



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

JULIANA GONDIM DE ALBUQUERQUE

**BEBIDA DE PALMA BRASILEIRA (*Opuntia ficus-indica*) TRATADA COM
ULTRASSOM: alegação funcional, tecnológica e comercial '*in vitro*' e '*in vivo*'**

Recife-PE

2021

JULIANA GONDIM DE ALBUQUERQUE

**BEBIDA DE PALMA BRASILEIRA (*Opuntia ficus-indica*) TRATADA COM
ULTRASSOM: alegação funcional, tecnológica e comercial ‘*in vitro*’ e ‘*in vivo*’**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos

Co-orientadores: Prof^a. Dr^a. Jailane de Souza Aquino

Prof^o. Dr^o. Héctor B. Escalona Buendía

Recife-PE

2021

Catalogação na Fonte
Bibliotecário: Rodrigo Leopoldino Cavalcanti I, CRB4-1855

A345b Albuquerque, Juliana Gondim de.
Bebida de palma brasileira (Opuntia ficus-indica) tratada com ultrassom :
alegação funcional, tecnológica e comercial 'in vitro' e 'in vivo' / Juliana Gondim
de Albuquerque. – 2021.
138 f.: il. ; tab. ; 30 cm.

Orientadora : Margarida Angélica da Silva Vasconcelos.
Coorientadora : Jailane de Souza Aquino.
Coorientador : Héctor Bernardo Escalona Buendía.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de
Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2021.

Inclui referências, apêndice e anexos.

1. Ciências da Nutrição. 2. Microbiota. 3. Saúde. I. Vasconcelos, Margarida
Angélica da Silva (Orientadora). II. Aquino, Jailane de Souza (Coorientadora). III.
Escalona Buendía, Héctor Bernardo. (Coorientador). IV. Título.

613

CDD (23.ed.)

UFPE (CCS2022-027)

JULIANA GONDIM DE ALBUQUERQUE

**BEBIDA DE PALMA BRASILEIRA (*Opuntia ficus-indica*) TRATADA COM
ULTRASSOM: alegação funcional, tecnológica e comercial ‘*in vitro*’ e ‘*in vivo*’**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos Alimentos.

Aprovada em: 16/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Thayza Christina Montenegro Stamford (Presidente)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a Dr^a Elizabeth do Nascimento (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a Dr^a Jailane de Souza Aquino (Examinadora Externa)
Universidade Federal da Paraíba

Prof^o Dr^o Omar Guzmán Quevedo (Examinador Externo)
Instituto Tecnológico Superior de Tacambaro

Prof^o Dr^o Héctor Bernardo Escalona Buendía (Examinador Externo)
Universidad Autónoma Metropolitana

Dedico a conclusão deste ciclo à minha família, em especial à minha mãe, que sempre foi ninho e fortaleza na minha vida, através de olhares de apoio, de palavras de incentivo, de gestos de compreensão e de atitudes de segurança, mesmo diante de situações difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso fosse possível. Também agradeço aos meus pais, Júlia Gondim e José Carlos, e aos meus irmãos, Jaqueline Gondim e José Carlos Júnior, pessoas tão especiais e que nunca pouparam esforços para me apoiar no que quer que fosse. A vocês, que, nos dias de nebulosidade, respeitaram meu silêncio e enxugaram minhas lágrimas; e, que nos momentos importantes, suportaram minha ausência, sempre me fazendo lembrar que é pelo retorno ao ninho, que um dia aprendemos a voar. Também agradeço ao meu sobrinho Isaac que, apesar de tão pequeno, trouxe ainda mais amor e significado pra nossa família; e a Rubi, pela companhia fiel nas madrugadas de produção. O que sinto por vocês é algo imensurável.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional. Em especial, agradeço à minha orientadora, Dr.^a Margarida Angélica, pela qualidade humana e por acreditar no meu potencial. Também agradeço à Dr.^a Jailane Aquino, que me acompanha desde a graduação, a qual eu admiro muito e me sinto honrada de compartilhar tantas conquistas ao seu lado.

Um agradecimento singular ao Dr.^o Héctor Escalona, que me apoiou desde os trâmites burocráticos até o desenvolvimento da pesquisa em si, com propriedade e muita excelência. E, falando em presentes que o México me deu, gostaria de agradecer também à René Bautista e toda sua família, pelo carinho e apoio excepcional de sempre; à Carolina Franco e Thiany Torres, pela amizade e pelos bons momentos compartilhados ao longa da jornada, e a tantos outros com quem eu tive o privilégio de cruzar nessa caminhada. Não poderia esquecer das amizades que nem mesmo a distância geográfica foi capaz de separar: Ítalo Rômany, Andreza Moraes, Laís Kisly, Alanna Mendes, Roseane Sampaio e Luiz Henrique, representando os inúmeros anjos com quem eu tenho o privilégio de compartilhar a vida. Vocês são muito especiais.

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e à Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) – Unidad Iztapalapa, por terem proporcionado a realização da presente pesquisa, com o apoio direto da Coordenação de Pós-Graduação em Nutrição da UFPE e do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia

da UAM. Em especial, agradeço às secretárias Cecília Arruda e Andréa Nascimento, representando a UFPE; e à Lic. Violeta, representando a UAM, por todo o apoio administrativo durante a jornada.

Um reconhecimento e agradecimento especial ao Laboratório de Nutrição Experimental da UFPB – LANEX, que me acolheu com muito carinho para que eu pudesse realizar uma etapa importante da minha pesquisa, principalmente à Kamila Sabino, que me ensinou muito além da técnica e ressaltou a importância dos laços de amizade dentro e fora do laboratório. Agradeço também à Bernadete Araújo, por compartilhar as dores e delícias do mundo acadêmico e científico durante os experimentos. Também não posso esquecer de Victor e Naís, pelo suporte prestado no dia a dia, o que só corrobora que pesquisa não se faz sozinho. Precisamos ter uma rede de apoio para conquistar o objetivo almejado. E os resultados que eu lhes apresento aqui é fruto de uma rede de apoio excepcional que sempre tive o privilégio de ter.

Agradeço também, de forma geral, mas não menos importante, a todos os meus familiares, amigos, técnicos de laboratório e companheiros, de ambos os países que, diariamente, contribuem na construção da minha vida pessoal e profissional, detentores de todo o meu amor, admiração e agradecimento.

Portanto, a todos aqueles que seguem caminhando ao meu lado e que me presenteiam com o prazer da sua companhia, deixo aqui o meu simples, porém sincero e imenso muito obrigado. E que venham os próximos passos!

RESUMO

O presente estudo almejou avaliar o potencial tecnológico, comercial e funcional '*in vitro*' e '*in vivo*' de uma bebida de palma brasileira (*Opuntia ficus-indica*) tratada com ultrassom (BPU), verificando também as possíveis mudanças de qualidade ao longo de seu armazenamento e seu potencial comercial. Na primeira fase do estudo, cinco bebidas foram elaboradas e analisadas durante 28 dias de armazenamento: controle sem tratamento (C0), bebida submetida a tratamento térmico por 10 min (HP10), e bebidas submetidas a tratamento ultrassônico por 10 (US10), 20 (US20) e 40 (US40) min. A segunda fase consistiu em duas etapas: primeiramente, o apelo sensorial da bebida de palma foi avaliado antes e após a degustação entre três grupos diferentes: Controle, Vantagens e Inconveniências; a segunda etapa consistiu na aplicação do Questionário de Escolhas Alimentares (QEA) para saber mais sobre as expectativas, experiências e emoções envolvidas no padrão alimentar de potenciais consumidores de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional. Finalmente, a última fase do estudo consistiu na avaliação dos efeitos da administração de BPU na dose de 10 mL/kg por 4 semanas sobre os parâmetros bioquímicos, histológicos, antioxidantes e de saúde intestinal em ratos *Wistar* alimentados com dieta hiperlipídica. A bebida US40 apresentou os maiores níveis de oligossacarídeos (31,99%), ácidos orgânicos (48,93%) e ascórbico (26,09%) e de minerais (83,59%) em relação aos encontrados para a bebida HP10. O US40 também apresentou melhor atividade antioxidante e 81,80% mais compostos fenólicos quando comparado com o HP10, apresentando ainda maior estabilidade para os compostos bioativos e menos alterações nos parâmetros de cor, contagem de microrganismos e maior aceitabilidade em relação à qualidade durante o armazenamento, enquanto que HP10 apresentou os piores resultados ($p \leq 0.05$). Após a degustação da bebida de palma, a aceitação no grupo Inconveniências mudou de "Eu dificilmente beberia isso" para "Eu beberia isso com frequência". Da mesma forma, a aceitação global teve um aumento de 25,35%, comparando os dados de antes e depois da degustação. A inter-relação entre as características socioeconômicas e os tratamentos revelou efeitos significativos para o nível de escolaridade, renda familiar e gênero na aceitação da bebida ($p \leq 0.05$), impactando assim, nas emoções envolvidas no processo de escolha de alimentos. Ademais, para a maioria dos participantes, o mais importante na hora de escolher um alimento é que

ele precisa 'saciar sua fome'. Finalmente, foi possível observar que os ratos dislipidêmicos que receberam BPU apresentaram menor ganho de peso (5,75%) e IMC (8,06%), menores níveis lipêmicos e glicêmicos (41,85% e 4,4%, respectivamente), menos danos ao fígado, alta capacidade antioxidante (130,38%) e atividade da microbiota intestinal, quando comparados ao grupo dislipidêmico que não recebeu a bebida. Ademais, a BPU teve efeito protetor contra o risco de doenças cardiovasculares e hepáticas, mesmo com a continuidade da dieta hiperlipídica. Portanto, esse alimento funcional apresenta potencial para ser um tratamento não farmacológico eficaz contra as alterações induzidas pela dieta hiperlipídica, além de contribuir para a segurança alimentar e nutricional da população, aumentando assim, o potencial comercial deste vegetal.

Palavras-chave: nutrição; microbiota; saúde.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the technological, commercial and functional potential 'in vitro' and 'in vivo' of a Brazilian nopal beverage (*Opuntia ficus-indica*) treated with ultrasound (BPU), also checking for possible changes in quality throughout its storage and its commercial potential. In the first phase of the study, five beverages were prepared and analyzed during 28 days of storage: control without treatment (C0), beverage subjected to heat treatment for 10 min (HP10), and beverages subjected to ultrasonic treatment for 10 (US10), 20 (US20) and 40 (US40) min. The second phase consisted of two steps: first, the sensory appeal of the Brazilian nopal beverage was evaluated before and after tasting among three different groups: Control, Advantages and Inconveniences; the second stage consisted of applying the Food Choices Questionnaire (FCQ) to learn more about the expectations, experiences and emotions involved in the dietary pattern of low-income consumers in situation of food and nutritional insecurity. Finally, the last phase of the study consisted of evaluating the effects of administering BPU at a dose of 10 mL/kg for 4 weeks on biochemical, histological, antioxidant and intestinal health parameters in *Wistar* rats fed a high-fat diet. The US40 beverage had the highest levels of oligosaccharides (31.99%), organic (48.93%) and ascorbic acids (26.09%), and minerals (83.59%) in relation to those found for the HP10 beverage. US40 also showed better antioxidant activity and 81.80% more phenolic compounds when compared to HP10, increased stability for bioactive compounds and less changes in color parameters, microorganism count and greater acceptability in relation to quality during storage, while HP10 presented the worst results ($p \leq 0.05$). After tasting the nopal beverage, acceptance in the Inconveniences group changed from "I would hardly drink this" to "I would drink this often". Likewise, the overall acceptance was increased by 25.35%, comparing data from before and after tasting. The interrelationship between socioeconomic characteristics and the results revealed effects for the level of education, family income and gender in the acceptance of the beverage ($p \leq 0.05$), thus impacting the emotions involved in the food choice process. Furthermore, for most participants, the most important thing when choosing a food is that it needs to 'satisfy the hunger'. Finally, it was possible to observe that dyslipidemic rats that received BPU gained less weight (5.75%) and BMI (8.06%), lower lipemic and glycemic levels (41.85% and 4.4%, respectively), less liver damage, high antioxidant capacity (130.38%) and intestinal

microbiota activity, when compared to the dyslipidemic group that not received the beverage. Furthermore, BPU had a protective effect against the risk of cardiovascular and liver diseases, even with the continuation of the high-fat diet. Therefore, this functional food has the potential to be an effective non-pharmacological treatment against the changes induced by a high-fat diet, in addition to contributing to the population's food and nutritional security, thus increasing the commercial potential of this vegetable.

Keywords: nutrition; microbiota; health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Cladódios de palma do gênero <i>Opuntia</i>	28
Figura 2 -	Formação de bolhas de cavitação em decorrência do uso de ultrassom.....	31
Figura 3 -	Fluxograma metodológico da pesquisa.....	41
Figura 4 -	Desenho experimental do ensaio biológico.....	55
Figura 5 -	Ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por ABTS e DPPH da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.....	67
Figura 6 -	Acidez, pH e SST da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.....	71
Figura 7 -	Ácido ascórbico e compostos fenólicos totais da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.....	73
Figura 8 -	Análise Fatorial de Correspondência (AFC) de atributos sensoriais e amostras de bebida de palma submetida a diferentes tratamentos no 14º dia de armazenamento.....	76
Figura 9 -	Análise Fatorial Múltipla (AFM) da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos no dia 14 de armazenamento com seus respectivos mapas de amostras.....	77
Figura 10 -	Análise Fatorial Múltipla (AFM) da avaliação sensorial da bebida de palma com potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional antes da degustação, com seu respectivo mapa de amostras.....	85
Figura 11 -	Análise Fatorial Múltipla (AFM) da avaliação sensorial da bebida de palma com potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional após a degustação, com seu respectivo mapa de amostras.....	87
Figura 12 -	Análise Fatorial Múltipla (MFA) para avaliação da escolha de alimentos com potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional, com seus respectivos mapas amostrais.....	89

Figura 13 - Itens adicionais considerados importantes pelos potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional na escolha dos alimentos (n = 600).....	92
Figura 14 - Consumo dietético (A), consumo lipídico (B), peso corporal (C) e áreas sob a curva (D-F) em ratos saudáveis e dislipidêmicos durante o período de indução de dislipidemia.....	95
Figura 15 - Consumo dietético (A), ingestão energética (B), consumo lipídico (C), peso corporal (D) e áreas sob a curva (E-H) em ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	96
Figura 16 - Análise histológica e morfometria do fígado, intestino e tecido adiposo de ratos saudáveis e dislipidêmicos após o período de tratamento com bebida de palma brasileira.....	110
Figura 17 - Análise Fatorial Múltipla (AFM) de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira com seus respectivos mapas de amostras.....	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Modelos animais (roedores) de indução à dislipidemia mediante consumo de dietas.....	35
Quadro 2 -	Estudos em modelos animais sobre o consumo de palma e seus efeitos à saúde.....	37
Quadro 3 -	Locais de realização da pesquisa.....	42
Quadro 4 -	Panorama geral de artigos produzidos a partir da tese.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Plano de tratamento das amostras de bebida de palma brasileira.....	43
Tabela 2 -	Composição das dietas controle e dislipidêmica que foram utilizadas no experimento.....	53
Tabela 3 -	Grupos e tratamentos do estudo biológico.....	54
Tabela 4 -	Parâmetros físico-químicos e nutricionais da palma brasileira.....	63
Tabela 5 -	Parâmetros físico-químicos da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.....	64
Tabela 6 -	Açúcares, ácidos orgânicos e oligossacarídeos em bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.....	65
Tabela 7 -	Perfil fenólico da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.....	68
Tabela 8 -	Composição mineral da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.....	70
Tabela 9 -	Cor da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.....	72
Tabela 10 -	Qualidade microbiológica da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.....	74
Tabela 11 -	Aceitabilidade de bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.....	75
Tabela 12 -	Coeficiente RV entre intenção de compra e análises físico-química, microbiológica e sensorial para bebida de palma submetida a diferentes tratamentos no 14º dia de armazenamento.....	77
Tabela 13 -	Resumo das informações sociodemográficas dos participantes (n = 600).....	79
Tabela 14 -	Apelo sensorial da bebida de palma antes (expectativas) e depois da degustação (realidade).....	80

Tabela 15 - Coeficiente RV entre aspectos sociodemográficos, parâmetros sensoriais, aceitação global e EAAA, antes (expectativas) da degustação da bebida de palma.....	86
Tabela 16 - Coeficiente RV entre aspectos sociodemográficos, parâmetros sensoriais, aceitação global e EAAA, após (realidade) a degustação da bebida de palma.....	87
Tabela 17 - Coeficiente RV entre aspectos sociodemográficos e de escolha alimentar.....	89
Tabela 18 - Padrão de fatores de escolha alimentar para consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar em comparação com os malawianos e cabo-verdianos.....	93
Tabela 19 - Parâmetros somáticos de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	97
Tabela 20 - Perfil lipídico de ratos <i>Wistar</i> alimentados com dieta normal ou rica em gordura antes do tratamento com bebida de palma.....	98
Tabela 21 - Parâmetros bioquímicos de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	99
Tabela 22 - Colesterol e triglicerídeos em fezes e fígado de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	101
Tabela 23 - Peroxidação lipídica e capacidade antioxidante total em soro, fígado e fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	102
Tabela 24 - Perfil fenólico na digesta colônica de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira....	103
Tabela 25 - Perfil fenólico nas fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	105
Tabela 26 - Contagem de células viáveis de microrganismos específicos na digesta colônica e fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	107
Tabela 27 - Ácidos orgânicos da digesta colônica e fezes e polissacarídeos não digeridos em fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	108

Tabela 28 - Coeficiente RV entre marcadores bioquímicos (BIOQ), capacidade antioxidante total (CAT), teor de malondialdeído (MDA), parâmetros microbiológicos (MIC) e peso corporal e consumo alimentar (PC), para ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.....	112
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFC	Análise Fatorial de Correspondência
AFM	Análise Fatorial Múltipla
AGCC	Ácido graxo de cadeia curta
ALT	Enzima alanina aminotransferase
AST	Enzima aspartato aminotransferase
BBE	Ágar Bile Esculina
BIOQ	Marcadores bioquímicos
BPU	Bebida de palma brasileira submetida ao tratamento ultrassônico
C0	Bebida controle
CA	Circunferência abdominal
CAT	Capacidade antioxidante total
CATA	<i>Check-All-That-Apply</i>
CT	Colesterol plasmático total
CTA	Circunferência torácica
DCNTs	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DHGNA	Doença hepática gordurosa não alcoólica
EAAA	Escala de Avaliação de Ação Alimentar
EMB	Ágar Eosin Methylene Blue
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
FDI	Fibras dietéticas insolúveis
FDS	Fibras dietéticas solúveis
FDT	Fibras dietéticas totais
GD	Grupo dislipidêmico
GPD	Grupo dislipidêmico com administração de bebida de palma
GPS	Grupo sadio com administração de bebida de palma
GS	Grupo sadio
GT	Gordura total
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HP10	Bebida de palma submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos
IA	Índice aterogênico
IAD	Índice de adiposidade

IC	Índice cardíaco
IMC	Índice de Massa Corporal
IRC	Índice de risco coronariano
IRCV	Índice de risco cardiovascular
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LI	Índice de Lee
MDA	Malondialdeído
MIC	Parâmetros microbiológicos
MRS	Ágar de Man, Rogosa e Sharpe
PC	Peso corporal e consumo alimentar
PCI	Peso corporal inicial
POD	Enzima peroxidase
PPO	Enzima polifenoloxidase
QEA	Questionário de Escolhas Alimentares
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SST	Sólidos solúveis totais
TBARS	Ácido tiobarbitúrico
TG	Triglicerídeos
UFC	Unidade formadora de colônias
US10	Bebida de palma submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos
US20	Bebida de palma submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos
US40	Bebida de palma submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos
VET	Valor energético total
VLDL	Lipoproteína de densidade muito baixa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	26
2.1	ALIMENTOS FUNCIONAIS E COMPOSTOS BIOATIVOS CLASSIFICADOS COMO PREBIÓTICOS.....	26
2.2	PALMA (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	28
2.3	TRATAMENTO COM ULTRASSOM.....	30
2.4	PESQUISAS SENSORIAIS COM ALIMENTOS FUNCIONAIS E CONSUMIDORES DE BAIXA RENDA.....	33
2.5	DISLIPIDEMIAS.....	35
2.6	EFEITOS DO CONSUMO DA PALMA EM ANIMAIS.....	36
3	HIPÓTESES.....	39
4	OBJETIVOS.....	40
4.1	OBJETIVO GERAL.....	40
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
5	MÉTODOS.....	41
5.1	AMOSTRAS E LOCAIS DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	41
5.2	FASE 1 - ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E CONTROLE DE QUALIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO DE BPU.....	42
5.2.1	Elaboração da bebida.....	42
5.2.2	Tratamentos da bebida.....	43
5.2.3	Etapas 1 - Aspectos físico-químicos e nutricionais dos cladódios de palma brasileira e das bebidas.....	44
5.2.3.1	Acidez, pH, SST e composição proximal.....	44
5.2.3.2	Açúcares e ácidos orgânicos.....	45
5.2.3.3	Oligossacarídeos.....	46
5.2.3.4	Atividade antioxidante por ABTS e DPPH, ácido ascórbico e compostos fenólicos totais.....	46
5.2.3.5	Perfil fenólico.....	47
5.2.3.6	Composição mineral.....	47
5.2.3.7	Aspectos de qualidade durante a vida útil das bebidas.....	47

