp. 131-146). Manole.

DiNicolantonio, J. J., & O'Keefe, J. H. Effects of dietary fats on blood lipids: a review of direct comparison trials. (2018). *Open Heart*, 5(2), Article e000871. <http://dx.doi.org/10.1136/openhrt-2018-000871>

Fernandes, T., Baraúna, V. G., Negrão, C. E., Phillips, M. I., & Oliveira, E. M. (2015). Aerobic exercise training promotes physiological cardiac remodeling involving a set of microRNAs. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 309(4), H543-H552. 10.1152/ajpheart.00899.2014

Fonseca, H., & Gutierrez, L. E. Composição em ácidos graxos de óleos vegetais e gorduras animais. (1974). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 31, 485-490.

<https://doi.org/10.1590/S0071-12761974000100038>

Hartman, L., & Lago, R. C. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids.

Laboratory practice, 22(6). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4727126/>

Instituto Adolf Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Instituto Adolf Lutz.

Lima e Silva, M. C. B., Hiane, P. A., Braga-Neto, J. A., & Macedo, M. L. R. (2014). Proteins of Bacuri almonds - Nutritional value and in vivo digestibility. *Food Science and Technology*, 34(1), 55-61. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014000100008>

Lima, F. F. (2014). *Microencapsulação do óleo de bacuri por coacervação complexa: obtenção, caracterização e avaliação biológica*. [Unpublished master's thesis]. Universidade Federal da Grande Dourados.

Lima, R. R., Gomes, E. R., Stephani R., Perrone, I. T., Carvalho, A. F., & Oliveira, L. F. C. (2021). Nutritional and technological aspects of vegetable oils that stand out for the prevalence of medium-chain triacylglycerides: A review. *Research, Society and Development*, 10(7), Article e43710716667. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16667>

Maia, E., & Rodriguez-Amaya, D. B. (1993). Evaluation of a simple and inexpensive method for the methylation of fatty acid with lipids of various fish species. *Instituto Adolf Lutz*, 53(1-2), 27-35. <https://doi.org/10.53393/rial.1993.v53.35982>

Mahotra, N. B., Amatya, T. M., Rana, B. S. J. B., Banstola, D. Effects of exercise on pulmonary function tests: A comparative study between athletes and non-athletes in Nepalese settings. (2016). *Journal of Chitwan Medical College*, 6(15), 21-23. <https://nepjol.info/index.php/JCMC/article/view/16575>

Nagao, K., & Yanagita, T. Medium-chain fatty acids: Functional lipids for the prevention and treatment of the metabolic syndrome. (2010). *Pharmacological Research*, 61(3), 208-212.

<https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.11.007>

Nascimento, A. F., Luvizotto, R. A., Leopoldo, A. S., Lima-Leopoldo, A. P., Seiva, F. R., Justulin Jr, L. A., Silva, M. D. P., Okoshi, K., Wang, X. D., & Cicogna, A. C. (2011). Long-term high-fat diet-induced obesity decreases the cardiac leptin receptor without apparent lipotoxicity. *Life sciences*, 88(23-24), 1031-1038.

Negrelle, R. R. B. (2015). *Attalea phalerata* Mart. Ex Spreng.: Aspectos Botânicos, Ecológicos, Etnobotânicos e Agrônômicos. *Ciência Florestal*, 25(4), 1061-1066.

<https://doi.org/10.5902/1980509820669>

Novelli, E. L. B., Diniz, Y. S., Galhardi, C. M., Ebaid, G. M. X., Rodrigues, H. G., Mani, F., Fernandes, A. A. H., Cicogna, A. C., & Novelli Filho, J. L. (2007). Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. *Laboratory animals*, 41(1), 111–119.

<https://doi.org/10.1258/002367707779399518>

Oliveira, M. D. (2009). *Influência do exercício físico sobre alguns marcadores hematológicos e bioquímicos em ratos Wistar*. [Unpublished Doctoral Dissertation]. Universidade Federal de Sergipe.