5.2.3.7.1	<i>Análise físico-química e nutricional.....</i>	48
5.2.3.7.2	<i>Análise microbiológica.....</i>	48
5.2.3.7.3	<i>Análise sensorial.....</i>	48
5.3	FASE 2 – AVALIAÇÃO DO PRODUTO ATRAVÉS DE ANÁLISES COM CONSUMIDORES DE BAIXA RENDA E EM SITUAÇÃO DE INSEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL.....	49
5.3.1	Participantes.....	49
5.3.2	Tratamentos.....	51
5.3.3	Etapa 1: Apelo sensorial antes e depois da degustação.....	51
5.3.4	Etapa 2: Questionário de Escolhas Alimentares (QEA).....	52
5.4	FASE 3 - ASPECTOS FUNCIONAIS DA BPU EM RATOS <i>WISTAR</i> DISLIPIDÊMICOS.....	52
5.4.1	Desenho experimental.....	52
5.4.2	Parâmetros somáticos, eutanásia e coleta de material biológico.....	55
5.4.3	Determinação de glicose, perfil lipídico, aminotransferases e cálculo de índices relacionados à saúde cardiovascular.....	56
5.4.4	Determinação do CT e TG em amostras fecais e de fígado..	56
5.4.5	Parâmetros oxidativos séricos, hepáticos e fecais.....	56
5.4.6	Perfil fenólico na digesta colônica e nas fezes.....	57
5.4.7	Contagem bacteriana de digesta colônica e fezes.....	58
5.4.8	Quantificação de ácidos orgânicos na digesta colônica e fezes e de polissacarídeos não digeridos nas fezes.....	58
5.4.9	Análises histológicas do fígado, intestino e tecido adiposo.....	59
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	60
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
6.1	FASE 1 - ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E CONTROLE DE QUALIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO DE BPU.....	62

6.1.1	Efeitos do tratamento com ultrassom sobre os compostos bioativos da bebida.....	65
6.1.1.1	Oligossacarídeos e ácidos orgânicos.....	65
6.1.1.2	Ácido ascórbico.....	66
6.1.1.3	Atividade antioxidante e compostos fenólicos.....	67
6.1.1.4	Minerais.....	69
6.1.2	Aspectos de qualidade durante o armazenamento das bebidas.....	70
6.1.2.1	Efeitos do ultrassom nos parâmetros físico-químicos.....	70
6.1.2.2	Efeitos do ultrassom nos compostos bioativos.....	73
6.1.2.3	Efeitos do ultrassom nos parâmetros microbiológicos.....	74
6.1.2.4	Efeitos do ultrassom nos aspectos sensoriais.....	75
6.2	FASE 2 – AVALIAÇÃO DO PRODUTO ATRAVÉS DE ANÁLISES COM CONSUMIDORES DE BAIXA RENDA E EM SITUAÇÃO DE INSEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL.....	78
6.2.1	Etapa 1: Caracterização sensorial da bebida de palma.....	78
6.2.1.1	Principais características dos participantes.....	78
6.2.1.2	Caracterização sensorial esperada.....	80
6.2.1.3	Caracterização sensorial real.....	82
6.2.1.4	Efeito das informações sociodemográficas no apelo sensorial antes e depois da degustação.....	84
6.2.2	Etapa 2: Questionário de Escolha de Alimentos (QEA).....	88
6.3	FASE 3 - ASPECTOS FUNCIONAIS DA BPU EM RATOS WISTAR DISLIPIDÊMICOS.....	94
6.3.1	Parâmetros somáticos e monitoramento do peso corporal e consumo dietético, lipídico e energético.....	94
6.3.2	Efeito da bebida de palma brasileira na glicemia, parâmetros lipídicos, índices relacionados à saúde cardiovascular e aminotransferases.....	98
6.3.3	Triglicerídeos, colesterol total e gordura total nas fezes e no fígado.....	100
6.3.4	Malondialdeído e capacidade antioxidante total.....	102

6.3.5	Perfil fenólico na digesta colônica e nas fezes.....	103
6.3.6	Contagens de células viáveis de microrganismos específicos na digesta colônica e nas fezes.....	106
6.3.7	Ácidos orgânicos na digesta colônica e fezes e polissacarídeos não digeríveis nas fezes.....	108
6.3.8	Efeitos da bebida de palma brasileira na histologia do fígado, intestino e tecido adiposo.....	109
6.3.9	Análise Fatorial Múltipla (AFM).....	111
7	CONCLUSÕES.....	114
	REFERÊNCIAS.....	115
	APÊNDICE A - ITENS QUE COMPUSERAM O QUESTIONÁRIO DE ESCOLHAS ALIMENTARES (QEA) EM PORTUGUÊS.....	135
	ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFPE.....	136
	ANEXO B - PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL DO CBIOTEC/UFPB.....	137

1 INTRODUÇÃO

A palma é uma cactácea que apresenta elevado número de espécies, sendo capaz de adaptar-se às diferentes condições agroclimáticas das regiões de onde é nativa (ARUWA et al., 2018). A espécie *Opuntia ficus-indica* tem importância socioeconômica nas regiões áridas e semiáridas, destacando-se seus benefícios para o meio ambiente e para a segurança alimentar e nutricional, uma vez possui alto conteúdo de compostos funcionais e não apresenta efeito tóxico (GOUWS et al., 2020; ARUWA et al., 2019; DU TOIT et al., 2018; BAKOUR et al., 2017).

Embora no Brasil a palma seja usada principalmente para a alimentação animal, em países como o México, ela é considerada um dos vegetais mais consumidos, sendo comercializada principalmente como produto minimamente processado para, posteriormente, ser usada como matéria-prima na elaboração de várias preparações (VENTURA-AGUILAR et al., 2017). No entanto, a remoção de seus acúleos acelera a oxidação, modificando a sua composição nutricional, reduzindo assim a vida útil deste alimento, como também seu potencial nutricional (DE SANTIAGO et al., 2018).

Neste contexto, e dada a elevada demanda atual por alimentos que tragam benefícios para a saúde, tem crescido o interesse da indústria de alimentos pela fabricação de novos produtos cuja matéria-prima seja a palma, podendo esta ser utilizada para a produção de bebidas, uma vez que seus cladódios podem representar a base adequada para o desenvolvimento de alimentos funcionais, visto que são ricos em nutrientes, como vitaminas, fibras, minerais e antioxidantes (DICK et al., 2020; ARUWA et al., 2019; DU TOIT et al., 2018). Ademais, as bebidas em geral apresentam perfis de sabor agradável e são consumidas regularmente por todas as faixas etárias (PIMENTEL et al., 2014).

No entanto, as bebidas são muito perecíveis, o que leva à necessidade da realização de processos, a nível industrial, para prolongar sua vida útil. O tratamento térmico de pasteurização é a técnica padrão utilizada para preservar este tipo de produto, entretanto, resulta em reações de escurecimento e perda de nutrientes termossensíveis, como os compostos fenólicos, que são amplamente encontrados nos cladódios da palma, o que reduz significativamente a qualidade nutricional das bebidas (ALBUQUERQUE et al., 2021; DE SANTIAGO et al., 2018).

Neste sentido, a tecnologia de sonicação, através do uso do ultrassom, tem sido identificada como promissora para a preservação nutricional durante o processamento de bebidas com caráter funcional (RODRÍGUEZ-ROQUE et al., 2020; SILVA et al., 2020; GOMES et al., 2017), além de ser capaz de inativar microrganismos e alterar a microestrutura característica dos produtos (GUIMARÃES et al., 2019).

Um alimento com potencial funcional corresponde à alegação relacionada ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do corpo humano, apresentando efeito benéfico à saúde e reduzindo os riscos de desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) (WHO, 2020; KAUR et al., 2015). Essas doenças estão relacionadas à transição nutricional que tem ocorrido nos últimos anos. É notório o aumento acentuado da prevalência da obesidade, consolidando-se como o agravamento nutricional de maior importância, considerando ainda as suas comorbidades associadas, como as doenças cardiovasculares, que representam uma das principais causas de mortalidade a nível mundial (XINYU et al., 2019).

Entre as DCNTs, as dislipidemias representam o principal fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e constituem um grave problema de saúde pública atual (SHARIFI-RAD et al., 2020). O uso de medicamentos para seu controle causa inúmeros efeitos colaterais indesejáveis e, portanto, muitos estudos têm sido realizados para substituí-los (TAJIMA et al., 2019; ALGHAMDI et al., 2018). O uso de compostos bioativos que funcionam como prebióticos moduladores da microbiota intestinal no desenvolvimento de alimentos funcionais tem se destacado amplamente nesse sentido (TAJIMA et al., 2019). Os compostos fenólicos têm sido muito estudados, uma vez que podem promover o crescimento de bactérias benéficas e suprimir o crescimento de bactérias patogênicas, sugerindo assim, o seu potencial papel na regulação da microbiota intestinal e no aumento da saúde gastrointestinal, atuando de forma análoga às fibras (QING-YI et al., 2017). Em ambos os casos, o objeto de estudo do presente trabalho pode apresentar esta funcionalidade devido ao alto teor de fibras e de fenólicos presentes na palma brasileira (ALBUQUERQUE et al., 2021).

O desenvolvimento deste novo produto está diretamente relacionado às necessidades e tendências ou modismos de consumo da população. No entanto, para a sociedade, não é suficiente que o produto apresente excelentes características

químicas, físicas ou microbiológicas, as características sensoriais também devem corresponder às expectativas (ALBUQUERQUE et al., 2019). Neste cenário, surgem várias análises de natureza quantitativa e qualitativa que avaliam importantes parâmetros sensoriais, o que determina a comercialização de novos produtos (JAEGER et al., 2020; ARES et al., 2015).

A presente pesquisa almejou, portanto, avaliar o potencial tecnológico, comercial e funcional '*in vitro*' e '*in vivo*' de uma bebida de palma brasileira (*Opuntia ficus-indica*) tratada com ultrassom, verificando também as possíveis mudanças de qualidade ao longo de sua vida de prateleira e seu potencial comercial, com o objetivo de atuar na melhoria da qualidade de vida da população e na promoção da saúde através de alimentos funcionais de origem regional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS E COMPOSTOS BIOATIVOS CLASSIFICADOS COMO PREBIÓTICOS

Nos últimos anos tem crescido o interesse do consumidor por alimentos que atendam às suas necessidades de saúde e, ao mesmo tempo, sejam atrativos e saborosos, abrindo espaço para a indústria desenvolver produtos inovadores, mais saudáveis e com boa aceitação no mercado (ALBUQUERQUE et al., 2019). Nesse sentido, surgem os "alimentos funcionais", que podem ser definidos como produtos que, além de promover a nutrição básica, são capazes de proporcionar benefícios fisiológicos, metabólicos e preventivos ou auxiliares no tratamento de doenças (WHO, 2020; KAUR et al., 2015). Singh, Banerjee e Arora (2015) argumentam que a classificação de alimentos funcionais inclui: I) alimentos com compostos bioativos naturais; II) derivados de alimentos, por exemplo, prebióticos; e III) bioativos adicionados a alimentos como suplementos, por exemplo, probióticos e antioxidantes.

Entre os alimentos funcionais, a literatura vem ressaltando os prebióticos, que despertam o interesse de vários setores econômicos (GIBSON et al., 2017). Um exemplo de prebiótico pode ser as fibras, que são hidratos de carbono não digeríveis, mas fermentáveis, representando os principais substratos de crescimento de microrganismos no intestino, cuja função é modular a atividade e composição da microbiota intestinal com o objetivo de promover a saúde do hospedeiro, uma vez que exerce um papel primordial na fisiologia intestinal (GUNENC et al., 2017). Assim, prebiótico é definido como um ingrediente alimentar que efetivamente atenda a três critérios básicos: (I) resistência à acidez gástrica e hidrólise por enzimas de mamíferos e absorção gastrointestinal; (II) substrato de fermentação por microrganismos intestinais pertencentes à microbiota humana; e (III) estimulação seletiva do crescimento e/ou atividade das bactérias intestinais (*Bifidobacterias* e *Lactobacillos*, principalmente) associado com a saúde e bem-estar (PUSHPANGADAN et al., 2014, FAO, 2007).

A FAO estabelece ainda que uma substância prebiótica, que pode ser um componente de um produto comestível, deve ser quimicamente caracterizada; seu benefício à saúde deve ser mensurável e não devido à absorção do componente na corrente sanguínea ou devido ao componente agir de forma isolada; deve-se

evidenciar que a simples presença do componente prebiótico e a formulação a que se insere alteram a composição ou atividade da microbiota intestinal no hospedeiro alvo. Portanto, um prebiótico pode ser uma fibra, no entanto, uma fibra não será, necessariamente, um prebiótico (FAO, 2007; GIBSON et al., 2017).

Nesse sentido, os compostos fenólicos têm sido classificados como prebióticos que modulam a microbiota intestinal (WANG et al., 2020), pois podem promover o crescimento de bactérias benéficas e suprimir o crescimento de bactérias patogênicas, sugerindo assim, seu potencial papel na regulação da microbiota intestinal e aumento da saúde gastrointestinal, agindo de forma semelhante às fibras (ZHAO et al., 2022; SUN et al., 2021; LI et al., 2020). Além da modulação da microbiota intestinal, alguns outros efeitos são atribuídos aos prebióticos, como a modulação das principais funções fisiológicas (NAPATSORN et al., 2020; WANG et al., 2020), metabolismo lipídico (LI et al., 2020), inflamação (WU et al., 2020) e risco reduzido de câncer de cólon (XU et al., 2019; BINDELS et al., 2015).

A literatura reporta que 90% dos compostos fenólicos chegam ao cólon e são usados como substratos para a produção microbiana de pequenos ácidos fenólicos de cadeia curta. Por sua vez, estes compostos biotransformados modulam a população microbiana no trato gastrintestinal e são utilizados como substratos para a produção de ácido graxo de cadeia curta (AGCC) (DA SILVA et al., 2013; PARKAR; TROWER; STEVENSON, 2013). Esses últimos são responsáveis por regular a proliferação epitelial e a diferenciação da mucosa cólica (butirato); aumentar o fluxo sanguíneo e a produção de muco; constituir uma fonte preferencial de energia para os colonizadores (butirato); reduzir o pH no cólon, com um efeito no equilíbrio da microbiota intestinal; estimular a absorção de sódio e água; efeito no metabolismo lipídico (propionato) e glicídico (acetato e propionato); estimular a secreção pancreática e de outros hormônios (ZHAO et al., 2022; GAO et al., 2019).

A dieta é um dos fatores mais importantes que contribuem para a composição da microbiota intestinal que, em dada instância, pode chegar a afetar a saúde humana. Diversos estudos recentes *in vitro*, *in vivo* e em seres humanos mostraram que fontes alimentares ricas em polifenóis influenciam a abundância relativa de diferentes grupos bacterianos dentro da microbiota intestinal (SUN et al., 2021; YAN et al., 2020; GUNENC et al., 2017), reduzindo o número de potenciais patógenos e de certas espécies de bactérias gram-negativas (*Ruminococcus*, *Fusobacterium* e

Clostridium spp, por exemplo), e aumentando a concentração de microrganismos benéficos, como *Bifidobacterias* e *Lactobacillos* (QING-YI et al., 2017).

É importante ressaltar ainda que, embora o mecanismo de ação ainda seja pouco compreendido, os pesquisadores relatam que alguns compostos, como os fenólicos, presentes nos alimentos funcionais, podem desempenhar um papel importante no centro hipotalâmico e promover efeitos regulatórios na obesidade e em suas comorbidades, como as dislipidemias (ANDRÉ et al., 2017; LACERDA et al., 2017).

2.2 PALMA (*Opuntia ficus-indica*)

É uma cactácea que cresce principalmente em climas áridos e semiáridos e pode ser encontrada tanto na forma selvagem como na forma cultivada. Os cladódios de palma do gênero *Opuntia* (Figura 1), em geral, para serem considerados de boa qualidade, devem ser colhidos entre 30 e 60 dias após a brotação, com 80 a 120 g e de 15 a 20 cm de comprimento, ser túrgidos e apresentar uma coloração verde brilhante (ARUWA et al., 2018).

Figura 1 - Cladódios de palma do gênero *Opuntia*.



Fonte: Diário do Nordeste, 2016.

A composição química desses cladódios destaca-se pelo alto teor de fibras dietéticas e compostos fenólicos, além da presença de minerais, como potássio, magnésio e manganês, o que os classifica como alimento com potencial funcional (ALBUQUERQUE et al., 2021). Entretanto, é importante ressaltar que fatores extrínsecos, como a época do ano, tipos de solo, estágios de desenvolvimento e

tempo de colheita; e fatores intrínsecos, como a espécie e a variedade da planta, influenciam diretamente na composição química dos cladódios de palma (VENTURA-AGUILAR et al., 2017). Os maiores valores de atividade antioxidante e conteúdo de polifenóis são registrados no verão, por exemplo (BOUTAKIOUT et al., 2017).

Os benefícios associados ao alto teor de fibras dietéticas são bem conhecidos, especialmente para a prevenção de doenças como diabetes, tratamento de distúrbios gastrintestinais, bem como efeitos anti-hiperlipidêmicos e anti-hipercolesterolêmicos. As fibras dietéticas solúveis, incluindo pectinas, gomas e mucilagens presentes na palma, aumentam a viscosidade dos alimentos no intestino, resultando em um mecanismo de ação hipoglicêmica (ZHAO et al., 2022; LI et al., 2021). As fibras dietéticas presentes nesta cactácea também podem atuar aumentando a excreção de gordura fecal (PRASAD e BONDY, 2019).

Os compostos fenólicos encontrados na palma possuem atividade antioxidante e anti-radical livre (ALBUQUERQUE et al., 2021), o que poderia resultar em um potencial anticarcinogênico, antiinflamatório, hipoglicêmico, apresentando ainda atividades hipolipidêmica e hipocolesterolêmica (SUN et al., 2021; YAN et al., 2020; XU et al., 2019). Neste contexto, devido à grande quantidade de nutrientes potencialmente bioativos que os cladódios de palma apresentam, eles podem ser eficazes para o tratamento e/ou prevenção de DCNTs (TAJIMA et al., 2019).

Na alimentação humana, a palma é tradicionalmente usada no México, desde o Império Asteca, em mais de 200 preparações culinárias, sendo também consumida como alimento exótico nos Estados Unidos e em alguns países europeus e asiáticos (EL-MOSTAFA et al., 2014). No Brasil, no semiárido baiano, frutos e cladódios de palma estão sendo comercializados como fontes de alimento humano, embora de maneira ainda muito sutil (ALBUQUERQUE et al., 2019). Na Paraíba, a cultura da palma é apoiada pelo Projeto "*Palmas para o Semiárido*", que traz informações aos produtores rurais sobre seu potencial agroeconômico, bem como sobre suas diversas aplicações, desde seu uso na alimentação animal até a produção agroindustrial, como a elaboração de cosméticos, doces, sucos, vinhos, licores, iogurtes, entre outros (LIMA et al., 2012).

No entanto, é importante ressaltar que a remoção dos seus acúleos (espinhos) para o uso dos cladódios de palma na alimentação humana, resulta em alterações fisiológicas e químicas que levam a modificações em suas propriedades funcionais, bem como na redução da sua vida útil (VENTURA-AGUILAR et al., 2017). Nesse

sentido, este vegetal pode ser utilizado como matéria-prima na elaboração de outros produtos com alegação funcional, como bebidas, em decorrência de seu sabor refrescante e pela sua classificação de alimento saudável (DICK et al., 2020; ARUWA et al., 2019; DU TOIT et al., 2018).

Entretanto, o uso padrão do tratamento térmico de pasteurização a nível industrial em bebidas, com o intuito de prolongar a sua vida útil, resulta na perda de nutrientes termossensíveis. Nesse âmbito, a literatura tem reportado o uso de tecnologias emergentes, como o ultrassom, como uma alternativa para preservar o potencial nutricional e a vida de prateleira dos alimentos (DE SANTIAGO et al., 2018).

2.3 TRATAMENTO COM ULTRASSOM

A preferência do consumidor por alimentos saudáveis tem levado os fabricantes a explorar tecnologias alternativas para preservar as propriedades organolépticas e nutricionais dos alimentos que podem vir a ser perdidas durante o processamento térmico tradicional de pasteurização (DE SANTIAGO et al., 2018). Os componentes mais afetados são geralmente os compostos solúveis (açúcares, minerais, vitamina C e fenólicos), enquanto que, proteínas, lipídios e fibras apresentam alta retenção. Vale ressaltar ainda que as perdas destes fitoquímicos estão diretamente relacionadas à diminuição da capacidade antioxidante (GOMES et al., 2017; SILVA et al., 2020).

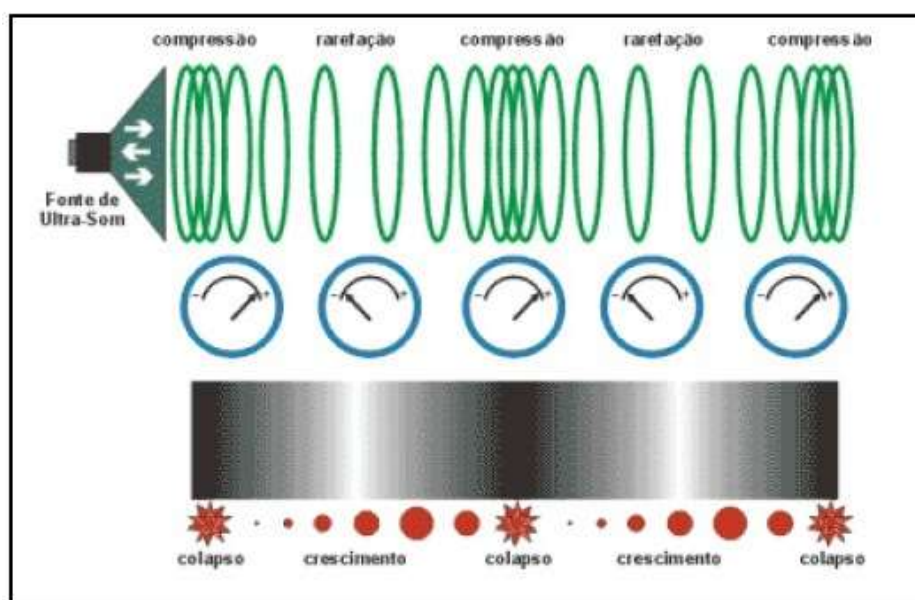
Nessa conjuntura, tem sido demonstrado que o ultrassom é uma ferramenta eficaz para o processamento de alimentos em laboratório e em escala industrial, sendo as variáveis mais importantes nesta técnica: temperatura, tempo de tratamento do produto, potência sonora e frequência. No processo comercialmente bem-sucedido, uma frequência de 20 ou 40 kHz é preferida (RODRÍGUEZ-ROQUE et al., 2020).

Embora o processamento ultrassônico venha sendo praticado por muito tempo, a sua aplicação em alimentos líquidos, como sucos de frutas e leite, é muito mais recente (SWAMY; MUTHUKUMARAPPAN; ASOKAPANDIAN, 2018) e tem demonstrado manter a segurança microbiológica das bebidas com um prazo de validade melhorado e excelentes parâmetros de qualidade em comparação com as bebidas não tratadas e processadas termicamente por pasteurização (GUIMARÃES et al., 2019; KHANDPUR; GOGATE, 2016).

Neste âmbito, a tecnologia emergente de sonicação utilizando o ultrassom se baseia no fenômeno de cavitação (Figura 2), que consiste em processos físicos de criação, ampliação e implosão de microbolhas de gases dissolvidas no líquido pela compressão e descompressão de moléculas que constituem o meio. O colapso destas estruturas resulta em geração de energia, podendo aumentar a reatividade química no meio (LIU et al., 2016).

A sonicação é reconhecida como uma técnica potencial para melhorar a qualidade dos sucos de frutas e a literatura tem reportado vários estudos nessa área. Por exemplo, em um estudo realizado por Aadil et al. (2013), observou-se que o suco de laranja tratado com sonicação por ultrassom apresentou melhora significativa em sua capacidade antioxidante total, ácido ascórbico e fenólicos totais, mas não houve alterações na acidez, pH e °Brix. Algumas diferenças nos valores de cor também foram observadas, mas a qualidade geral do suco foi melhorada, sugerindo que a técnica de sonicação por ultrassom pode ser implementada com sucesso em escala industrial para o processamento desta bebida.

Figura 2 - Formação de bolhas de cavitação em decorrência do uso de ultrassom.



Fonte: Alfatest, 2007.

Em outro estudo, um suco funcional de cenoura com extrato aquoso de polpa e casca de laranja submetido ao tratamento de sonicação utilizando o ultrassom mostrou melhoras significativas na concentração de compostos fenólicos totais e

atividade antioxidante quando comparado ao submetido ao tratamento de pasteurização (ADIAMO et al., 2018). O mesmo foi observado para suco de groselha (ORDÓÑEZ-SANTOS; MARTÍNEZ-GIRÓN; ARIAS-JARAMILLO, 2017) e de maçã, confirmando que o tratamento com ultrassom pode ser utilizado com sucesso para melhorar a qualidade e segurança durante o processamento destes produtos, do ponto de vista da saúde do consumidor (ABID et al., 2013).

O tratamento com ultrassom também pode atuar diretamente ampliando a vida útil das bebidas, a exemplo de um suco de figo da Índia no qual a presença de microrganismos patogênicos não foi detectada durante dois dias de armazenamento, e os parâmetros de pH, acidez e sólidos solúveis não foram afetados (CRUZ-CANSINO et al., 2016). Em suco de maçã foi observada uma redução significativa no número de células vegetativas de *A. acidoterrestris* El DSM 3922 assim como ocorreu a inativação completa do crescimento de bolores e leveduras (JAMBRAK et al., 2018).

A literatura reporta outros exemplos dos efeitos do uso de ultrassom durante o armazenamento. Verificou-se que, durante o período de 90 dias de armazenamento à temperatura refrigerada, utilizando a técnica de ultrassom em uma mistura de suco de cenoura e uva, foi obtido um efeito positivo sobre a sua qualidade nutricional, uma vez que melhorou a concentração de compostos fenólicos, o poder redutor e suas propriedades antioxidantes de maneira significativa com o aumento no tempo de sonicação. Neste sentido, o ultrassom pode ser utilizado com sucesso para o tratamento de bebidas com melhores atributos nutricionais do ponto de vista do consumidor (NADEEM; UBAID; MEHMOOD, 2018).

A mudança de cor devido ao escurecimento enzimático é o maior problema encontrado em bebidas de frutas e vegetais e as enzimas envolvidas nesse processo são a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) (ABID et al., 2014). Nesse contexto, o ultrassom é um método de processamento de alimentos que também pode resultar na inativação enzimática, atuando na inativação das enzimas PPO e POD para melhor retenção de cor e aumento da vida de prateleira, uma vez que a cor atraente é um dos atributos de qualidade mais importantes dos produtos e afeta fortemente a aceitação e a preferência do consumidor, como observado em suco de *bayberry* (CAO et al., 2018). Portanto, a tecnologia de ultrassom possibilita a obtenção de um alimento de qualidade sensorial e com potencial funcional, uma vez que preserva os seus compostos bioativos (RODRÍGUEZ-ROQUE et al., 2020; SILVA et al., 2020).

2.4 PESQUISAS SENSORIAIS COM ALIMENTOS FUNCIONAIS E CONSUMIDORES DE BAIXA RENDA

Alimentos funcionais não tradicionais, como a palma, estão diretamente relacionados com a demanda por alimentos sustentáveis e uma maior consciência de saúde e bem-estar, bem como com outras mudanças sociais, que criam oportunidades para desenvolver novos alimentos (SCHIFFERSTEIN, 2020). No entanto, os consumidores são programados desde a infância para preferir alimentos familiares, e as variações individuais determinam as respostas à novidade (COULTHARD et al., 2021). Nesse contexto, o lançamento de novos alimentos requer um conhecimento profundo da percepção do produto e das características do consumidor, que determinarão a sua rejeição ou aceitação (JÜRKENBECK e SPILLER, 2021; TUORILA e HARTMANN, 2020).

A identificação de barreiras e motivadores da aceitação de novos alimentos requer uma medição adequada. São necessárias escalas validadas para medir disposições e estados mentais ou processos relacionados à aceitação de alimentos. Ferramentas para medir traços mentais são o primeiro passo, e a pesquisa pode ir além, com projetos experimentais ambiciosos e coleta de dados qualitativos e quantitativos (PAMBO et al., 2018), considerando o contexto social da população de estudo (RAKOTOSAMIMANANA e DE KOCK, 2020; ALBUQUERQUE et al., 2019).

A fim de resolver questões sociais relacionadas à alimentação, é preciso desenvolver diferentes abordagens alinhadas com os objetivos de longo prazo das pessoas, proporcionando assim, benefícios para a sociedade e o meio ambiente (MORA et al., 2020; SCHIFFERSTEIN, 2020). Os consumidores de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional têm sido menos estudados, embora a pobreza afete bilhões de seres humanos que são multidimensionalmente pobres. Nesse sentido, pesquisas futuras podem lançar luz sobre negócios inclusivos (GÓMEZ-CORONA, 2020).

Pessoas de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional enfrentam vários fatores que moldam a qualidade de suas vidas, incluindo não apenas a privação física e dor, exclusão, marginalização, ansiedade e medos sobre o futuro (BLOCKER et al., 2013), mas também fatores relacionados à saúde, como a má qualidade do trabalho e a ameaça de violência. Essas condições diferenciam essa população

daquelas com altos recursos econômicos e desempenham um papel importante na introdução de novos alimentos e na realização de análises sensoriais nessas comunidades de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional (SCHIFFERSTEIN, 2020; GÓMEZ-CORONA, 2020).

O conhecimento do padrão de escolha alimentar de uma população é fundamental para o estabelecimento de perfis nutricionais e epidemiológicos, bem como para o controle do mercado de alimentos, além de auxiliar no gerenciamento dos estoques de alimentos básicos (CABRAL; CUNHA; DE ALMEIDA, 2019). Nesse contexto, o *Food Choice Questionnaire* (FCQ), questionário de escolha alimentar, é uma ferramenta que contém 36 itens que representam características de busca, experiência e credibilidade relacionadas aos atributos intrínsecos e extrínsecos dos alimentos que motivam os consumidores a fazerem escolhas alimentares em geral (CUNHA et al., 2018).

O FCQ envolve nove dimensões motivacionais (fatores): 1. 'Saúde' (bem-estar), 2. 'Humor', 3. 'Conveniência', 4. 'Apelo sensorial', 5. 'Conteúdo natural', 6. 'Preço', 7. 'Controle de peso' (aspecto nutricional e dieta), 8. 'Familiaridade' e 9. 'Preocupação ética' (FOTOPOULOS et al., 2009). Em um estudo realizado no Reino Unido, Steptoe, Pollard e Wardle (1995) relataram que o apelo sensorial, a saúde, a conveniência e o preço são classificados como os fatores mais importantes entre os motivos da escolha alimentar. No entanto, 77% dos consumidores do Malawi indicaram que o valor da saciedade ('satisfação da fome') dos alimentos era muito importante para eles. Enquanto que, o apelo sensorial não foi considerado o motivo mais importante de escolha alimentar, o que corroborou que a presença de diferenças nas escolhas alimentares impulsiona os consumidores devido a fatores demográficos e socioeconômicos (GAMA; ADHIKARI; HOISINGTON, 2018).

Embora muito esforço seja feito para abordar o custo, a segurança e a qualidade nutricional dos alimentos para consumidores economicamente vulneráveis, pesquisas com foco específico na aceitação, preferência e padrão alimentar dessa população são escassas. Estudos de consumidores com indivíduos subnutridos ou vulneráveis demonstraram claramente a importância de realizar tais pesquisas para formular alimentos adaptados a esses mercados-alvo. Além disso, esses estudos são importantes para o combate à insegurança alimentar e nutricional, além das DCNTs (RAKOTOSAMIMANANA; DE KOCK, 2020).

2.5 DISLIPIDEMIAS

A dislipidemia é caracterizada por aumento do colesterol plasmático total (CT), lipoproteína de baixa densidade (LDL), triglicerídeos (TG) e baixos níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL) (SHARIFI-RAD et al., 2020), e pode estar relacionada a dano oxidativo no organismo (MILJKOVIC et al., 2018), doença hepática gordurosa não alcoólica (DHGNA), em que há um acúmulo de gordura no fígado (TAJIMA et al., 2019), e aterosclerose (MALLONE et al., 2018). Essa condição clínica de causa multifatorial representa um dos fatores de risco mais importantes para doenças cardiovasculares, associada a uma alta taxa de mortalidade na população em geral (SHARIFI-RAD et al., 2020; XINYU et al., 2019).

O uso de medicamentos para seu controle causa inúmeros efeitos indesejáveis e, por isso, estudos têm sido realizados para substituí-los (TAJIMA et al., 2019; ALGHAMDI et al., 2018). Nesse sentido, modelos animais com dislipidemia induzida pelo consumo de dieta hiperlipídica rica em colesterol e ácidos graxos saturados e *trans* têm sido utilizados para melhor mimetizar essa doença em humanos como forma de demonstrar alternativas de prevenção e tratamento (Quadro 1).

Quadro 1 - Modelos animais (roedores) de indução à dislipidemia mediante consumo de dietas.

Referência	Modelo animal	Idade e/ou peso do animal	Período de indução	Fontes lipídicas da dieta
Kumar; Bhandari; Jamadagni (2014)	Ratos <i>Wistar</i> – fêmeas	10 semanas, 150-200 g	4 semanas	Óleo de amendoim (2,5%) e sebo (19%)
Leffa et al. (2014)	Camundongo Swiss albino – machos	5-6 semanas, 25 ± 0.5 g	13 semanas	Gorduras saturadas (23,73% – oriundas de biscoitos de chocolate, bolachas, marshmallows, salsichas, salgadinhos de queijo, lascas de bacon, Doritos®, doces de amendoim, refrigerantes, entre outros)

Tzeng et al. (2014)	Hamsters Syrian Golden – machos	8 semanas, 90 ± 10 g	14 dias	Óleo de milho (11,5%), óleo de coco (11,5%), colesterol sintético (0,5%)
Jahangiri et al. (2015)	Ratos <i>Wistar</i> – machos	220-270 g	6 semanas	Gordura de cauda de ovelha derretida (15%), colesterol (2%)
He et al. (2016)	Hamsters Syrian golden – machos	5 semanas, 100 ± 10 g	8 semanas	Banha (10%), pó de gema de ovo (10%) e colesterol (1%)
Hu et al. (2016)	Ratos <i>Wistar</i> – machos	180-220 g	9 semanas	Colesterol (3,5%), óleo animal (10%)
Tveden-Nyborg et al. (2016)	Cobaías – fêmeas	12 semanas	16 semanas	Óleo de coco (18 %), óleo de soja (0,5%), colesterol sintético (0,35%)
Zhou et al. (2017)	Ratos Sprague-Dawley – machos	10 semanas, 200 ± 20 g	4 semanas	Colesterol (1%), banha (10%), pó de gema (5%)
Batista et al. (2018)	Ratos <i>Wistar</i> – fêmeas	90 dias	2 semanas	Banha (6%), gordura vegetal não hidrolisada (5%), colesterol (1%)

Fonte: o autor, 2021.

O controle da dislipidemia também pode ser alcançado por meio de cuidados dietéticos associados a mudanças no estilo de vida e exercícios físicos. No entanto, o consumo de alimentos funcionais é reconhecido como a intervenção mais importante na prevenção e tratamento da dislipidemia (TAJIMA et al., 2019). Assim, um alimento com potencial funcional corresponde à alegação relacionada ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do corpo humano, apresentando efeito benéfico à saúde e reduzindo os riscos de desenvolvimento de DCNTs (WHO, 2020; KAUR et al., 2015).

2.6 EFEITOS DO CONSUMO DA PALMA EM ANIMAIS

Sabendo que a palma é um alimento que apresenta elevado potencial funcional devido à sua composição nutricional, mais precisamente à presença de compostos

bioativos, a literatura reporta vários estudos sobre a biodisponibilidade e efeitos da administração desse alimento em modelo animal (Quadro 2).

Quadro 2 - Estudos em modelos animais sobre o consumo de palma e seus efeitos à saúde.

Referência	Parte da palma utilizada e origem	Modelo animal	Dieta administrada e período	Principais resultados
Sánchez-Tapia et al. (2017)	Cladódios de palma desidratados (México)	Ratos machos da linhagem <i>Wistar</i>	Dieta rica em gordura durante 4 semanas	↓endotoxemia metabólica, ↓lipogênese, ↓esteatose hepática e estresse oxidativo no tecido adiposo e no cérebro.
Hernandez-Becerra et al. (2020)	Minerais dos cladódios de palma (México)	Ratos machos da linhagem <i>Wistar</i>	Dieta AIN-93M* rica em minerais da palma durante 4 semanas	↑formação óssea, ↑níveis de osteocalcina.
Cárdenas et al. (2019)	Mucilagem extraída da palma (México)	Ratos machos da linhagem <i>Wistar</i>	Dieta rica em frutose	↓triglicerídeos e pressão arterial diastólica.
Moran-Ramos et al. (2017)	Cladódios de palma desidratados (México)	Ratos <i>Sprague-Dawley</i> machos	Dieta rica em gordura durante 10 semanas	↓biomarcadores de inflamação intestinal e estresse oxidativo, modificou composição da microbiota intestinal, ↑diversidade microbiana e a fermentação cecal.
Harrat et al. (2019)	Fruto da palma – Figo da Índia (Argélia)	Ratos machos da linhagem <i>Wistar</i> diabéticos	Dieta rica em gordura durante 4 semanas	↓pressão arterial e homeostase da glicose, aumentando a atividade ↓peroxidação lipídica, ↑defesa antioxidante enzimática.

Cysneiros et al. (2019)	Farinha de cladódio de palma (México)	Ratos machos da linhagem <i>Wistar</i>	Dieta estilo ocidental durante 15 semanas	↓parâmetros de risco para a ocorrência de síndromes metabólicas.
Héliès-Toussaint et al. (2020)	Farinha de cladódio de palma (México)	Ratos <i>Sprague-Dawley</i> machos	Dieta rica em gordura durante 8 semanas	↓triglicerídeos e glicose, ↓ganho de peso corporal e os pesos de gordura abdominal e hepática, ↑excreção de triglicerídeos nas fezes.

*AIN-93M = Dieta de Manutenção do Instituto Americano de Nutrição.

Fonte: o autor, 2021.

Como é possível observar no quadro acima, a maioria dos estudos realizados em modelo animal utiliza a palma mexicana. Nesse contexto, e sabendo que a composição nutricional da palma varia de acordo a fatores intrínsecos e extrínsecos (VENTURA-AGUILAR et al., 2017), corroboramos a importância do presente estudo com a palma brasileira.

3 HIPÓTESES

- A bebida de palma brasileira submetida ao tratamento ultrassônico (BPU) como alternativa à pasteurização apresenta melhor controle de qualidade e aspectos nutricionais e sensoriais, desde a sua produção até o seu consumo, resultando em um produto com potencial tecnológico destacado.
- A BPU, apesar de ser um alimento não tradicional, apresenta boa aceitabilidade entre consumidores de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional, resultando em um produto com potencial comercial destacado.
- A BPU melhora, em modelo animal dislipidêmico, parâmetros bioquímicos, de modulação intestinal e histológicos, resultando em um produto com potencial funcional destacado.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o potencial tecnológico, comercial e funcional '*in vitro*' e '*in vivo*' de uma bebida de palma brasileira (*Opuntia ficus-indica*) tratada com ultrassom.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

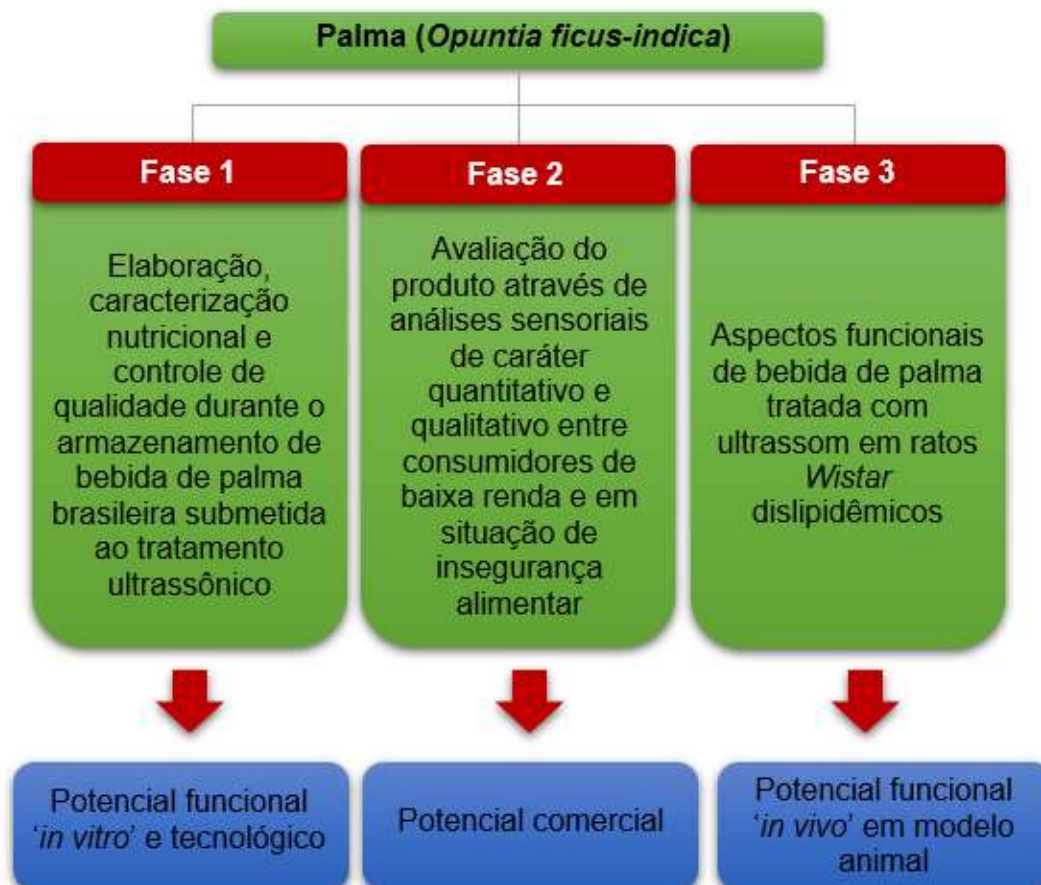
- Produzir, a partir de cladódios de palma, uma bebida tratada com sonicação por ultrassom e caracterizar nutricionalmente o produto obtido;
- Avaliar o padrão de qualidade da bebida ao longo de sua vida de prateleira: parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais;
- Avaliar o potencial comercial do produto através de análises sensoriais de caráter quantitativo e qualitativo entre consumidores de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional;
- Estudar '*in vivo*' o efeito do consumo da BPU sobre os parâmetros bioquímicos em modelo animal dislipidêmico;
- Avaliar '*in vivo*' os efeitos do consumo da BPU, no que concerne ao potencial modulador da saúde dos animais.