Oliveira, T. S. (2019). *Microencapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa) com concentrados proteicos vegetais*. [Unpublished Doctoral Dissertation]. Universidade Federal do Amazonas.

Ramos, M. L. M., Rodrigues, G. C. G., Soares, W. R. G., Hiane, P. A., Ramos, M. I. L., Almeida, J. A., & Sanches, F. L. F. Z. (2017). Suplementação com amêndoa de bacuri na composição corporal de ratos submetidos ao exercício. *Revista Brasileira de Medicina do Esportiva*, 23(4), 294-299.

<https://doi.org/10.1590/1517-869220172304172947>

Reeves, P. G., Nielsen, F. H., & Fahey Jr, G. C. (1993). AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of

the AIN-76A rodent diet. *The Journal of Nutrition*, 123(11), 1939-1951.

<https://doi.org/10.1093/jn/123.11.1939>

Roh, J. D., Houstis, N., Yu, A., Chang, B., Yeri, A., Li, H., Hobson, R., Lerchenmuller, C., Vujic, A., Chaudhari, V., Damilano, F., Platt, C., Zlotoff, D., Lee, R. T., Shah, R., Jerosch-Herold, M. & Rosenzweig, A. (2020). Exercise training reverses cardiac aging phenotypes associated with heart failure with preserved ejection fraction in male mice. *Aging Cell*, 19(6), Article e13159.

<https://doi.org/10.1111/accel.13159>

Sanches, F.L.F.Z, Vasconcelos, M.P., Barbosa, IP, Cardoso, T.F.M., & Andrade, L.R.M. (2023).

Processo de produção e composição de microcápsulas de óleo das amêndoas do bacuri (Brazil Patent No. BR 10 2023 003120 0. Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

Semidei, R., Cunha, F. C. C., Souza, R. S., Macedo, M. L. R., Hiane, P. A., Rafacho, B. P. M., & Sanches, F. L. F. Z. (2020). Protein supplement obtained from almonds of bacuri fruit (*Attalea phalerata* Mart. Ex Spreng.): elaboration, nutritional characterization and sensory acceptability. *Internacional Journal for Innovation Education and Research*, 8(1), 232-247.

<https://doi.org/10.31686/ijer.Vol8.Iss01.2155>

Seo, D. Y., Bae, J. H., Kim, T. N., Kwak, H. B., Kha, P. T., & Han, J. (2020). Exercise-induced circulating irisin level is correlated with improved cardiac function in rats. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), Article 3863.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17113863>

Verboven, M., Cuypers, A., Deluyker, D., Lambrichts, I., Eijnde, B. O., Hansen, D., & Bito, V. (2019). High intensity training improves cardiac function in healthy rats. *Scientific reports*, 9(1), Article 5612. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42023-1>

Tables

Table 1. Lipid profile of microencapsulated bacuri almond oil (mg/g and percentage)

Fatty acids	Values	
	mg/g	%
Hexanoic/caproic acid C6:0	68,70	6,87
Octanoic/caprylic C8:0	43,04	4,30
Decanoic/capric acid C10:0	45,79	4,58
Dodecanoic/lauric C12:0	235,32	23,53
Tetradecanoic/miristic acid C14:0	77,35	7,73
Hexadecanoic/palmitic C16:0	68,25	6,82
9-Octadecenoic/elaidic C18:1n9t	162,61	16,26
NI	298,94	29,89

NI = Non-identified.

Tabela 2. Centesimal composition of experimental diets and percentage of macronutrients in relation to total caloric value

Parameters	AIN-93 M diet	% of TCV*	MBO diet	% of TCV*	p-value†
Moisture (g)	9,32±0,08	-	9,44±0,10	-	0,166
Ashes (g)	2,85±0,12	-	2,80±0,02	-	0,499
Lipids (g)	3,31±0,29 ^a	8,10	1,61±0,54 ^b	4,03	0,008
Proteins (g)	10,84±1,00	11,78	10,51±0,13	11,71	0,601
Carbohydrates (g)**	73,68±1,02 ^b	80,12	75,64±0,62 ^a	84,26	0,047
TCV* (kcal/100g)	367,87±1,42 ^a	-	359,05±2,26 ^b	-	0,005

Note. Results are presented in mean±SD. * TCV: total caloric value. ** Calculados por diferença. † t-student test. Mean values followed by different letters on the same row indicate significant differences between diets.