5 MÉTODOS

5.1 AMOSTRAS E LOCAIS DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Os cladódios foram provenientes da cidade de Algodão de Jandaíra/Paraíba (Latitude: 6°48'40"S, Longitude: 35°54'55"W), na região semiárida do Nordeste do Brasil, sendo estes colhidos 45 dias após a brotação no período matutino às 6–7 horas durante abril a junho de 2019. Os critérios de seleção para os cladódios foram uniformidade da cor verde original, tamanho (20-25 cm), e ausência de fisiopatias. Em seguida, eles foram lavados e desinfetados usando uma solução clorada a 200 ppm. Depois, os espinhos dos cladódios foram removidos manualmente e estes foram cortados em cubos, seguido de imersão em água com um punhado de sal por 30 min para remover o excesso de mucilagem. O presente trabalho foi dividido em três fases (Figura 3), sendo estas realizadas nos locais mencionados no Quadro 3.

Figura 3 - Fluxograma metodológico da pesquisa.



Fonte: o autor, 2021.

Quadro 3 - Locais de realização da pesquisa.

Etapas	Local de realização	Análises realizadas
1	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Elaboração, tratamentos e análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais das bebidas.
	Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	Perfil fenólico e composição mineral.
	Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina (IF SERTÃO-PE)	Açúcares, ácidos orgânicos e oligossacarídeos.
	Universidad Autónoma Metropolitana – México (UAM)	Estatística das análises sensoriais.
2	Algodão de Jandaíra - PB	Análise sensorial e entrevista.
	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Análise dos dados.
	Universidad Autónoma Metropolitana – México (UAM)	Estatística das análises sensoriais com análise fatorial múltipla.
3	Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	Ensaio biológico, análises bioquímicas, parâmetros oxidativos, análises microbiológicas, polissacarídeos não digeríveis e análise histológica.
	Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina (IF SERTÃO-PE)	Perfil fenólico e ácidos orgânicos.
	Universidad Autónoma Metropolitana – México (UAM)	Estatística com análise fatorial múltipla.

Fonte: o autor, 2021.

5.2 FASE 1 - ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E CONTROLE DE QUALIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO DE BPU

Os experimentos foram realizados em triplicata e em duas etapas: primeiro, estudou-se os aspectos físico-químicos e nutricionais dos cladódios e das bebidas de palma brasileira, com o objetivo principal de avaliar o impacto do ultrassom sobre os compostos bioativos; e segundo, avaliou-se os aspectos de qualidade durante o armazenamento das bebidas, principalmente dos parâmetros nutricionais, microbiológicos e sensoriais.

5.2.1 Elaboração da bebida

Os cladódios de palma, após os processos de seleção, lavagem, desinfecção e retirada dos acúleos (espinhos), foram triturados em extrator de sucos comercial (Skymssen ©, modelo EXB-N INOX, Brasil) durante 5 minutos considerando uma razão de 3:1 entre palma e água (densidade = $1,075 \pm 0,12$), pois esta foi a proporção que apresentou os melhores resultados em termos de aparência, consistência e uniformidade da bebida, considerando a mucilagem remanescente e a matriz deste vegetal. A bebida foi posteriormente submetida aos tratamentos térmico e ultrassônico. Vale ressaltar ainda que a mesma não foi peneirada, uma vez que se almejava preservar as fibras dietéticas. Também não foi adicionado nenhum tipo de adoçante, com o intuito de mantê-la o mais natural possível.

5.2.2 Tratamentos da bebida

Cinco bebidas foram processadas em diferentes condições: controle sem tratamento (C0), bebida submetida a tratamento térmico por 10 min (HP10), e bebidas submetidas a tratamento ultrassônico por 10 (US10), 20 (US20) e 40 (US40) minutos (Tabela 1). Um estudo piloto foi realizado antes do experimento e as condições de tratamento foram determinadas conforme relatado por Ordóñez-Santos et al. (2017) para uma bebida vegetal submetida aos tratamentos térmico e ultrassônico usando as mesmas condições de tempo, temperatura, frequência e potência ultrassônica.

Tabela 1 - Plano de tratamento das amostras de bebida de palma brasileira.

Código	Tratamento
C0	-
HP10	80 °C por 10 minutos em banho-maria
US10	30 °C por 10 minutos em banho ultrassônico
US20	30 °C por 20 minutos em banho ultrassônico
US40	30 °C por 40 minutos em banho ultrassônico

Fonte: o autor, 2021.

C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

A bebida HP10 foi submetida ao tratamento térmico a uma temperatura de 80 °C por 10 min usando um equipamento de banho-maria digital (SolidSteel®, modelo SKU SSD 5L 110, São Paulo, Brasil) para possibilitar pelo menos 5 reduções logarítmicas na contagem microbiana. As amostras utilizadas para o tratamento com ultrassom foram tratadas em um sistema de banho ultrassônico com termostato (Unique ©, modelo USC-2850A, São Paulo, Brasil) com uma frequência de 42 kHz, potência ultrassônica de 240 W e densidade de potência de 0,218 W.mL⁻¹, calculada a partir do método calorimétrico descrito por Minjares-Fuentes et al. (2014). O tratamento foi realizado em um modo contínuo e a temperatura das amostras foi controlada por um sistema de recirculação de água a 30 ± 2 °C (VWR Scientific Model 1166, Niles, IL). A temperatura máxima alcançada durante os diferentes tratamentos com ultrassom foi de 34 ± 2 °C. Os tratamentos térmico e ultrassônico foram realizados no escuro para evitar qualquer possível interferência da luz. As bebidas tratadas foram imediatamente resfriadas por imersão em um banho de gelo-água após os tratamentos e armazenadas em garrafas de plástico polipropileno (300 mL) a 4 °C por 28 dias para as análises posteriores.

5.2.3 Etapa 1 - Aspectos físico-químicos e nutricionais dos cladódios de palma brasileira e das bebidas

Os cladódios e as bebidas foram analisados quanto à acidez, pH, sólidos solúveis totais (SST), composição proximal, ácido ascórbico, atividade antioxidante por ABTS e DPPH, e compostos fenólicos totais. Os conteúdos de açúcares, ácidos orgânicos e oligossacarídeos, perfil fenólico e composição mineral das bebidas também foram determinados.

5.2.3.1. Acidez, pH, SST e composição proximal

A acidez foi determinada pelo método titulométrico e os resultados foram reportados em g de ácido cítrico.100 mL⁻¹, uma vez que este foi o ácido predominantemente encontrado nos cladódios da palma brasileira. O pH foi obtido por determinação potenciométrica em um potenciômetro (Q400A, Quimis, São Paulo, Brasil), e os SST foram medidos diretamente em um refratômetro digital portátil (Reichert Technologies, EUA) (AOAC, 2016). Os carboidratos foram determinados

pelo método colorimétrico de antrona (TREVELYAN e HARRISON, 1952), proteínas pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2016), e lipídios pelo método de Folch (FOLCH et al., 1957). As fibras dietéticas foram determinadas pelo método enzimático-gravimétrico (PROSKY et al., 1992). O valor energético total (VET) foi calculado considerando os fatores de conversão de Atwater de 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e de 9 kcal/g para lipídios.

5.2.3.2. Açúcares e ácidos orgânicos

Todas as análises de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) foram realizadas em um sistema de cromatografia líquida Agilent 1260 Infinity LC (Agilent Technologies, CA, EUA) acoplado a um Detector de Índice de Refração - RID (modelo G1362A) e um detector de matriz de diodos-DAD (modelo G1315D). O processamento de dados foi realizado no programa de software OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, CA, EUA).

Os ácidos orgânicos e açúcares individuais foram determinados usando HPLC-DAD/RID (COELHO et al., 2018). Uma alíquota de 500 µL da amostra foi diluída em 1,0 mL de água ultrapura e, em seguida, filtrada através de um tubo de 0,45 µm de membrana de náilon (Allcrom-Phenomenex, Torrance, CA, EUA), e um volume de 10 µL foi injetado ao equipamento. Os compostos foram separados em uma coluna de troca iônica Agilent Hi-Plex H (300 × 7,7 mm) com partículas de 8,0 µm protegidas por uma pré-coluna PL Hi-Plex H (5 × 3 mm) (Agilent Technologies). A temperatura do compartimento da coluna foi mantida a 70 °C e a célula de fluxo foi mantida a 50 °C. A taxa de fluxo aplicada foi de 0,6 mL.min⁻¹ com um tempo de execução de 20 minutos. A fase móvel foi 4,0 mmol L⁻¹ H₂SO₄ em água ultrapura. Os açúcares foram detectados por RID, enquanto que, os ácidos orgânicos foram detectados usando um DAD em um comprimento de onda de 210 nm. Padrões externos foram injetados para obter o tempo de retenção para cada composto e as curvas de calibração. Todos os compostos quantificados apresentaram curvas de calibração com R² > 0,995. Os padrões externos de glicose e frutose foram obtidos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA), e a maltose foi obtida da Chem Service (West Chester, PA, EUA). Os ácidos cítrico, málico, succínico e fórmico foram obtidos a partir de Química Vetec (Rio de Janeiro, Brasil), todos com grau de pureza ≥ 98%.

5.2.3.3. Oligossacarídeos

Os oligossacarídeos foram determinados por HPLC-RID (LIMA et al., 2019). As amostras foram previamente diluídas em água ultrapura filtrada através de uma membrana de PTFE de 0,45 µm (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil) e um volume de 20 µL foi injetado. Os compostos foram separados em uma coluna C18 Synergi™ Hydro-RP com tampa de extremidade polar (150 × 4,6 mm, 4 µm) (Phenomenex, Torrance, CA, EUA) protegida por uma pré-coluna Zorbax (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) a uma temperatura de 35 °C. O fluxo de solvente usado para separar os compostos foi de 0,7 mL.min⁻¹ com um tempo de execução de 21 min. O gradiente usado foi de 0–8 min: 100% A; 8–9 min: 80% B; 9–12 min: 80% B; 12–13 min: 100% A; 13–21 min: 100% A (fluxo taxa de 1,5 mL min⁻¹); o solvente A foi água ultrapura e o solvente B usado foi acetonitrila. A temperatura na célula RID foi mantida a 35 °C. Padrões externos de oligossacarídeos 1-kestose, nystose e rafinose foram obtidos na Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA). Todos os oligossacarídeos quantificados apresentaram curvas de calibração com $R^2 > 0,998$.

5.2.3.4. Atividade antioxidante por ABTS e DPPH, ácido ascórbico e compostos fenólicos totais

Primeiramente foram obtidas amostras de extrato metanólico por hidrólise ácida (ROSS et al., 2009). As absorbâncias foram medidas em um espectrofotômetro (Biospectro SP-22 Curitiba, Brasil) para analisar a atividade antioxidante por ABTS 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) e DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) em comprimentos de onda de 734 nm (RE et al., 1999) e 517 nm (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), respectivamente. O radical ABTS •⁺ foi formado por uma reação química com o potássio persulfato em uma razão estequiométrica de 1:0,5. Uma vez formado, o radical ABTS •⁺ foi diluído em etanol até uma medição de absorbância de 0,70 (± 0,02) a uma temperatura de equilíbrio de 30 °C. Uma alíquota de 980 µL do radical diluído foi transferida para uma cubeta e 20 µL da amostra diluída foi adicionada. A absorbância foi medida nos tempos de 1, 4 e 7 min após a adição da amostra. A solução radical DPPH • de 100 µM (3,9 mL) foi dissolvida em metanol a 80%. Em seguida, 0,1 mL da amostra ou padrão foi adicionada, sendo cuidadosamente homogeneizada e mantida no escuro em temperatura ambiente por

30 min. A absorbância foi medida antes de adicionar a amostra (A0) e após adicionar a amostra em 30 e 60 min de reação (Af).

A concentração de ácido ascórbico foi determinada usando o método titulométrico de Tillman's (2,6-Diclorofenolindofenol de sódio) (AOAC, 2016). Os compostos fenólicos totais foram determinados usando o método de Folin Ciocalteu em um comprimento de onda de 765 nm e um espectrofotômetro (Biospectro SP-22, Curitiba, Brasil) (SINGLETON E ROSSI, 1965).

5.2.3.5. Perfil fenólico

Os compostos fenólicos individuais foram determinados seguindo a metodologia validada por Dutra et al. (2018). Análises cromatográficas foram realizadas usando um sistema Agilent 1260 Infinity LC (Agilent Technologies, Santa Clara-USA), cromatógrafo líquido acoplado a um DAD (modelo G1315D). Os dados foram processados usando o programa de software Open LAB CDS Chem Station Edition (Agilent Technologies, Santa Clara-EUA). Uma coluna Zorbax Eclipse Mais RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5 µm) e uma pré-coluna Zorbax C18 (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) foram usadas nas análises. A temperatura do forno foi ajustada para 35 °C com um volume de injeção de 20 µL da amostra, previamente diluída na fase A e filtrada através de uma membrana de 0,45 µm (Millipore, Barueri, São Paulo, Brasil). O fluxo de solvente foi de 0,8 mL min⁻¹. O gradiente usado na separação foi de 0-5 min: 5% B; 5-14 min: 23% B; 14-30 min: 50% B; 30-35min: 80% B. O solvente A usado foi uma solução de ácido fosfórico (0,1 M, pH = 2,0) e o solvente B foi metanol acidificado com 0,5% de H₃PO₄. Os compostos foram detectados em 220, 280, 320, 360 e 520 nm, e suas identificações e quantificações foram obtidas por comparação com padrões.

5.2.3.6. Composição mineral

As amostras foram carbonizadas e incineradas em uma mufla a 550 °C para determinar o perfil mineral. Em seguida, elas foram colocadas em um espectrômetro de fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX-720 Shimadzu, Osaka, Japão) (MEDEIROS et al., 2020).

5.2.3.7 Aspectos de qualidade durante a vida útil das bebidas

Os produtos foram submetidos a análises de qualidade nos dias 1, 7, 14, 21, e 28 do período de armazenamento refrigerado (4 °C).

5.2.3.7.1. Análise físico-química e nutricional

Acidez, pH, SST, ácido ascórbico e compostos fenólicos totais foram determinados de acordo com as metodologias mencionadas nos itens 5.2.3.1 e 5.2.3.4. A análise instrumental da cor foi realizada usando o sistema CIELab, onde L* (luminosidade), a* (verde-vermelho) e b* (azul-amarelo) foram medidos usando um colorímetro CR-400 (Minolta Co., Osaka, Japão) (ZAMBRANO-ZARAGOZA et al., 2014).

5.2.3.7.2. Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram selecionadas com base na legislação brasileira para bebidas não alcoólicas (BRASIL, 2001) e representam a base de indicadores de qualidade microbiológica. Os coliformes totais foram determinados através do teste presuntivo. *Salmonella*, microrganismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras foram quantificados de acordo com as técnicas de contagem em placa recomendada pela *American Public Health Association* (APHA, 2015). O inóculo foi preparado colocando as amostras das bebidas diretamente em cinco diluições de água peptonada tamponada e a diluição -3 foi usada para representar os resultados. Os resultados foram expressos em Log₁₀CFU.mL⁻¹.

5.2.3.7.3. Análise sensorial

O projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco sob registro número 3.007.651. Um total de 120 participantes não treinados e potenciais consumidores participaram do *Check-All-That-Apply* (CATA) e dos testes de aceitabilidade.

➤ CATA

Os termos incluídos na lista CATA foram selecionados após validação anterior pelo teste de Perfil *Flash* com um painel de 15 participantes treinados. Eles foram recrutados por meio de experiência em testes descritivos de diferentes alimentos, além de terem o hábito de consumir bebidas em geral. A análise descritiva teve como foco os atributos de aparência, aroma, sabor e textura, que são considerados os principais motivadores para a aceitabilidade nesta categoria de produto (JAEGER et al., 2020). A lista CATA foi então formulada com 15 termos após a análise dos resultados obtidos com os participantes treinados. A ordem de apresentação dos termos no teste CATA foi balanceado dentro e entre os consumidores (ARES et al., 2014).

➤ *Testes de aceitabilidade*

Depois de realizar o teste CATA, os participantes avaliaram as amostras de bebidas em seus atributos de aparência, cor, sabor, aroma, consistência e aceitação global usando uma escala hedônica de 9 pontos, onde 1 correspondeu a “Não gosto extremamente” e 9 correspondeu a “Gosto extremamente”. Uma escala hedônica estruturada de 5 pontos foi usada para avaliar a intenção de compra, onde 1 correspondeu a “Definitivamente não compraria” e 5 correspondeu a “Certamente compraria” (MEILGAARD et al., 1991).

5.3 FASE 2 – AVALIAÇÃO DO PRODUTO ATRAVÉS DE ANÁLISES COM CONSUMIDORES DE BAIXA RENDA E EM SITUAÇÃO DE INSEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

Esta fase foi realizada em duas etapas. Primeiramente, o apelo sensorial da bebida de palma foi avaliado antes e após a degustação, considerando a caracterização sensorial esperada e a real, respectivamente, distribuída em três grupos diferentes: Controle, Vantagens e Inconveniências. Na segunda etapa, o Questionário de Escolhas Alimentares (QEA) foi aplicado para saber mais sobre as expectativas, experiências e emoções envolvidas no padrão alimentar dessa população.

5.3.1 Participantes

Com a ajuda de lideranças locais, participaram do estudo 600 potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional, todos pertencentes à cidade de Algodão de Jandaíra - PB, usando um centro comunitário para realizar o estudo. Todo o experimento foi previamente explicado detalhadamente, sendo as dúvidas sanadas em simulações realizadas de forma a deixar os participantes confortáveis e confiantes durante o experimento. Da mesma maneira, eles foram auxiliados por um instrutor durante todo o teste. O tamanho mínimo necessário da amostra foi determinado matematicamente usando a seguinte fórmula, conforme descrito por Smith (2013) e usado por Gama et al. (2018), considerando um nível de confiança de 95% (score Z = 1,96), um desvio-padrão de 0,5 e uma margem de erro de $\pm 5\%$:

$$\text{Tamanho amostral requerido} = \frac{(\text{score Z})^2 \times \text{desvio-padrão} \times (1 - \text{desvio-padrão})}{(\text{margem de erro})^2}$$

Como resultado, o tamanho mínimo da amostra exigida foi de, pelo menos, 385 participantes. O critério de inclusão foi ter participado de um estudo anterior utilizando a Escala Brasileira de Medição de Insegurança Alimentar e Nutricional Doméstica (SEGALL-CORRÊA et al., 2014), para confirmar que se tratava de participantes de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional. O Critério de Classificação Econômica Brasileira (CCEB) da Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP) foi utilizado para classificar os participantes como de baixa renda. Esta classificação tem um sistema de atribuição de pontos em função da posse de bens do agregado familiar e do nível de escolaridade do chefe da família, que estima as classes econômicas através do somatório destes pontos definidos como A1, A2, B1, B2, C1, C2, D e E (DINEGRI et al., 2021). Os participantes do presente estudo pertenciam às classes D e E, com renda familiar média inferior a R\$ 813,56 (ABEP, 2019). Doenças crônicas autorreferidas e idade inferior a 18 anos foram critérios de exclusão.

Os dados sociodemográficos dos participantes, como tamanho da família, idade, renda familiar, sexo, maior nível de escolaridade, estado civil e ocupação, foram obtidos por um questionário na presença dos pesquisadores. Por fim, os participantes

foram distribuídos aleatoriamente em três grupos, um controle e dois tratamentos, com 200 sujeitos em cada grupo totalizando 600 voluntários.

5.3.2 Tratamentos

O Grupo 1 (Controle) recebeu apenas informações básicas sobre processamento e características de segurança da bebida de palma brasileira. Além dessas informações básicas, o grupo 2 (Tratamento 1: Vantagens) recebeu ainda informações detalhadas sobre os benefícios nutricionais do consumo da palma, bem como sobre outros benefícios econômicos e ambientais do seu consumo, como, por exemplo, como a bebida de palma possui nutrientes importantes que podem ajudar a prevenir e/ou tratar doenças, além de ser abundantemente encontrada na região, o que reduz o custo de sua produção e favorece o meio ambiente (ALBUQUERQUE et al., 2021). O Grupo 3 (Tratamento 2: Inconveniências) recebeu informações sobre os atributos sensoriais incomuns ao consumir a palma, como o sabor e odor herbáceo e a consistência pastosa resultante da presença de mucilagem, além da cor verde escura geralmente estar associada a um sabor desagradável (ALBUQUERQUE et al., 2019).

5.3.3 Etapa 1: Apelo sensorial antes e depois da degustação

A bebida foi preparada conforme detalhado no item 5.2.1., sendo esta analisada antes e após a degustação para observar a caracterização sensorial esperada e real, respectivamente, considerando os três grupos: Controle, Vantagens e Inconveniências. Os indivíduos mediram a aceitação global da bebida e os atributos de aparência, aroma, sabor e textura, que são considerados os principais motivadores para a aceitabilidade nesta categoria de produto (JAEGER et al., 2020). A aceitação global referiu-se ao quanto a bebida agradou ao participante, enquanto que, a Escala de Avaliação de Ação Alimentar (EAAA) se referiu à intenção de incluir este produto em sua rotina alimentar. O atributo nutritivo também foi adicionado para observar a influência do efeito da informação entre os tratamentos antes e após a degustação. Uma escala hedônica de 10 pontos com 1 sendo “Desgostei muitíssimo” e 10 “Gostei muitíssimo” foi usada para a avaliação sensorial. Esta escala foi escolhida por ser o sistema de classificação usado para muitas questões no Brasil (HARADA-PADERMO

et al., 2021; SALDAÑA et al., 2020; SOUSA; CARVALHO; PEREIRA, 2020). Por exemplo, as provas das crianças nas escolas são classificadas de 1 a 10, e essa mesma escala é usada para pontuar concursos de dança na TV e performances de jogadores de futebol. Essas associações são importantes quando realizamos estudos com potenciais consumidores de baixa renda (SOSA et al., 2008).