Table 3. Comparison between experimental groups and between initial and final body composition parameters

Parameters	Grupos				p-value*
	G1 (C-S)	G2 (MBO-S)	G3 (C-EX)	G4 (MBO-EX)	
Initial weight (g)	196,07±7,56	191,11±5,28	189,70±7,07	187,70±6,06	0,837
Final weight (g)	288,17±15,57	251,75±11,84	258,71±15,03	235,00±12,48	0,084
p-value †	0,0001	0,0001	0,003	0,001	
Weight gain (g)	92,10±11,43 ^a	60,64±7,91 ^{ab}	69,01±14,12 ^{ab}	47,30±7,78 ^b	0,044
Initial lenght (cm)	19,48±0,17	19,62±0,28	19,53±0,34	19,60±0,27	0,984
Final lenght (cm)	23,52±0,43	22,44±0,41	22,64±0,25	22,56±0,26	0,170
p-value †	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Initial TC (cm)	10,51±0,24	10,26±0,17	10,24±0,18	10,46±0,26	0,759
Final TC (cm)	13,90±0,26	13,05±0,22	13,10±0,49	12,94±0,32	0,236
p-value †	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	
Initial AC (cm)	11,90±0,52	11,40±0,22	11,00±0,26	11,37±0,31	0,345
Final AC (cm)	14,83±0,21	14,14±0,29	14,07±0,41	14,06±0,38	0,401
p-value †	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	
Initial Lee index (g/cm)	0,59±0,12	0,70±0,01	0,70±0,00	0,70±0,00	0,255
Final Lee index (g/cm)	0,72±0,01	0,70±0,01	0,71±0,01	0,68±0,01	0,087
p-value †	0,843	0,899	0,874	0,080	

Note. Results are presented in mean±SEM (Standard error of the mean). C-S: control diet and sedentary; MBO-S: MBO diet and sedentary; C-EX: control diet and sedentary; MBO-EX: MBO diet and exercised; TC: thoracic circumference; CA: abdominal circumference. *ANOVA one-way test. Mean values followed by different letters on the same row indicate significant differences by the Tukey post-test. † Paired t-test comparing initial and final values.

Tabela 4. Comparison of adipose tissue weight, total visceral fat and visceral adiposity index between groups

Adipose tissue sites	Groups				p-value*
	G1 (C-S)	G2 (MBO-S)	G3 (C-EX)	G4 (MBO-EX)	
Epididymal (g)	3,79±0,33	2,92±0,21	2,54±0,35	2,70±0,38	0,075
Perirenal (g)	0,68±0,12	0,57±0,08	0,37±0,06	0,53±0,06	0,082
Peritoneal (g)	2,23±0,42	1,87±0,29	1,16±0,27	1,10±0,28	0,052
Total visceral fat (g)	6,70±0,76 ^a	5,36±0,45 ^{ab}	4,06±0,62 ^b	4,33±0,65 ^{ab}	0,033
VAI (%)	2,29±0,16 ^a	2,11±0,14 ^{ab}	1,52±0,18 ^b	1,80±0,18 ^{ab}	0,021

Note. Results are presented in mean±SEM (Standard error of the mean). C-S: control diet and sedentary; MBO-S: MBO diet and sedentary; C-EX: control diet and sedentary; MBO-EX: MBO diet and exercised; VAI: visceral adiposity index. *ANOVA one-way test. Mean values followed by different letters on the same row indicate significant differences by the Tukey post-test.