A escala EAAA desenvolvido por Schutz (1965) foi usada para avaliar a intenção de incluir a palma em sua rotina alimentar antes (expectativas) e depois (realidade) da degustação. Esta é uma escala de classificação de ação alimentar de categoria sucessiva de 9 pontos, onde: 9 - “Eu beberia isso em todas as oportunidades que tivesse”, 8 - “Eu beberia isso com muita frequência”, 7 - “Eu beberia isso frequentemente”, 6 - “Gosto disso e beberia de vez em quando”, 5 - “Beberia isso se tivesse mas não sairia do meu caminho para comprá-lo”, 4 - “Não gosto disso, mas beberia em alguma ocasião”, 3 - “Difícilmente beberia isso”, 2 - “Beberia isso se não houvesse outra escolha alimentar”, 1 - “Só beberia se fosse forçado”.

5.3.4 Etapa 2: Questionário de Escolhas Alimentares (QEA)

Todos os 600 participantes responderam ao QEA orientados por um entrevistador. Esta etapa foi composta de duas seções. A primeira seção foi baseada nos 36 itens do QEA (APÊNDICE 1) desenvolvido por Steptoe et al. (1995). No entanto, uma escala de importância do tipo *Likert* bipolar de 7 pontos foi usada para aumentar a sensibilidade da escala de medida, conforme sugerido por Fotopoulos et al. (2009), de 1 = ‘extremamente sem importância’ para 7 = ‘extremamente importante’. O processo de tomada de decisão da escolha do alimento é bem conhecido por sua complexidade e, como tal, naturalmente requer um número substancial de opções de resposta para permitir aos entrevistados mais latitude na descrição de seu nível de opinião. Na segunda seção, se solicitou aos entrevistados identificar itens adicionais que considerassem importantes ao fazerem suas escolhas alimentares. Este item foi apresentado aos participantes como uma questão aberta (GAMA et al., 2018). Esses itens adicionais foram resumidos e suas frequências contabilizadas.

5.4 FASE 3 - ASPECTOS FUNCIONAIS DA BPU EM RATOS WISTAR DISLIPIDÊMICOS

5.4.1 Desenho experimental

Foram utilizados no experimento 32 ratos *Wistar* com idade inicial de aproximadamente 60 dias e peso corporal entre 245 e 295 g. Os animais foram mantidos em gaiolas coletivas (quatro animais/gaiola) em ambiente com temperatura de $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar entre 50-55 %, com ciclo claro/escuro de 12h. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Paraíba-Brasil, sob o número 8167060618 (ID 000300). O protocolo experimental seguiu as diretrizes da *Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments: the ARRIVE Guidelines* (KILKENNY et al., 2011).

Após o período de aclimação de uma semana, os ratos *Wistar* foram randomizados em dois grupos, mantendo uma média de peso inicial semelhante entre eles: o grupo sadio (GS, n = 16) que recebeu dieta padrão AIN-93M, com óleo de soja como fonte de gordura (4 %) (REEVES; NIELSEN; FAHEY, 1993), e o grupo dislipidêmico (GD, n = 16), alimentado com dieta rica em gordura (Rhoster, Araçoiaba da Serra, Brasil) contendo 6 % de banha de porco, 5 % de gordura vegetal não hidrolisada, 3 % de óleo de soja e 1 % de colesterol como fontes lipídicas (Tabela 2). A administração das dietas ocorreu por três semanas e após esse período, amostras sanguíneas dos grupos GS e GD foram coletadas via plexo orbital para diagnóstico de dislipidemia por análise bioquímica.

Tabela 2 - Composição das dietas controle e dislipidêmica que foram utilizadas no experimento.

Ingredientes (g.100g⁻¹)	AIN-93M*	Dislipidêmica**
Caseína Láctea	14,00	16,50
Amido de Milho	47,00	36,45
Amido Dextrinizado	15,50	15,50
Sacarose	10,00	6,00
Fibras	5,00	5,00
Óleo de Soja	4,00	3,00
Gordura Animal (banha de porco)	-	6,00
Gordura Vegetal não-hidrolisada	-	5,00
Ácido Cólico Sigma	-	0,50
Colesterol Sigma	-	1,00
Mix de Minerais AIN 93M	3,50	3,50

Mix Vitamínico	1,00	1,00
L-Cistina	0,18	0,30
Bitartarato de Colina	0,25	0,25
t-BHQ***	0,08	0,08
Valor energético total (kcal.g ⁻¹)	3,82	4,25
Carboidratos (kcal.100g ⁻¹)	75,77	54,54
Proteínas (kcal.100g ⁻¹)	14,82	15,81
Lipídios (kcal.100g ⁻¹)	9,40	29,64
Ácidos graxos saturados (mg.100g ⁻¹)	28,34	39,21
Ácidos graxos monoinsaturados (mg.100g ⁻¹)	30,95	35,14
Ácidos graxos poli-insaturados (mg.100g ⁻¹)	40,71	25,65

Fonte: *Adaptado de Reeves, Nielsen e Fahey, 1993; **Rhooster – Indústria e Comércio Ltda; *** tert-butylhydroquinone. AIN-93M = Dieta de Manutenção do Instituto Americano de Nutrição.

Em seguida, os animais foram realocados em quatro grupos (Tabela 3): GS (n = 8) e GD (n = 8), os quais continuaram com suas respectivas dietas e passaram a receber gavagem no período matutino, com uma dose de 10 mL/kg do peso corporal do animal de soro fisiológico durante as quatro semanas seguintes (Figura 4); e os grupos de administração de bebida de palma, sendo um sadio (GPS, n = 8) e o outro dislipidêmico (GPD, n = 8), que passaram a receber gavagem com a bebida em uma dose de 10 mL/kg de peso corporal do animal ou 180mg/kg.

A dose escolhida para a bebida de palma foi estabelecida com base em estudos anteriores que realizaram a administração de bebidas vegetais que apresentavam propriedades antiaterogênicas em roedores alimentados com dieta hiperlipídica (EL-SHATANNOVI et al., 2012; ROUANET et al., 2010). A consumo dietético e o peso corporal foram avaliados em todos os grupos todas as semanas. A ingestão energética semanal (kcal) e o consumo lipídico foram calculados a partir do consumo dietético (g) de acordo com o valor energético ou lipídico oferecido por cada dieta, respectivamente (BATISTA et al., 2018).

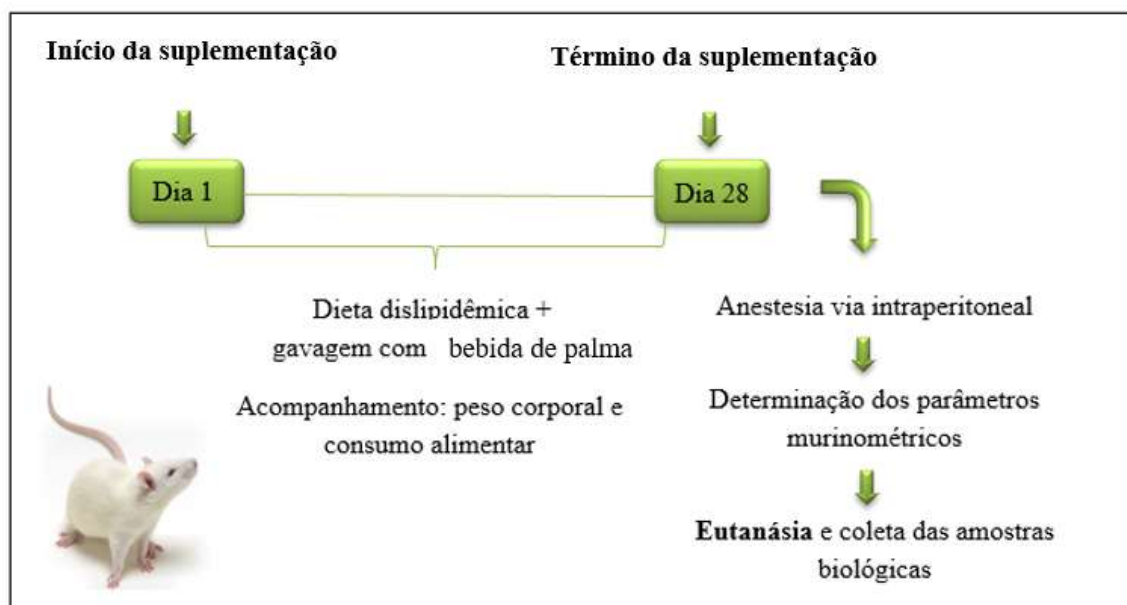
Tabela 3 - Grupos e tratamentos do estudo biológico.

Grupo	Tratamento
GS	Dieta AIN 93M, gavagem com solução fisiológica
GPS	Dieta AIN 93M, gavagem com BPU
GD	Dieta comercial dislipidêmica M, gavagem com solução fisiológica
GPD	Dieta comercial dislipidêmica M, gavagem com BPU

Fonte: o autor, 2021.

BPU = bebida de palma tratada com ultrassom; GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com administração de BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dislipidêmico com administração de BPU.

Figura 4 - Desenho experimental do ensaio biológico.



Fonte: o autor, 2021.

5.4.2 Parâmetros somáticos, eutanásia e coleta de material biológico

Após sete semanas de experimento, que corresponderam a antes e após o tratamento com a bebida de palma brasileira, os animais foram mantidos em jejum por 8 h e anestesiados com injeção intraperitoneal de cloridrato de cetamina (75 mg/kg) e xilazina (5 mg/kg) para medir os parâmetros somáticos usando uma fita métrica inelástica. A circunferência abdominal (CA), a circunferência torácica (CTA) e o comprimento corporal foram medidos. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se o peso corporal (g) pelo comprimento ao quadrado (cm²), e o índice de Lee (LI) foi obtido pela razão entre a raiz cúbica do peso corporal (g) pelo comprimento do animal (cm) (NOVELLI et al., 2007).

A eutanásia foi realizada com os animais anestesiados pela técnica de punção cardíaca para coleta de sangue, a qual foi utilizada para obtenção de soro por centrifugação (1,040 × g/10 min) para análise bioquímica. O tecido adiposo foi coletado para pesagem e cálculo do índice de adiposidade (IAD): [peso da gordura corporal (epididimal + visceral + retroperitoneal) / peso corporal] x 100 (NASCIMENTO

et al., 2011). O fígado (lobo esquerdo), intestino (cólon) e tecido adiposo foram coletados, lavados com solução salina, pesados e armazenados em formalina tamponada a 10 % para análise histológica. Parte das amostras de fígado foi mantida congelada (-20 °C) para análise dos parâmetros oxidativos, colesterol (CT) e triglicerídeos (TG). A digesta colônica e as fezes também foram coletadas para análise do perfil fenólico, microrganismos e ácidos orgânicos. Parte das amostras de fezes foram mantidas sob congelamento (-20 °C) para análise de CT, TG, carboidratos não digeríveis e parâmetros oxidativos.

5.4.3 Determinação de glicose, perfil lipídico, aminotransferases e cálculo de índices relacionados à saúde cardiovascular

A glicemia foi medida com glicosímetro (Accucheck, modelo performa, Jaguaré, SP, Brasil). As concentrações séricas de TG, CT, HDL e LDL foram medidas usando kits comerciais (Labtest®, Belo Horizonte, Brasil). Essas análises seguiram as recomendações do fabricante e foram analisadas com o mesmo analisador automático a 505 nm (TG), 500 nm (CT), 600 nm (HDL) e 546 nm (LDL). Os valores de lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) foram calculados usando a Equação: $VLDL = TG/5$. As enzimas aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) foram determinadas por meio de kits comerciais (Labtest®, Belo Horizonte, Brasil), seguindo as instruções do rótulo com leitura a 340 nm em analisador automático (modelo LabMax 240 Premium Belo Horizonte, Brasil). O índice aterogênico (IA), o índice de risco coronariano (IRC) e o índice de risco cardiovascular (IRCV) foram calculados de acordo com as equações: $IA = LDL/HDL$; $IRC = CT/HDL$ e $IRCV = TG/HDL$ (EREJUWA et al., 2016).

5.4.4 Determinação do CT e TG em amostras fecais e de fígado

As fezes foram coletadas na última semana do experimento por três dias consecutivos para análises de CT e TG. As amostras de fígado e fezes para análise de CT e TG foram maceradas e, em seguida, os lipídios fecais e hepáticos foram extraídos de acordo com a metodologia desenvolvida por Folch, Less e Stanley (1957). Uma alíquota (5 mL) da gordura foi coletada em tubos estéreis para determinação desses parâmetros. Em seguida, foi realizada a quantificação de CT e

TG com kit comercial (Labtest®, Belo Horizonte, Brasil), conforme descrito na subseção 5.4.3.

5.4.5 Parâmetros oxidativos séricos, hepáticos e fecais

As amostras de soro, fígado e fezes foram homogeneizadas em solução de KCL (11,5 g/L de KCL). O homogenato e a solução sérica foram centrifugados em centrífuga refrigerada (Sorvall, st8, Waltham, EUA) (8.000 x g por 5 min a 4 °C) para obtenção do sobrenadante. A peroxidação lipídica foi avaliada medindo as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e expressa como teor de malondialdeído (MDA) (OHKAWA; OHISHI; YAGI, 1979), e a capacidade antioxidante total (CAT) foi medida pela atividade de eliminação de radicais livres de acordo com o método DPPH (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). Os resultados da CAT foram expressos como uma porcentagem de inibição de oxidação (IO) e calculados usando a equação: $IO = 100 - [DPPH \cdot R]_t / [DPPH \cdot R]_B \cdot 100$, onde: $[DPPH \cdot R]_t$ e $[DPPH \cdot R]_B$ correspondem às concentrações de DPPH • R restantes após 30 min avaliadas na amostra (t) e no branco (B). Ambas as reações foram lidas em um espectrofotômetro ultravioleta (modelo UV-Visible Shimadzu 1650-PC, Tóquio, Japão) em comprimentos de onda de 535 nm (MDA) e 515 nm (CAT), respectivamente.

5.4.6 Perfil fenólico na digesta colônica e nas fezes

Para determinar o perfil fenólico das amostras, estas foram inicialmente submetidas a um processo de extração ácida, recomendado por Ross, Beta e Arntfield (2009). Os compostos fenólicos individuais foram determinados seguindo a metodologia validada por Dutra et al. (2018). As análises cromatográficas foram realizadas em um sistema Agilent 1260 Infinity LC (Agilent Technologies, Santa Clara-USA) de cromatográfico líquido acoplado a um DAD (modelo G1315D). Os dados foram processados no programa Open LAB CDS Chem Station Edition (Agilent Technologies, Santa Clara-USA). Uma coluna Zorbax Eclipse Mais RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5 µm) e uma pré-coluna Zorbax C18 (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) foram usadas nas análises. A temperatura do forno foi ajustada em 35 °C com volume de injeção de 20 µL da amostra, previamente diluída na fase A e filtrada por membrana de 0,45 µm (Millipore, Barueri, São Paulo, Brasil). O fluxo de solvente foi de 0,8 mL min⁻¹. O

gradiente usado na separação foi de 0–5 min: 5% B; 5-14 min: 23% B; 14-30 min: 50% B; 30-35 min: 80% B; o solvente A foi uma solução de ácido fosfórico (0,1 M, pH = 2,0) e o solvente B foi metanol acidificado com 0,5% de H₃PO₄. Os compostos foram detectados a 220, 280, 320, 360 e 520 nm, e sua identificação e quantificação foram obtidas por comparação com padrões externos.

5.4.7 Contagem bacteriana de digesta colônica e fezes

As amostras foram inicialmente homogeneizadas em água peptonada (100 mg/mL) (1:9) e posteriormente diluídas em série (10^{-2} - 10^{-5}), também em água peptonada. Alíquotas (20 µL) das respectivas diluições foram inoculadas pela técnica de microgotas em placas de Petri estéreis contendo ágar para contagem de *Lactobacillus* spp. (ágar de Man, Rogosa e Sharpe - MRS, HiMedia, Índia), *Bifidobacterium* spp. (Ágar Bifidobacterium, HiMedia, Índia), *Enterobacteriaceae* (ágar MacConkey, HiMedia, Índia), *Escherichia* (ágar Eosin Methylene Blue - EMB, HiMedia, Índia) e *Enterococcus* spp. (Agar Bile Esculina - BBE; Acumedia, EUA). Placas de cultura para *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp. foram incubadas em condições anaeróbicas (anaeróbico, sistema anaeróbico, Oxoid Ltd., Wade Road, Reino Unido) e as culturas de *Enterobacteriaceae*, *Escherichia* e *Enterococcus* em aerobiose a 37 °C por 48 h. Após a incubação, as colônias características nos meios de cultura seletivos foram contadas e os números de células viáveis (unidades formadoras de colônias - UFC) foram expressos em Log₁₀CFU g⁻¹ de fezes ou digesta (DA SILVA et al., 2013).

5.4.8 Quantificação de ácidos orgânicos na digesta colônica e fezes e de polissacarídeos não digeridos nas fezes

Após homogeneização das amostras biológicas, as análises foram realizadas de acordo com a metodologia recomendada por Coelho et al. (2018). Os ácidos cítrico, láctico, propiônico, succínico, fórmico e acético foram obtidos na Química Vetec (Rio de Janeiro, Brasil), todos com grau de pureza ≥98%. Água ultrapura foi obtida de um Millipore Milli-Q System (Bedford, MA, EUA) e ácido sulfúrico 4,0 M foi obtido de Merck (Darmstadt, Alemanha). As análises foram realizadas usando um sistema de HPLC Agilent modelo LC1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA) equipado com uma bomba de solvente quaternário (modelo G1311C), um detector

DAD (modelo G1315D) e outro RID (modelo G1362A). Os dados foram processados usando o software OpenLAB CDS ChemStation Edition TM (Agilent Technologies). A determinação foi conduzida no DAD em um comprimento de onda de 210 nm.

Os polissacarídeos não digeríveis foram medidos em uma sub amostra de material fecal liofilizado finamente triturada. As amostras (100 mg) foram pesadas em tubos de cultura de vidro Kimax de 12 mL e extraídas duas vezes com 5 mL de etanol 80 %, sendo o resíduo coletado por centrifugação entre as lavagens. Os resíduos foram lavados com 2 mL de acetona, secos ao ar a 60 °C, sendo estes finamente desintegrados. Os resíduos foram então submetidos à hidrólise polissacarídica total utilizando 1 mL 12M H₂SO₄ (35 °C por 1 h), seguido da adição de 7 mL de água destilada e aquecimento a 100 °C por 1 h. O total de polissacarídeos não hidrolisados foi medido como açúcares redutores usando uma versão em pequena escala do método do ácido dinitrosalicílico com uma referência de glicose (MONRO; MISHRA; VENN, 2010). Os açúcares redutores foram medidos pela adição de 0,75 mL de mistura dinitrosalicílica (contendo uma mistura 1:1:5 de 0,5 mg/mL de glicose - 4M - NaOH - reagente DNS) e aquecido por 15 min a 95 - 100 °C. Os tubos foram resfriados, 4,0 mL de água adicionados, misturados e as absorbâncias lidas a 530 nm (Jenway 6100 Spectrophotometer; Jenway Ltd, Dunmow, Essex, UK). O reagente DNS consistiu em 10 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico dissolvido em 1 L de solução contendo 300 g de tartarato de Na-K e 16 g de NaOH (MONRO; MISHRA; VENN, 2010). O método não mede totalmente a inulina, mas este composto foi considerado altamente suscetível à fermentação em vários estudos. Os dados de ácidos orgânicos no presente estudo sugerem que a inulina foi fermentada (PATURI et al., 2012).

5.4.9 Análises histológicas do fígado, intestino e tecido adiposo

Fígado (lobo esquerdo), intestino (cólon) e tecido adiposo (gorduras visceral, epididimal e retroperitoneal) foram armazenados em formalina tamponada a 10 % por 48 h e submetidos ao processamento histológico de rotina. Para tanto, as amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de etanol, clarificadas em xilol, incluídas em parafina e seccionadas em micrótomo, obtendo-se fatias de 4 µm de espessura. Os cortes foram corados com hematoxilina-eosina e posteriormente analisados em microscópio de luz (Motic BA 200, Santa Monica, EUA) sob objetivas crescentes. O grau de esteatose hepática foi determinado por análise semiquantitativa

usando uma escala de 0 a 5, onde: 0-1 indica um animal sem lesões; 1-2 indica distribuição discreta da lesão (focal de luz); 2-3 indica distribuição moderada (pronunciada luz focal a difusa) e 3-4 indica lesão aguda (multifocal acentuado para difuso acentuado) (PINHEIRO et al., 2019). Em seguida, o número de adipócitos por campo foi analisado a partir das imagens de tecido adiposo usando o programa de software Motic Images Plus 2.0 (Motic Group, Ltd.), e a área média (μm^2) de 100 adipócitos por amostra também foi calculada (TAVARES et al., 2021).

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados da Fase 1 foram analisados no programa de software NCSS 2019 (Houston, EUA) utilizando o teste de normalidade Shapiro-Wilk. Dados sobre o prazo de validade das bebidas foram submetidas ao teste ANOVA *Two-Way* para medidas independentes. Os outros dados foram analisados usando ANOVA *One-Way*. O teste post hoc de Tukey foi realizado com um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) quando houve diferença entre as variáveis. Os resultados obtidos no teste CATA foram analisados por Análise Fatorial de Correspondência (AFC). Análise Fatorial Múltipla (AFM) foi usada para obter a correlação entre as análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. As análises de ACF e AFM foram realizadas usando o programa de software XLStat 2019 (Addinsoft, Paris, França).

Todas as análises da Fase 2 foram realizadas com os programas SPSS versão 20 (Houston, EUA) e XLStat 2021, usando o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de homogeneidade de variância de Levene. Para a caracterização sensorial da bebida de palma, os dados foram analisados por meio do ANOVA *One-Way* para variáveis descritivas ou contínuas e do teste de Kruskal-Wallis para as frequências de gênero, nível de escolaridade, estado civil e ocupação. O teste post hoc de Tukey foi realizado com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) quando havia diferença entre os grupos (Controle, Vantagens e Inconveniências) antes e após a degustação. AFM foi aplicada para avaliar o consenso entre as diferentes variáveis das tabelas analisadas: aspectos sociodemográficos, parâmetros sensoriais, aceitação global e EAAA, antes (expectativas) e depois (realidade) da degustação. AFM permite analisar várias tabelas de variáveis em simultâneo e nomeadamente obter resultados em gráficos que permitem estudar a relação entre as observações (grupo Controle e tratamentos

Vantagens e Inconveniências), as variáveis e as tabelas (aceitação global, EAAA, parâmetros sensoriais, aspectos sociodemográficos). Para o QEA, AFM foi aplicado para observar a relação entre os aspectos sociodemográficos e a escolha alimentar. As diferenças nas médias dos padrões dos fatores de escolha de alimentos para consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional em comparação com consumidores do Malaui e cabo-verdianos foram avaliadas por ANOVA. O teste post hoc de Tukey foi realizado com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) quando houve diferença entre as variáveis. A Análise Fatorial Exploratória foi usada para corroborar o padrão de fator de escolha alimentar, onde cada variável observada (fatores QEA) era potencialmente uma medida de todos os fatores (consumidores brasileiros, malauianos e cabo-verdianos de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional), e o objetivo era determinar as relações entre as variáveis e fatores observados.

Finalmente, na Fase 3 os dados não apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) ou homogeneidade de variância (teste de Levene) e, portanto, foram escolhidos testes não paramétricos para comparar as variáveis. O teste U de Mann-Whitney foi aplicado para comparar as variáveis entre o GS e o GD, e os testes de Kruskal-Wallis e Post-Hoc foram aplicados entre os quatro grupos de estudo (GS, GPS, GD e GPD). O teste de Tukey foi aplicado quando uma diferença significativa ocorreu. As análises foram realizadas no programa SigmaPlot 12.5 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA), considerando um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). AFM foi usada para obter a correlação entre marcadores bioquímicos (BIOQ), capacidade antioxidante total (CAT), conteúdo de malondialdeído (MDA), parâmetros microbiológicos (MIC) e peso corporal e consumo alimentar (PC). AFM foi realizada usando o programa de software XLStat 2020 (Addinsoft, Paris, França).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 4 é possível observar um panorama geral sobre os artigos produzidos, as revistas científicas escolhidas e o status de publicação.

Quadro 4 - Panorama geral de artigos produzidos a partir da tese.

Etapa	Artigo	Revista e fator de impacto	Status
1	Ultrasound treatment for improving the bioactive compounds and quality properties of a Brazilian nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) beverage during shelf-life	LWT - Food Science and Technology (4.952)	Publicado
2	Nopal beverage (<i>Opuntia ficus-indica</i>) as a non-traditional food: sensory properties, expectations, experiences, and emotions of low-income and food-insecure Brazilian potential consumers	Food Research International (6.475)	Publicado
3	Intestinal health, antioxidant, hepatoprotective, and lipid-lowering effects of an ultrasonically treated Brazilian nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) beverage administered to dyslipidaemic rats	Food Research International (6.475)	A ser enviado

Fonte: o autor, 2021.

6.1 FASE 1 - ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E CONTROLE DE QUALIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO DE BPU

Os cladódios da palma brasileira foram caracterizados como contendo altas concentrações de fibras dietéticas totais (FDT), insolúveis (FDI) e solúveis (FDS), além de uma boa relação FDI/FDS (Tabela 4). A presença de FDS permite que os cladódios instalem fisiologicamente um sistema coloidal entre a água e a pectina, evitando a desidratação do tecido, enquanto que, as FDI podem atuar como uma barreira que limita o ataque de microrganismos patogênicos devido à espessura da cutícula e baixa digestibilidade, o que explica a alta adaptação deste cacto a diferentes condições morfoclimáticas (VENTURA-AGUILAR et al., 2017). Existem também fatores extrínsecos, como a época do ano, tipos de solo, estágios de desenvolvimento

e época de colheita; e fatores intrínsecos, como a espécie e a variedade da planta, que influenciam diretamente a composição química da palma (ARUWA et al., 2018; MOUNIR et al., 2020).

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos e nutricionais da palma brasileira.

Parâmetros	Palma brasileira
Acidez (g ácido cítrico.100mL⁻¹)	1,32±0,05
pH	3,09±0,07
SST (°Brix)	12,01±0,04
Carboidratos (g.100mL⁻¹)	61,33±0,03
Proteínas (g.100mL⁻¹)	13,10±0,07
Lipídios (g.100mL⁻¹)	1,29±0,08
FDT (g.100mL⁻¹)	11,06±0,06
FDI (g.100mL⁻¹)	7,62±0,08
FDS (g.100mL⁻¹)	3,44±0,09
Razão FDI/FDS	2,21±0,05
VET (kcal.100mL⁻¹)	310,69±0,02
Compostos fenólicos totais (mg EAG.100mL⁻¹)	2054,98±0,09
Ácido ascórbico (mg AA.100mL⁻¹)	372,03±0,07
Atividade antioxidante (ABTS) (μmol TEAC.100mL⁻¹)	4221,71±0,05
Atividade antioxidante (DPPH) (μmol TEAC.100mL⁻¹)	2466,07±0,09

Fonte: o autor, 2021.

SST = sólidos solúveis totais; FDT = fibras dietéticas totais; FDI = fibras dietéticas insolúveis; FDS = fibras dietéticas solúveis; VET = valor energético total.

Todas as bebidas mostraram resultados semelhantes para a composição proximal ($p > 0,05$) (Tabela 5), com ênfase no alto teor de fibra dietética, o que está diretamente relacionado aos efeitos hipolipemiantes e hipoglicêmicos, tratamento de distúrbios gastrointestinais e modulação da microbiota intestinal (MORAN-RAMOS et al., 2017). Os tratamentos com ultrassom não afetaram os parâmetros de acidez, pH ou SST, nem as concentrações de macronutrientes entre as bebidas ($p > 0,05$), já que a energia ultrassônica não influencia estruturas de alto peso molecular (MEHTA et al., 2019; ORDÓÑEZ-SANTOS et al., 2017; BHAT e GOH, 2017). Estudos anteriores também não observaram mudanças nos parâmetros físico-químicos de bebidas de carambola tratada com ultrassom (NAYAK et al., 2018), de *Spondias mombin* L., (OLADUNJOYE et al., 2021), e de *Haematocarpus validus* (RAJU e DEKA et al., 2018).

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.

Parâmetros	Bebidas de palma				
	C0	HP10	US10	US20	US40
Acidez (g ácido cítrico 100mL⁻¹)	0,73±0,04 ^a	0,71±0,07 ^a	0,72±0,05 ^a	0,72±0,05 ^a	0,71±0,05 ^a
pH	3,07±0,03 ^a	3,09±0,08 ^a	3,14±0,04 ^a	3,06±0,09 ^a	3,05±0,03 ^a
SST (°Brix)	12,33±0,07 ^a	12,71±0,03 ^a	12,54±0,03 ^a	12,42±0,04 ^a	12,51±0,07 ^a
Carboidratos (g.100mL⁻¹)	60,99±0,09 ^a	61,23±0,03 ^a	61,44±0,07 ^a	61,62±0,03 ^a	61,77±0,08 ^a
Proteínas (g.100mL⁻¹)	3,38±0,03 ^a	3,07±0,05 ^a	3,33±0,06 ^a	3,39±0,02 ^a	3,42±0,12 ^a
Lipídios (g.100mL⁻¹)	1,24±0,08 ^a	1,22±0,03 ^a	1,32±0,09 ^a	1,33±0,13 ^a	1,28±0,03 ^a
FDT (g.100mL⁻¹)	11,11±0,09 ^a	11,10±0,11 ^a	11,06±0,02 ^a	11,21±0,13 ^a	11,13±0,08 ^a
FDI (g.100mL⁻¹)	7,59±0,11 ^a	7,61±0,05 ^a	7,64±0,03 ^a	7,66±0,06 ^a	7,62±0,04 ^a
FDS (g.100mL⁻¹)	3,52±0,03 ^a	3,49±0,07 ^a	3,42±0,04 ^a	3,55±0,02 ^a	3,51±0,16 ^a
Razão FDI/FDS	2,16±0,04 ^a	2,18±0,03 ^a	2,23±0,08 ^a	2,16±0,07 ^a	2,17±0,08 ^a
VET (kcal.100mL⁻¹)	268,64±0,16 ^a	268,18±0,09 ^a	270,96±0,07 ^a	272,01±0,13 ^a	272,28±0,11 ^a

Fonte: o autor, 2021.

As médias ± desvio padrão com letras iguais na mesma linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos. SST = sólidos solúveis totais; FDT = fibras dietéticas totais; FDI = fibras dietéticas insolúveis; FDS = fibras dietéticas solúveis; VET = valor energético total.

É possível observar ainda que as bebidas apresentaram teores semelhantes de açúcares ($p > 0,05$) (Tabela 6). A potência do ultrassom não altera a quantidade destes nutrientes (MEHTA et al., 2019), mesmo uma potência de 1200 W a uma temperatura de 88 °C, mantém os açúcares quimicamente estáveis (SILVA et al., 2020).

Tabela 6 - Açúcares, ácidos orgânicos e oligossacarídeos em bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.

Parâmetros (mg.100 mL ⁻¹)	Bebidas de palma				
	C0	HP10	US10	US20	US40
Açúcares					
Glicose	487,45±1,01 ^a	449,77±0,84 ^a	469,12±0,51 ^a	475,98±0,11 ^a	457,99±0,88 ^a
Frutose	215,56±0,43 ^a	211,97±0,29 ^a	213,76±0,47 ^a	214,22±0,76 ^a	215,87±0,52 ^a
Maltose	44,71±0,27 ^a	42,21±0,77 ^a	45,44±0,71 ^a	45,75±1,02 ^a	45,81±0,58 ^a
Oligossacarídeos					
kestose	30,27±0,02 ^a	ND	31,92±0,03 ^a	30,73±0,11 ^a	31,99±0,07 ^a
Nystose	42,75±0,11 ^{ab}	40,88±0,12 ^b	44,17±0,10 ^a	45,01±0,09 ^a	45,96±0,12 ^a
Rafinose	20,42±0,23 ^a	ND	20,21±0,11 ^a	20,99±0,07 ^a	21,27±0,06 ^a
Ácidos orgânicos					
Cítrico	115,61±0,11 ^{ab}	98,93±0,08 ^b	118,29±0,12 ^a	122,31±0,09 ^a	125,88±0,13 ^a
Málico	8,74±0,09 ^{ab}	6,07±0,14 ^b	8,77±0,10 ^a	8,79±0,07 ^a	9,04±0,11 ^a
Succínico	43,82±0,28 ^{ab}	38,77±0,32 ^b	44,95±0,07 ^a	45,44±0,11 ^a	44,79±0,09 ^a
Fórmico	35,75±0,07 ^{ab}	33,19±1,02 ^b	37,46±0,21 ^a	39,15±0,13 ^a	39,87±0,12 ^a

Fonte: o autor, 2021.

As médias ± desvio padrão com letras iguais na mesma linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

6.1.1 Efeitos do tratamento com ultrassom sobre os compostos bioativos da bebida

O tratamento ultrassônico de 40 minutos foi o mais adequado para os compostos bioativos, enfatizando que não houve aquecimento suficiente para afetar a funcionalidade da bebida, apesar do tempo de exposição.

6.1.1.1. Oligossacarídeos e ácidos orgânicos

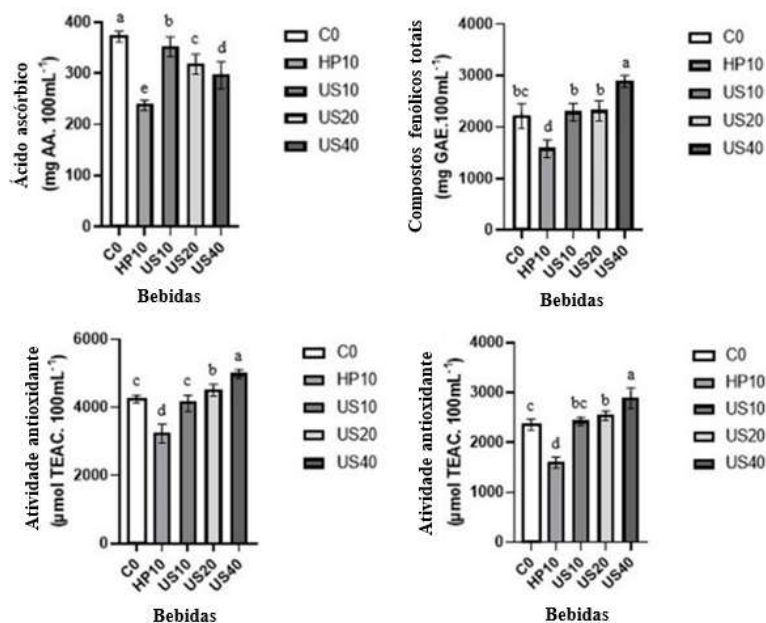
As bebidas submetidas ao tratamento com ultrassom apresentaram maiores concentrações de oligossacarídeos e de ácidos orgânicos quando comparadas com HP10 ($p \leq 0,05$) (Tabela 6). A bebida US40 apresentou 12,43 % mais nystose quando comparada a HP10. Esta última não apresentou kestose nem rafinose. A bebida US40

também apresentou 27,24 % mais ácido cítrico, 48,93% mais ácido málico, 15,53 % mais ácido succínico e 20,13 % mais ácido fórmico quando em comparação com HP10, uma vez que a temperatura usada no tratamento térmico degrada estes compostos (SILVA et al., 2020). O aumento em suas concentrações devido ao uso do ultrassom pode ser explicado pela ruptura mecânica da parede celular e estruturas intracelulares (como plastídios) em decorrência da cavitação. A formação e colapso de microbolhas em cavitação permite a liberação desses compostos de células vegetais para o meio aquoso de bebidas (GUERROUJ et al., 2016; RAWSON et al., 2011).

6.1.1.2. Ácido ascórbico

Altas concentrações de ácido ascórbico e de compostos fenólicos totais foram observadas nos cladódios de palma, além de excelente atividade antioxidante (Tabela 4). O tratamento térmico afetou negativamente o conteúdo de ácido ascórbico encontrado na bebida HP10, que apresentou 52,01 % menor concentração do composto quando em comparação com C0 ($p \leq 0,05$) (Figura 5), pois se trata de um micronutriente que é sensível a altas temperaturas (70–85 °C) (MEHTA et al., 2019). A bebida US40 obteve 22,67 % menos ácido ascórbico do que C0 ($p \leq 0,05$), indicando que o ultrassom e o tempo de exposição às ondas ultrassônicas podem influenciar negativamente a concentração do composto na bebida. Estudos anteriores também mostraram uma diminuição no teor de ácido ascórbico de néctar de rosa mosqueta tratado com ultrassom (*Rosa canina* L.) (ATALAR et al., 2020) e bebida de soro de leite de graviola (GUIMARÃES et al., 2019). A degradação de ácido ascórbico é atribuída aos mecanismos de oxidação gerados pelo fenômeno de cavitação acústica devido à alta tensão de cisalhamento no meio líquido. A formação e o subsequente colapso das microbolhas promovem níveis extremos de turbulência altamente localizada, com os principais efeitos observados sendo um aumento na temperatura do sistema na presença de oxigênio e a formação de radicais livres (H^+ e OH), que favorecem a oxidação aeróbia do ácido ascórbico, resultando em sua degradação (DOLAS et al., 2019; ORDÓÑEZ-SANTOS et al., 2017).

Figura 5 - Ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por ABTS e DPPH da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.



Fonte: o autor, 2021.

As médias $\pm$ desvio padrão com letras diferentes diferiram pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

6.1.1.3 Atividade antioxidante e compostos fenólicos

A bebida US40 apresentou maior atividade antioxidante quando comparada às demais bebidas (Figura 5), principalmente quando comparada à bebida submetida ao tratamento térmico ($p \leq 0,05$). Por sua vez, a bebida US40 também apresentou 81,80 % mais compostos fenólicos em comparação com HP10 ($p \leq 0,05$). O tempo de exposição ao ultrassom também aumentou as concentrações desses compostos, com um aumento de 25,56 % entre as bebidas US10 e US40 ($p \leq 0,05$). Um aumento semelhante foi relatado na sonicação de uma bebida de *Spondias mombin* L. (OLADUNJOYE et al., 2021) usando tempo (30 min) e temperatura (40 °C) similares aos do presente estudo. Isso pode estar relacionado ao fenômeno de cavitação (DE SOUZA CARVALHO et al., 2020; WANG et al., 2019). Outra explicação para esta melhoria pode ser a possível ligação de radicais hidroxila ao anel aromático de

compostos fenólicos, que pode ocorrer durante as reações sonoquímicas. Além disso, a adição do segundo grupo hidroxila para as posições -orto, -meta e -para está associada ao aumento da capacidade antioxidante de compostos fenólicos (ORDÓÑEZ-SANTOS et al., 2017). Por outro lado, a exposição à alta temperatura usada na bebida HP10 por um certo tempo pode levar à perda de compostos antioxidantes termossensíveis (RODRÍGUEZ-ROQUE et al., 2020).

Na Tabela 7, é possível observar que a utilização do ultrassom aumentou o conteúdo fenólico da miricetina, ácido vanílico, ácido elágico e ácido ferúlico ($p \leq 0,05$), e concentrações semelhantes para os outros compostos foram observadas quando comparados com C0 ($p > 0,05$), indicando que cada fenólico apresenta sensibilidade diferente às ondas ultrassônicas, e seu conteúdo pode ser aumentado ou mantido (mas não reduzido) sob as condições de frequência, potência e temperatura empregadas.

Tabela 7 - Perfil fenólico da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.

Compostos (mg.100mL ⁻¹)	Bebidas de palma				
	C0	HP10	US10	US20	US40
Flavonoide					
Procianidina B2	20,45±0,01 ^a	11,44±<0,01 ^b	21,33±0,03 ^a	21,07±0,04 ^a	21,99±0,01 ^a
Flavanol					
Catequina	15,93±0,03 ^a	7,09±0,04 ^b	15,97±0,02 ^a	15,65±0,01 ^a	16,66±0,02 ^a
Flavonois					
Rutina	115,66±0,01 ^a	88,63±<0,01 ^b	114,97±0,02 ^a	115,39±0,01 ^a	115,88±<0,01 ^a
Kaempferol 3-glucoside	81,74±0,02 ^a	49,97±<0,01 ^b	82,09±<0,01 ^a	82,77±<0,01 ^a	82,69±0,01 ^a
Miricetina	41,92±0,01 ^b	28,63±0,02 ^c	40,66±0,01 ^b	44,21±0,01 ^a	44,78±<0,01 ^a
Quercetina	65,75±0,01 ^a	48,19±<0,01 ^b	65,47±0,01 ^a	65,14±0,01 ^a	64,66±0,01 ^a
Flavona					
Crisina	2,93±0,01 ^a	0,19±<0,01 ^b	2,44±0,03 ^a	2,53±0,02 ^a	2,33±0,03 ^a
Ácidos hidroxibenzoicos					
Ácido 3,4-dihidroxibenzoico	182,27±0,02 ^a	78,11±<0,01 ^b	181,94±0,01 ^a	182,71±<0,01 ^a	181,99±<0,01 ^a
Ácido 4-hidroxibenzoico	22,64±0,01 ^a	10,17±0,01 ^b	21,97±0,01 ^a	22,60±0,02 ^a	22,67±0,01 ^a
Ácido siríngico	5,74±<0,01 ^a	2,18±0,02 ^b	5,92±0,02 ^a	5,77±<0,01 ^a	6,04±0,02 ^a
Ácido vanílico	25,75±0,01 ^b	14,91±<0,01 ^c	33,75±0,01 ^a	33,78±0,01 ^a	34,01±<0,01 ^a
Ácido elágico	41,62±0,02 ^b	29,87±0,01 ^c	57,92±0,02 ^a	57,94±0,02 ^a	58,04±0,02 ^a
Ácido gálico	11,19±<0,01 ^a	6,44±<0,01 ^b	11,74±<0,01 ^a	11,91±<0,01 ^a	11,90±0,01 ^a
Ácidos hidroxicinâmicos					
Ácido cafeico	8,07±0,02 ^a	4,08±0,03 ^b	8,98±<0,01 ^a	7,79±<0,01 ^a	7,84±0,02 ^a
Ácido p-cumarico	14,66±<0,01 ^a	8,69±0,01 ^b	15,63±0,02 ^a	14,41±0,01 ^a	13,99±0,01 ^a
Ácido sinápico	1,52±0,01 ^a	0,54±<0,01 ^b	1,55±<0,01 ^a	1,54±<0,01 ^a	1,59±<0,01 ^a

Ácido ferúlico	27,46±<0,01 ^b	12,64±0,01 ^c	35,21±0,01 ^a	34,99±0,02 ^a	35,22±0,01 ^a
-----------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Fonte: o autor, 2021.