Table 5. Weight of visceral organs and of the soleus and gastrocnemius muscles between the experimental groups

Organs	G1 (C-S)	G2 (MBO-S)	G3 (C-EX)	G4 (MBO-EX)	p-value*
Heart (g)	0,77±0,04 ^a	0,71±0,03 ^{ab}	0,73±0,04 ^{ab}	0,63±0,03 ^b	0,049
HMI	0,27±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01	0,27±0,01	0,301
Lungs (g)	1,31±0,06 ^a	1,12±0,5 ^b	1,17±0,04 ^{ab}	1,07±0,04 ^b	0,013
Liver (g)	8,47±0,34	7,76±0,27	7,63±0,46	6,87±0,42	0,060
Right kidney (g)	1,21±0,04	1,12±0,04	1,11±0,06	1,04±0,04	0,092
Left kidney (g)	1,20±0,04	1,16±0,09	1,09±0,05	1,05±0,03	0,333
Spleen (g)	0,50±0,01	0,46±0,03	0,45±0,03	0,44±0,02	0,312
Soleus muscle (g)	0,13±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,11±0,01	0,226
Gastrocnemius muscle (g)	1,98±0,14	1,76±0,08	1,77±0,09	1,59±0,08	0,059

Note. Results are presented in mean±SEM (Standard error of the mean). C-S: control diet and sedentary; MBO-S: MBO diet and sedentary; C-EX: control diet and sedentary; MBO-EX: MBO diet and exercised; HMI = heart mass index. *ANOVA one-way test. Mean values followed by different letters on the same row indicate significant differences by the Tukey post-test.

Table 6. Comparison of biochemical parameters between groups and intragroups between the beginning and end of the experiment

Parameters(mg/dL)	G1 (C-S)	G2 (MBO-S)	G3 (C-EX)	G4 (MBO-EX)	p- value*
Initial blood glucose	110,92±7,34	103,75±6,27	99,53±3,51	99,92±7,10	0,604
Final blood glucose	242,55±35,61	201,02±7,58	196,94±8,76	209,76±3,16	0,236
p-value†	0,020	0,0001	0,001	0,0001	
Initial colessterol	104,93±3,64	105,47±5,62	103,89±3,50	99,81±2,03	0,728
Final colessterol	92,45±3,28	95,55±7,47	90,34±6,25	106,64±8,04	0,352
p-value†	0,072	0,127	0,136	0,436	
Initial HDL	53,40±2,31	54,96±3,70	50,96±2,00	48,47±1,83	0,321
Final HDL	61,30±2,57	58,04±3,90	56,81±2,86	59,62±4,31	0,856
p-value†	0,087	0,517	0,142	0,026	
Initial non-HDL colessterol	51,53±1,91	50,51±3,61	52,93±2,74	51,34±2,60	0,947
Final non-HDL colessterol	31,15±2,27	37,51±3,89	33,53±5,03	47,01±6,81	0,153
p-value†	0,001	0,002	0,025	0,500	
Initial triglycerides	66,97±8,88	67,61±5,77	66,84±2,42	68,75±2,56	0,993
Final triglycerides	97,65±7,67 ^{ab}	113,89±11,38 ^a	72,56±6,35 ^b	77,80±3,75 ^b	0,003
p-value†	0,057	0,003	0,021	0,060	
Initial total proteins	6,35±0,08	6,14±0,13	6,23±0,17	6,14±0,12	0,674
Final total proteins	6,98±0,13	7,25±0,34	7,31±0,35	7,50±0,38	0,768
p-value†	0,006	0,032	0,021	0,009	

Note. Results are presented in mean±SEM (Standard error of the mean). C-S: control diet and sedentary; MBO-S: MBO diet and sedentary; C-EX: control diet and sedentary; MBO-EX: MBO diet and exercised. *ANOVA one-way test. Mean values followed by different letters on the same row indicate significant differences by the Tukey post-test. † Paired t-test compairing initial and final values.