As médias ± desvio padrão com letras iguais na mesma linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

Portanto, o uso do ultrassom pode ser vantajoso desde o ponto de vista da indústria sobre o tratamento térmico para o processamento de bebidas (MEHTA et al., 2019), uma vez que proporciona maior retenção desses compostos e maior atividade antioxidante (ADIAMO et al., 2018; DE SOUZA CARVALHO et al., 2020; KHAN et al., 2018), cujo efeito tende a aumentar com o tempo de sonicação (NADEEM et al., 2018). Ademais, os compostos bioativos desempenham um papel importante na melhoria da saúde do consumidor (ABID et al., 2013; FARIAS et al., 2019; ULAKCSAI et al., 2018). Eles também estão associados ao potencial modulador da microbiota intestinal (SINGLA e CHAKKARAVARTHI, 2017) e suas propriedades tecnológicas apresentam o potencial para melhorar as propriedades físico-químicas, conservantes e as características sensoriais de bebidas naturais (SILVA et al., 2020).

6.1.1.4 Minerais

Os minerais predominantemente encontrados foram Ca, K e Mg. A bebida US40 apresentou 79,03 %, 60,51 % e 64,46 % a mais desses nutrientes quando comparada a HP10, respectivamente (Tabela 8). Um aumento no conteúdo mineral de bebida do soro de graviola tratada com ultrassom também foi relatado por Guimarães et al. (2019). As concentrações minerais aumentaram após o tratamento com ultrassom devido às diferentes espécies que podem se formar durante a sonicação. Um tempo de tratamento mais longo pode causar uma recombinação de diferentes estruturas no líquido, formando novas espécies e reduzindo íons na fase líquida (GHARIBZAHEDI e JAFARI, 2017). Este resultado também pode ser atribuído à destruição da estrutura celular devido à ação do ultrassom, aumentando a atividade de substâncias contidas nas células, assim, os minerais migram das células para a solução (ABID et al., 2013). Por outro lado, as reações químicas induzidas pelo calor, como a reação de Maillard, que ocorre entre açúcares redutores e aminoácidos ou

proteínas, podem formar compostos que se ligam fortemente aos minerais, reduzindo assim sua biodisponibilidade (MEDEIROS et al., 2020).

Minerais (mg.100mL ⁻¹)	Bebidas de palma				
	C0	HP10	US10	US20	US40
Cálcio	198,04±0,09 ^d	147,09±0,07 ^e	207,13±0,05 ^c	248,99±0,04 ^b	269,33±0,03 ^a
Ferro	0,61±0,02 ^d	0,41±<0,01 ^e	0,82±0,01 ^c	0,91±0,02 ^b	1,20±<0,01 ^a
Potássio	292,11±0,03 ^d	231,78±0,02 ^e	321,88±0,09 ^c	357,32±0,11 ^b	372,04±0,08 ^a
Magnésio	60,77±0,05 ^d	57,21±0,04 ^e	79,35±0,12 ^c	87,24±0,07 ^b	94,09±0,05 ^a
Fósforo	24,76±0,04 ^d	21,67±0,01 ^e	33,99±0,08 ^c	42,41±0,12 ^b	53,89±0,07 ^a
Sódio	26,79±0,03 ^d	20,96±0,02 ^e	34,98±0,09 ^{bc}	35,74±0,03 ^b	38,48±0,02 ^a
Zinco	0,31±0,01 ^d	0,17±<0,01 ^e	0,59±<0,01 ^c	0,81±0,01 ^b	0,98±<0,01 ^a
Cobre	0,10±<0,01 ^d	ND	0,18±<0,01 ^{bc}	0,20±0,01 ^{ab}	0,22±<0,01 ^a
Manganês	0,54±0,01 ^d	0,27±0,02 ^e	0,69±0,01 ^c	0,81±0,02 ^b	0,95±0,03 ^a
Selênio	0,01±<0,01 ^d	ND	0,05±<0,01 ^{bc}	0,06±<0,01 ^{ab}	0,08±<0,01 ^a

Tabela 8 - Composição mineral da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos.

Fonte: o autor, 2021.

As médias ± desvio padrão com letras iguais na mesma linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

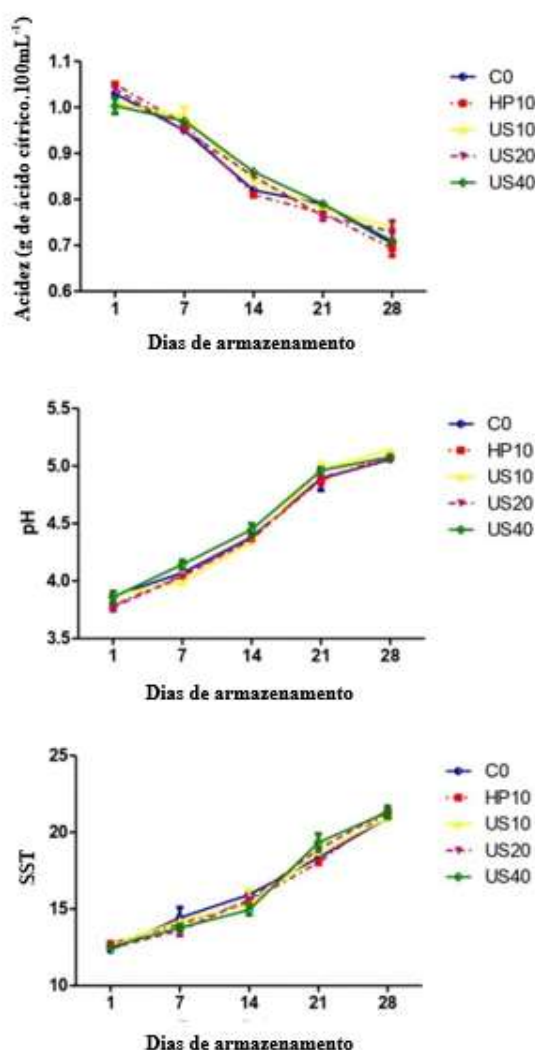
6.1.2 Aspectos de qualidade durante o armazenamento das bebidas

6.1.2.1. Efeitos do ultrassom nos parâmetros físico-químicos

Todas as bebidas apresentaram resultados semelhantes para os parâmetros de acidez, pH e SST durante a vida de prateleira ($p > 0,05$) (Figura 6). Estes são importantes parâmetros de qualidade para avaliar e manter a vida útil dos alimentos e o tipo de tratamento aplicado (calor ou ultrassônico) não os afeta (ORDÓÑEZ-SANTOS et al., 2017). Porém, foi possível observar uma redução de aproximadamente 33,33 % na acidez, e um aumento de 26,92 % e 43,48 % em pH e SST, respectivamente, para todas as bebidas durante o armazenamento. Um aumento significativo no pH indica o início de fermentação ou deterioração, enquanto que, o aumento na concentração de SST representa a quebra de açúcares complexos

em açúcares simples, como normalmente acontece durante a fermentação de carboidratos (AADIL et al., 2013).

Figura 6 - Acidez, pH e SST da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.



Fonte: o autor, 2021.

C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

A Tabela 9 mostra as mudanças na luminosidade e na cor das bebidas durante o armazenamento. Houve uma diminuição no parâmetro de luminosidade em todos

os produtos, sendo este mais acentuado em C0 e HP10 ($p \leq 0,05$). A bebida US40 teve os maiores valores para L^* e para o eixo a^* [tendência verde (-a)], preservando assim sua cor verde original por mais tempo durante o armazenamento. Em contraste, HP10 mostrou os maiores valores para o eixo b^* [tendência amarela (+ b)], ou seja, houve mudanças consideráveis em sua cor original durante o armazenamento ($p \leq 0,05$). Preservação semelhante na cor original foi observada para uma bebida de *Spondias mombin* L. tratado com ultrassom (OLADUNJOYE et al., 2021).

Tabela 9 - Cor da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.

Parâmetros de cor	Dias de armazenamento	Bebidas de palma				
		C0	HP10	US10	US20	US40
L^*	1	34,29±0,07 ^{Ad}	41,00±0,11 ^{Ab}	40,76±0,09 ^{Ac}	41,41±0,07 ^{Ab}	43,30±0,04 ^a
	7	34,01±0,09 ^{Bd}	40,96±0,05 ^{Ab}	40,74±0,11 ^{Ac}	41,40±0,09 ^{Ab}	43,28±0,04 ^a
	14	33,98±0,05 ^{Bd}	40,95±0,09 ^{Ac}	40,71±0,12 ^{Ac}	41,38±0,06 ^{Ab}	43,27±0,08 ^a
	21	33,97±0,05 ^{Bd}	40,81±0,09 ^{Bc}	40,69±0,09 ^{Ac}	41,36±0,06 ^{Ab}	43,25±0,11 ^a
	28	33,93±0,11 ^{Bd}	40,77±0,04 ^{Cc}	40,66±0,05 ^{Bc}	41,21±0,13 ^{Bb}	43,24±0,10 ^a
a^*	1	-8,29±0,06 ^{Ac}	-7,06±0,04 ^{Ad}	-8,67±0,06 ^{Ac}	-11,45±0,03 ^{Ab}	-13,95±0,02 ^a
	7	-7,59±0,11 ^{Bc}	-6,99±0,06 ^{Ad}	-7,98±0,11 ^{Bc}	-11,21±0,08 ^{Ab}	-13,87±0,09 ^a
	14	-7,14±0,07 ^{Bd}	-6,82±0,06 ^{Ad}	-7,73±0,11 ^{Bc}	-10,97±0,06 ^{Ab}	-13,76±0,04 ^a
	21	-6,86±0,07 ^{Cd}	-6,51±0,12 ^{Ad}	-7,61±0,15 ^{Bc}	-10,82±0,10 ^{Bb}	-13,44±0,09 ^a
	28	-6,21±0,09 ^{Dd}	-6,19±0,12 ^{Bd}	-7,20±0,07 ^{Cc}	-10,61±0,09 ^{Bb}	-13,26±0,13 ^a
b^*	1	20,17±0,07 ^{Bb}	20,74±0,07 ^{Ca}	20,09±0,07 ^{Bbc}	19,98±0,07 ^{Bc}	19,86±0,07 ^c
	7	20,26±0,07 ^{Bb}	21,19±0,07 ^{Ba}	20,44±0,07 ^{Bb}	20,14±0,07 ^{Bb}	19,94±0,07 ^c
	14	20,49±0,07 ^{Bb}	22,29±0,07 ^{Ba}	20,89±0,07 ^{Ab}	20,24±0,07 ^{Ac}	20,06±0,07 ^c
	21	21,38±0,07 ^{Ab}	23,67±0,07 ^{Aa}	21,02±0,07 ^{Ab}	20,39±0,07 ^{Ac}	20,18±0,07 ^c
	28	22,13±0,07 ^{Ab}	24,97±0,07 ^{Aa}	21,16±0,07 ^{Ac}	20,56±0,07 ^{Ad}	20,24±0,07 ^d

Fonte: o autor, 2021.

^{a-d}Médias ± desvios padrão com diferentes letras minúsculas na mesma linha denotam diferença entre as bebidas, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{A-D}Médias ± desvios padrão com diferentes letras maiúsculas na mesma coluna denotam diferença entre os períodos de armazenamento, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

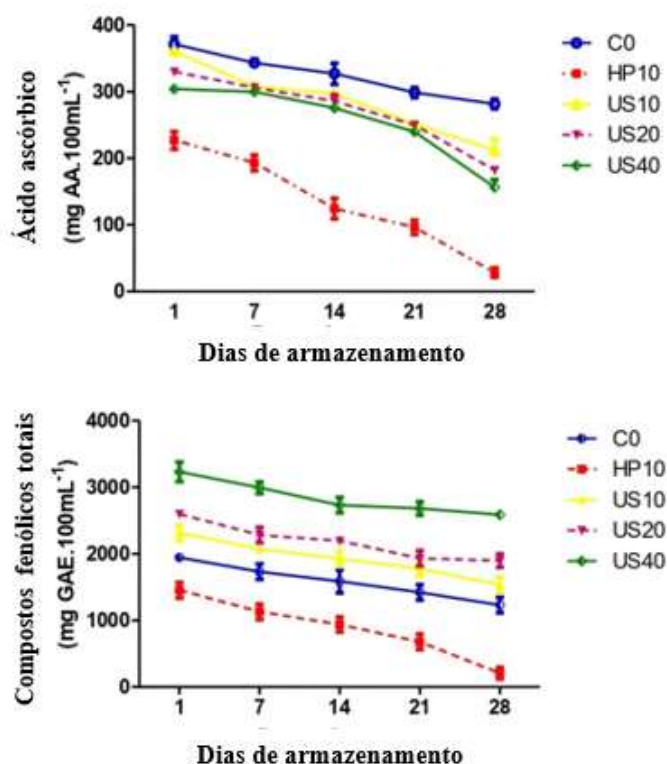
Nesse contexto, uma maior exposição ao tratamento de sonicação com ultrassom, resulta em maior preservação da cor da bebida durante o armazenamento, enquanto que, o tratamento térmico a modifica. Além disso, vale ressaltar ainda que a menor concentração de compostos fenólicos totais e de ácido ascórbico, assim como uma menor atividade antioxidante (conforme observado na bebida HP10) pode aumentar os processos oxidativos, contribuindo para o escurecimento e alteração na

cor da bebida, afetando diretamente a aceitação do consumidor. Por outro lado, o ultrassom atua inativando as enzimas polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD), proporcionando melhor retenção da cor original e aumentando a vida de prateleira dos alimentos (CAO et al., 2018). Ademais, uma maior presença de compostos bioativos também influencia positivamente este parâmetro (DE SOUZA CARVALHO et al., 2020; WANG et al., 2019).

6.1.2.2 Efeitos do ultrassom nos compostos bioativos

O ultrassom proporcionou maior preservação do ácido ascórbico e dos compostos bioativos fenólicos totais ao longo da vida de prateleira das bebidas, enquanto que, o tratamento térmico resultou em uma perda drástica em seu conteúdo ($p \leq 0,05$) (Figura 7). Houve cerca de 90,40 % de redução do ácido ascórbico na bebida HP10 e de 54,38 % na bebida US10 durante o armazenamento. Portanto, apesar de não preservar este nutriente durante processamento, o uso de ultrassom permitiu maior estabilidade do composto ao longo de sua vida útil quando comparado ao tratamento térmico, conforme observado para néctar de graviola (ANAYA-ESPARZA et al., 2017). Assim, o uso de ultrassom fornece maior estabilidade para esses compostos ao longo do armazenamento, que pode estar relacionado ao fenômeno de cavitação das ondas ultrassônicas (AADIL et al., 2013).

Figura 7 - Ácido ascórbico e compostos fenólicos totais da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.



Fonte: o autor, 2021.

C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

6.1.2.3 Efeitos do ultrassom nos parâmetros microbiológicos

Coliformes totais e *Salmonella* não foram detectados em nenhuma das bebidas durante o processamento e armazenamento. O uso de ultrassom permitiu uma contagem mais baixa de microrganismos durante a vida de prateleira devido ao seu tempo de exposição, com destaque para a bebida US40, que não apresentou microrganismos aeróbios mesófilos a qualquer momento durante o armazenamento, enquanto que, a presença de bolores e leveduras só foi detectada no dia 28 ($p \leq 0,05$) (Tabela 10).

Tabela 10 - Qualidade microbiológica da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.

Microorganismos (Log ₁₀ CFU.mL ⁻¹)	Dias de armazenamento	Bebidas de palma				
		C0	HP10	US10	US20	US40

Aeróbios mesófilos	1	4,98±0,08	ND	ND	ND	ND
	7	INC	ND	2,42±0,15 ^B	ND	ND
	14	INC	ND	3,64±0,09 ^{Aa}	1,08±0,06 ^{Bb}	ND
	21	INC	1,39±0,07 ^{Bb}	4,21±0,10 ^{Aa}	1,43±0,07 ^{Bb}	ND
	28	INC	1,78±0,04 ^{Aa}	UC	1,97±0,03 ^{Aa}	ND
Bolores e leveduras	1	3,60±0,07 ^A	ND	ND	ND	ND
	7	4,01±0,07 ^{Aa}	ND	2,21±0,07 ^{Ab}	ND	ND
	14	5,69±0,07 ^{Aa}	ND	2,98±0,07 ^{Ab}	1,36±0,07 ^{Ac}	ND
	21	INC	1,02±0,07 ^{Ac}	3,44±0,07 ^{Aa}	1,94±0,07 ^{Ab}	ND
	28	INC	1,35±0,07 ^{Ac}	4,01±0,07 ^{Aa}	2,22±0,07 ^{Ab}	1,24±0,07 ^{Ac}

Fonte: o autor, 2021.

^{a-d}Médias ± desvios padrão com diferentes letras minúsculas na mesma linha denotam diferença entre as bebidas, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{A-D}Médias ± desvios padrão com diferentes letras maiúsculas na mesma coluna denotam diferença entre os períodos de armazenamento, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos. INC = incontável; ND = não detectado.

A bebida HP10 apresentou melhores resultados quando em comparação com C0 e piores quando comparada às bebidas submetidas ao tratamento ultrassônico. Portanto, embora o aumento do pH possa indicar a presença de processos de fermentação que favorecem as condições de crescimento de certos microrganismos (JAMBRAK et al., 2018), o ultrassom foi capaz de reduzir e/ou inibir a carga microbiana durante a vida de prateleira das bebidas de palma brasileira, uma vez que a geração de cavitação intracelular e os choques mecânicos resultantes podem afetar os componentes celulares estruturais e funcionais a ponto de levar à *lise* celular de alguns microrganismos (KAKAGIANNI et al., 2020; JAMBRAK et al., 2018).

Alvarado-Morales et al. (2019) reportaram que o uso de ultrassom em bebida de *Aloe vera* pode ser uma alternativa ao processo de tratamento térmico, uma vez que a sonicação pode ser capaz de inativar as bactérias fermentativas, ratificando o que foi observado no presente estudo. Descobertas semelhantes em aumento da inativação microbiana foram observadas em bebidas sonicadas de *Spondias mombin* L. (OLADUNJOYE et al., 2021) e amora-preta (PÉREZ-GRIJALVA et al., 2018).

6.1.2.4 Efeitos do ultrassom nos aspectos sensoriais

É possível observar que a bebida US40 apresentou a melhor aceitabilidade durante o armazenamento (Tabela 11). Elevada aceitabilidade também foi observada

para uma bebida de *Spondias mombin* L. tratada com ultrassom quando comparada ao tratamento térmico (OLADUNJOYE et al., 2021). Abid et al. (2014) também observaram respostas positivas de grupos de consumidores que preferiram bebidas tratadas com ultrassom no lugar daquelas tratadas com um meio térmico.

Tabela 11 - Aceitabilidade de bebida de palma submetida a diferentes tratamentos ao longo de sua vida útil.

Dias de armazenamento	Bebidas de palma				
	C0	HP10	US10	US20	US40
1	8,2 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}	8,5 ^{Aa}	8,6 ^{Aa}	8,5 ^{Aa}
7	7,7 ^{Bb}	8,1 ^{Ba}	8,3 ^{Aa}	8,3 ^{Aa}	8,4 ^{Aa}
14	7,5 ^{Bb}	7,9 ^{Ba}	8,0 ^{Ba}	8,2 ^{Aa}	8,1 ^{Aa}
21	6,9 ^{Cde}	6,8 ^{Cd}	7,6 ^{Cbc}	7,8 ^{Bab}	8,0 ^{Aa}
28	6,1 ^{Dde}	6,4 ^{Dd}	7,2 ^{Cbc}	7,4 ^{Cab}	7,9 ^{Ba}

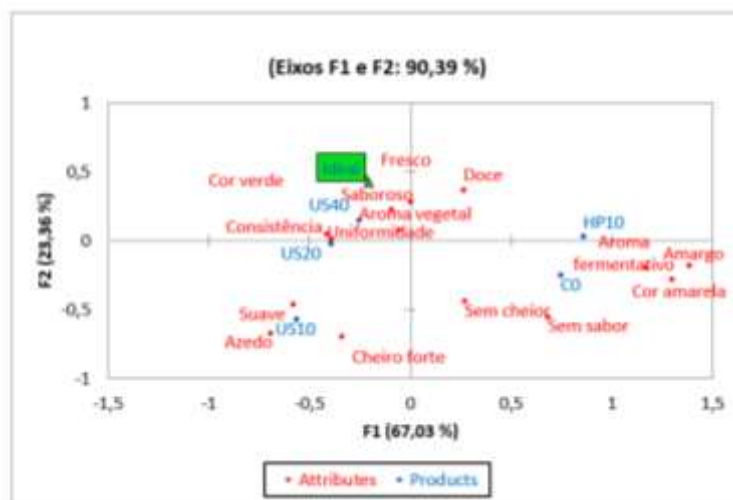
Fonte: o autor, 2021.

^{a-d}Médias $\pm$ desvios padrão com diferentes letras minúsculas na mesma linha denotam diferença entre as bebidas, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{A-D}Médias $\pm$ desvios padrão com diferentes letras maiúsculas na mesma coluna denotam diferença entre os períodos de armazenamento, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

Também é possível observar que o ultrassom melhorou o prazo de validade da bebida em 14 dias (US40). O uso de sonicação também estendeu a vida de prateleira do *pulque* em até 24 dias (ALCÁNTARA-ZAVALA et al., 2021). Foi observada uma queda mais acentuada nos parâmetros de qualidade das bebidas após o 14º dia de armazenamento, principalmente nas bebidas C0 e HP10, o que reduziu significativamente a aceitabilidade do produto. Portanto, vamos apresentar as AFC e AFM observadas no 14º dia.

Com base nos resultados do CATA (Figura 8), a bebida HP10 está fortemente correlacionada com os termos fermentativo, amargo e cor amarela (atributos de aroma, sabor e aparência), e as bebidas US20 e US40 foram relacionadas com uniformidade, consistência, aroma vegetal, saboroso, fresco, e coloração verde (atributos de textura, aroma, sabor e cor). A bebida US40 também foi a mais próxima da bebida ideal de acordo com os participantes.

Figura 8 - Análise Fatorial de Correspondência (AFC) de atributos sensoriais e amostras de bebida de palma submetida a diferentes tratamentos no 14º dia de armazenamento.

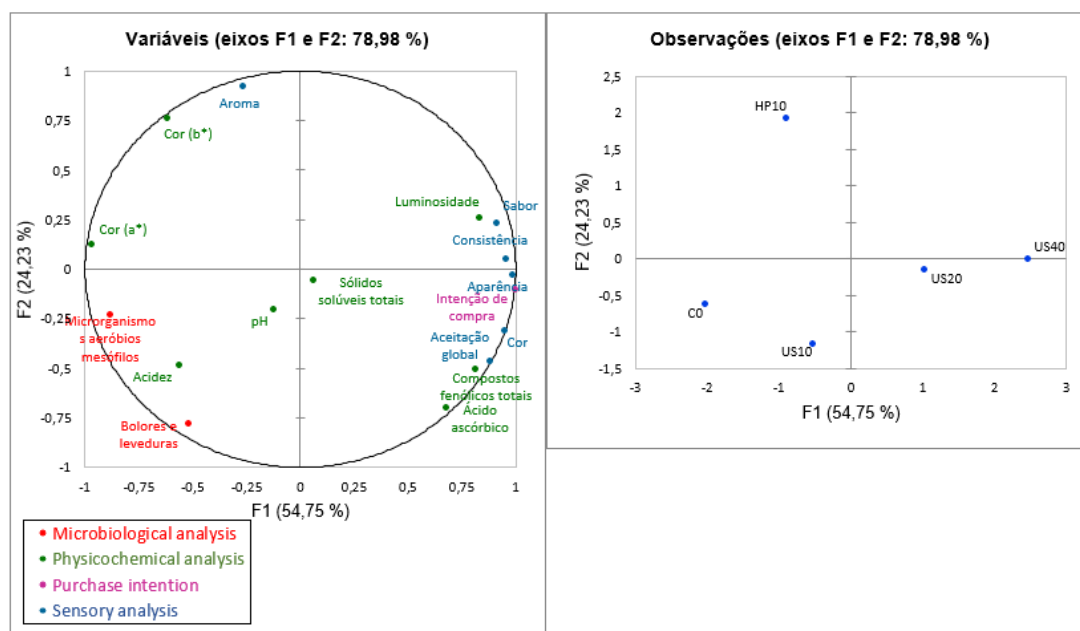


Fonte: o autor, 2021.

C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

A AFM tornou possível trabalhar com diferentes grupos de variáveis como aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais, a fim de obter uma representação concisa de todos os resultados juntos, e ligando-os ao posicionamento das amostras (Figura 9). A Tabela 12 mostra que houve boa correlação entre análises físico-químicas e sensoriais (0,830). A intenção de compra (usada como variável suplementar) teve uma alta correlação com as análises sensoriais (0,947). Intenção de compra e análises físico-químicas também foram bem correlacionadas (0,748).

Figura 9 - Análise Fatorial Múltipla (AFM) da bebida de palma submetida a diferentes tratamentos no dia 14 de armazenamento com seus respectivos mapas de amostras.



Fonte: o autor, 2021.

C0 = bebida controle; HP10 = bebida submetida ao tratamento de pasteurização por 10 minutos; US10 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 10 minutos; US20 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 20 minutos; US40 = bebida submetida ao tratamento com ultrassom por 40 minutos.

Tabela 12 - Coeficiente RV entre intenção de compra e análises físico-química, microbiológica e sensorial para bebida de palma submetida a diferentes tratamentos no 14º dia de armazenamento.

	Análises físico-químicas	Análises microbiológicas	Análises sensoriais	Intenção de compra	AFM
Análises físico-químicas	1.000	0.465	0.830	0.748	0.898
Análises microbiológicas	0.465	1.000	0.547	0.574	0.767
Análises sensoriais	0.830	0.547	1.000	0.947	0.920
Intenção de compra	0.748	0.574	0.947	1.000	0.876
AFM	0.898	0.767	0.920	0.876	1.000

Fonte: o autor, 2021.

De acordo com o coeficiente RV, podemos observar que conforme aumentamos a exposição da bebida ao tratamento ultrassônico, as mudanças positivas foram observadas pelos consumidores devido aos maiores valores de RV e à correlação com a aceitabilidade e intenção de compra. No entanto, a bebida HP10

foi associada com menor preferência durante a vida de prateleira. Reações de escurecimento e uma menor quantidade de compostos antioxidantes, que afetam diretamente a cor original do produto, podem estar diretamente envolvidas na maior rejeição desta bebida durante o armazenamento (CAO et al., 2018). Ademais, o pH, a fermentação e a carga microbiana afetam diretamente os parâmetros sensoriais de aroma e sabor (JAMBRAK et al., 2018). Assim, o calor pode modificar negativamente algumas propriedades dos alimentos, como cor, valor nutricional e/ou as propriedades sensoriais, enquanto que, o ultrassom as preserva (SANTHIRASEGARAM et al., 2013), o que leva a um aumento na aceitabilidade do produto, conforme observado na intenção de compra para a bebida US40 ($p \leq 0,05$).

Portanto, a tendência em tecnologias emergentes para substituir o tratamento térmico está aumentando o uso de técnicas como o ultrassom, que representa uma alternativa de sucesso para o desenvolvimento de alimentos seguros com o mínimo de danos às propriedades nutricionais e sensoriais. Como já mencionados, os principais aspectos que impulsionam o desenvolvimento destas tecnologias são obter produtos com maior qualidade, segurança e vida útil ampliada (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2019).

6.2 FASE 2 – AVALIAÇÃO DO PRODUTO ATRAVÉS DE ANÁLISES COM CONSUMIDORES DE BAIXA RENDA E EM SITUAÇÃO DE INSEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

O estudo enfatizou a interação entre propriedades sensoriais, expectativas, experiências, emoções e aspectos sociodemográficos de potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional em relação ao uso de uma bebida não tradicional de palma.

6.2.1 Etapa 1: Caracterização sensorial da bebida de palma

6.2.1.1 Principais características dos participantes

A Tabela 13 apresenta os resultados das variáveis sociodemográficas nos três tratamentos. A hipótese nula de igualdade das características sociodemográficas nas três amostras de tratamento pode ser rejeitada ($p \leq 0,05$) apenas para 3 das 19

variáveis, sugerindo que houve uma randomização bem-sucedida. Outros resultados mostraram que os participantes do estudo geralmente apresentavam famílias grandes ($6,17 \pm 1,75$ pessoas), eram em sua maioria adultos ($40,97 \pm 15,89$ anos), sendo 51,9 % do sexo feminino, com baixa renda familiar ao ano (R\$ $4.548 \pm 175,71$). Indicaram também que 31,6 % dos participantes possuíam ensino fundamental completo, mas apenas 4 % cursaram a universidade, sugerindo que os respondentes do estudo possuíam baixo nível de escolaridade. Além disso, 74,4 % dos participantes eram casados e a ocupação principal era trabalho braçal (55,4 %), o que está relacionado ao baixo nível de alfabetização e à região onde moram.

Tabela 13 - Resumo das informações sociodemográficas dos participantes (n = 600).

Variável	Controle (n = 200)	Vantagens (n = 200)	Inconveniências (n = 200)	Significância (p) ^a
Descritivas				
Tamanho da família (nº de pessoas)	6,17 (1,09)	6,28 (2,47)	6,06 (1,84)	0,082
Idade dos participantes (anos)	39,93 (15,01)	40,07 (15,27)	42,91 (15,12)	0,047
Salário familiar (Real) ^b	4540 (171,85)	4596 (174,04)	4509 (172,11)	0,124
Frequências				
	Proporção (%)	Proporção (%)	Proporção (%)	
Gênero (Feminino)	52,1	51,2	51,4	0,046
<i>Maior nível de educação</i>				
Não escolar e primária incompleta	28,7	29,8	28,6	0,079
Primária completa	30,4	30,5	31,7	0,102
Fundamental completo	31,9	31,6	30,4	0,231
Ensino médio	5	4,2	5,1	0,032
Universidade	4	3,9	4,2	0,311
<i>Estado civil</i>				
Casado(a)	74,5	74,2	74,7	0,095
Solteiro(a)	6,9	6,7	6,8	0,142
Viúvo(a)	14,5	15,1	14,4	0,079
Divorciado(a)	2,9	2,6	2,8	0,087
União estável	1,2	1,4	1,3	0,244
<i>Ocupação</i>				
Trabalho em tempo integral	20,1	20,4	20,2	0,168
Autônomo	8,4	7,2	7,7	0,097
Trabalho braçal	55,7	55,2	55,4	0,096
Estudante	5,1	6,7	6,5	0,084
Nenhuma das anteriores	10,7	10,5	10,2	0,195

Fonte: o autor, 2021.

Desvios padrão de variáveis contínuas estão entre parênteses. ^aHipótese: a distribuição da variável é a mesma nas categorias de tratamento (ANOVA One-Way para variáveis descritivas ou contínuas e teste de Kruskal-Wallis para frequências); ^bSoma das receitas totais de 2019.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019), 46,6 % da população com 25 anos ou mais concentra-se em níveis de escolaridade até o ensino fundamental completo ou equivalente; 27,4 % com ensino médio completo ou equivalente; e 17,4 % com ensino superior completo. Porém, a região Nordeste, onde foi realizado o presente estudo, apresentou a maior taxa de analfabetismo (13,9 %). Isso representa uma taxa cerca de quatro vezes superior às taxas estimadas para as regiões Sudeste e Sul (ambas com 3,3 %), corroborando o baixo nível de escolaridade encontrado nessa região.

6.2.1.2 Caracterização sensorial esperada

Os resultados das avaliações dos parâmetros sensoriais esperados, além da aceitação e da EAAA (Tabela 14, coluna ‘Antes da degustação’) mostram diferenças entre os tratamentos em relação às variáveis. O sensorial esperado para o grupo Inconveniências apresentou as notas mais baixas para todas as variáveis, ressaltando que as informações fornecidas resultaram em um efeito negativo no apelo sensorial. Porém, para os grupos Controle e Vantagens, foi rejeitada a hipótese de que o sensorial esperado diferia entre os tratamentos, exceto para o aroma, sabor, aceitação global e EAAA ($p \leq 0,05$). Para esta última variável, as notas do grupo Vantagens estavam no nível superior (“Eu beberia isso frequentemente”), seguido pelo grupo Controle (“Eu gosto disso e beberia de vez em quando”).

Tabela 14 - Apelo sensorial da bebida de palma antes (expectativas) e depois da degustação (realidade).

Tratamento	Variável	Antes da degustação (expectativas)	Após a degustação (realidade)
Controle (n = 200)	Aparência	8,5 ($\pm 1,19$) ^{Aa}	8,6 ($\pm 0,98$) ^{Ba}
	Aroma	7,2 ($\pm 0,87$) ^{Bb}	8,4 ($\pm 1,12$) ^{Ba}
	Sabor	7,1 ($\pm 0,79$) ^{Bb}	8,8 ($\pm 1,89$) ^{Ba}
	Textura	8,7 ($\pm 1,07$) ^{Aa}	8,8 ($\pm 1,09$) ^{Ba}
	Nutritivo	9,0 ($\pm 0,76$) ^{Aa}	9,1 ($\pm 1,01$) ^{Aa}
	Aceitação global	7,9 ($\pm 0,85$) ^{Bb}	8,7 ($\pm 0,79$) ^{BCa}
	Aceitação (EAAA)	6,9 ($\pm 1,31$) ^{Bb}	8,1 ($\pm 1,87$) ^{Ba}
Vantagens (n = 200)	Aparência	8,7 ($\pm 0,97$) ^{Aa}	8,9 ($\pm 1,11$) ^{Aa}
	Aroma	8,1 ($\pm 0,84$) ^{Ab}	8,9 ($\pm 0,82$) ^{Aa}
	Sabor	8,2 ($\pm 1,46$) ^{Ab}	9,1 ($\pm 1,39$) ^{Aa}
	Textura	8,7 ($\pm 1,05$) ^{Aa}	8,9 ($\pm 1,13$) ^{Aa}
	Nutritivo	9,1 ($\pm 0,77$) ^{Aa}	9,2 ($\pm 0,98$) ^{Aa}

	Aceitação global	8,5 ($\pm 0,89$) ^{Ab}	9,1 ($\pm 0,92$) ^{Aa}
	Aceitação (EAAA)	7,8 ($\pm 1,14$) ^{Ab}	8,9 ($\pm 1,22$) ^{Aa}
Inconveniências (n = 200)	Aparência	7,4 ($\pm 1,25$) ^{Cb}	8,5 ($\pm 1,49$) ^{BCa}
	Aroma	7,0 ($\pm 1,11$) ^{BCb}	8,2 ($\pm 1,78$) ^{BCa}
	Sabor	6,9 ($\pm 1,42$) ^{BCb}	8,7 ($\pm 1,66$) ^{BCa}
	Textura	7,3 ($\pm 0,59$) ^{Cb}	8,5 ($\pm 0,83$) ^{BCa}
	Nutritivo	7,1 ($\pm 0,93$) ^{Cb}	8,8 ($\pm 1,04$) ^{Ba}
	Aceitação global	7,1 ($\pm 1,16$) ^{Cb}	8,9 ($\pm 1,27$) ^{Ba}
	Aceitação (EAAA)	3,5 ($\pm 1,31$) ^{Cb}	7,7 ($\pm 1,08$) ^{Ca}

Fonte: o autor, 2021.

Desvios padrão de variáveis contínuas estão entre parênteses. ^{a-c}Médias $\pm$ desvios padrão com diferentes letras minúsculas na mesma linha denotam diferença entre antes e depois da degustação, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{A-C}médias $\pm$ desvios padrão com diferentes letras maiúsculas na mesma coluna denotam diferença entre os diferentes tratamentos, com base no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). EAAA = Escala de Avaliação de Ação Alimentar. Pontuação média para avaliação sensorial: 1 = “Desgostei muitíssimo” a 10 = “Gostei muitíssimo”. Pontuação média para aceitação (EAAA): 1 = “Eu comeria isso somente se fosse forçado” a 9 = “Eu comeria isso em todas as oportunidades que tivesse”.

O grupo Inconveniências estava no nível inferior (“Eu dificilmente beberia isso”). Dado que as avaliações ocorreram antes da degustação, os entrevistados só puderam formar expectativas sensoriais com base nas informações específicas do tratamento disponível, crenças pessoais e a apresentação visual da bebida de palma conforme exibida. Lagerkvist et al. (2016) argumentam que os participantes também podem formar representações mentais de alimentos que influenciam na caracterização sensorial esperada.

Além disso, questões relacionadas à disponibilidade, preço, conhecimento e ambiente social podem inibir a ingestão desse alimento, que não forma parte da cultura alimentar brasileira (TAN; VERBAAN; STIEGER, 2017). Em contraste, os consumidores se envolvem com a ideia de ingredientes sustentáveis e que esse ingrediente sustentável tem potencial para o desenvolvimento de novos produtos. Também se destacou o valor de medir a resposta emocional para novos produtos para entender o que pode impulsionar o comportamento de compra quando os produtos são combinados para aumentar a aceitação (YANG et al., 2020).

O efeito da informação para o atributo nutritivo foi significativamente menor para o grupo Inconveniências ($p \leq 0,05$) e semelhante para os grupos Controle e Vantagens ($p > 0,05$). Isso sugere que a natureza das informações fornecidas modulou as expectativas sobre a percepção de adequação nutricional da bebida de palma. Especificamente, o principal efeito da informação sobre os inconvenientes esperados, afetou negativamente o que os participantes esperavam para o atributo nutritivo. Já as informações sobre as vantagens do consumo da bebida de palma não

influenciaram o esperado para o atributo nutritivo quando comparado ao grupo Controle.

Os participantes do grupo Inconveniências esperavam que o sabor estivesse no nível mais baixo de adequação, enquanto que, o grupo Vantagens esperava um nível mais alto. No entanto, o grupo Controle esperava atributos de aroma e sabor semelhantes aos encontrados para o grupo Inconveniências, indicando que os participantes do grupo Controle foram capazes de mostrar preocupação com atributos sensoriais "negativos", mesmo sem receberem informações negativas sobre o produto (PAMBO et al., 2018). Para a aceitação global, o grupo Vantagens apresentou nível superior, enquanto que, o grupo Inconveniências apresentou nível inferior e o Grupo Controle o nível intermediário, corroborando que o tipo de informação prestada influencia diretamente na expectativa de aceitação de um alimento não tradicional ($p \leq 0,05$).

As emoções positivas e negativas esperadas podem ajudar a explicar porque esses fatores situacionais aumentam a aceitação ou rejeição antecipada desses alimentos (NATH; CANNON; PHILIPP, 2019). Em contraste, as situações ambientais que aumentam a aceitação antecipada são semelhantes às que aumentam a aceitação de alimentos típicos (em vez de novos) (MANOHAR; REHMAN; SIVAKUMARAN, 2021). Tomados em conjunto, esses resultados revelam o papel dos fatores situacionais na ingestão antecipada de uma variedade de novos/desconhecidos alimentos, fornecendo assim, implicações práticas sobre como/onde introduzir tais alimentos ou criar situações apropriadas para aumentar a aceitação e a exposição a tais alimentos (MOTOKI et al., 2022). Portanto, a estratégia de marketing para efetivamente introduzir um novo alimento em um país com cultura regional variada como o Brasil deve ser focada nos valores e crenças de seus subgrupos culturais ao invés de uma estratégia única para todo o país (BISWISCONSIN-JÚNIOR et al., 2020 ; MARTINS et al., 2019).

6.2.1.3 Caracterização sensorial real

Os resultados para o apelo sensorial real (Tabela 14, coluna 'Após a degustação') mostraram algumas diferenças entre os três tratamentos. O grupo Vantagens apresentou níveis superiores para todas as variáveis. Porém, os grupos Controle e Inconveniências apresentaram resultados semelhantes para todas as

variáveis, exceto nutritivo e EAAA. Para esta última variável, o grupo Inconveniências apresentou o nível mais baixo (“Eu beberia isso frequentemente”) e o grupo Vantagens apresentou o maior (“Eu beberia isso com muita frequência”). Porém, a maioria das variáveis apresentou aumento antes e depois da degustação em todos os tratamentos. Esses resultados indicam que a oportunidade de saborear a bebida de palma brasileira teve uma influência positiva no apelo sensorial da palma pelos três grupos de tratamento. Albuquerque et al. (2019) obtiveram resultados semelhantes para um cookie de palma brasileira, no qual houve boa aceitabilidade.

As avaliações dos participantes sobre a caracterização sensorial mudaram significativamente após a degustação da bebida de palma. Os resultados também revelaram diferenças específicas do tratamento entre a aceitação real e a esperada. Os grupos Vantagens e Controle mostraram menos diferenças (apenas 4 variáveis foram significativamente diferentes) entre as avaliações esperadas e reais após a degustação: aroma, sabor, aceitação global e EAAA.

A avaliação de todas as variáveis mudou após a degustação para o grupo Inconveniências. Por exemplo, o sabor mudou de 6,9 ($\pm 1,42$) antes da degustação para 8,7 ($\pm 1,66$) após a degustação. Possivelmente, o efeito das informações negativas fornecidas aos participantes ressaltou que estes não tinham ideia do que esperar. A degustação real simplesmente modulou a avaliação desse atributo à medida que os participantes experimentavam o produto (PAMBO et al., 2018).

Curiosamente, o atributo nutritivo teve o maior aumento quando comparadas as degustações esperada e real (23,94 %). Porém, os grupos Controle e Vantagens apresentaram aumento de apenas 1 % para essa variável. Essa descoberta é de grande interesse para o desenvolvimento de produtos. Enquanto os indivíduos podem expressar suas preocupações com as mudanças sensoriais relacionadas ao processamento de bebidas de palma, sua percepção de alimento nutritivo processado à base deste vegetal se acentua com a degustação.

Outro efeito de informação surpreendente foi observado para o grupo de Inconveniências: a EAAA passou de “Eu dificilmente beberia isso” para “Eu beberia isso frequentemente”. De forma semelhante, a aceitação global neste grupo teve um aumento de 25,35 % de antes (esperado) para depois (realidade) da degustação. Estudos anteriores deram uma contribuição importante para a aceitação do consumidor de alimentos menos conhecidos/menos documentados e/ou subutilizados, por exemplo, mingau de milho duro (KALUMBI et al, 2019) e bebidas

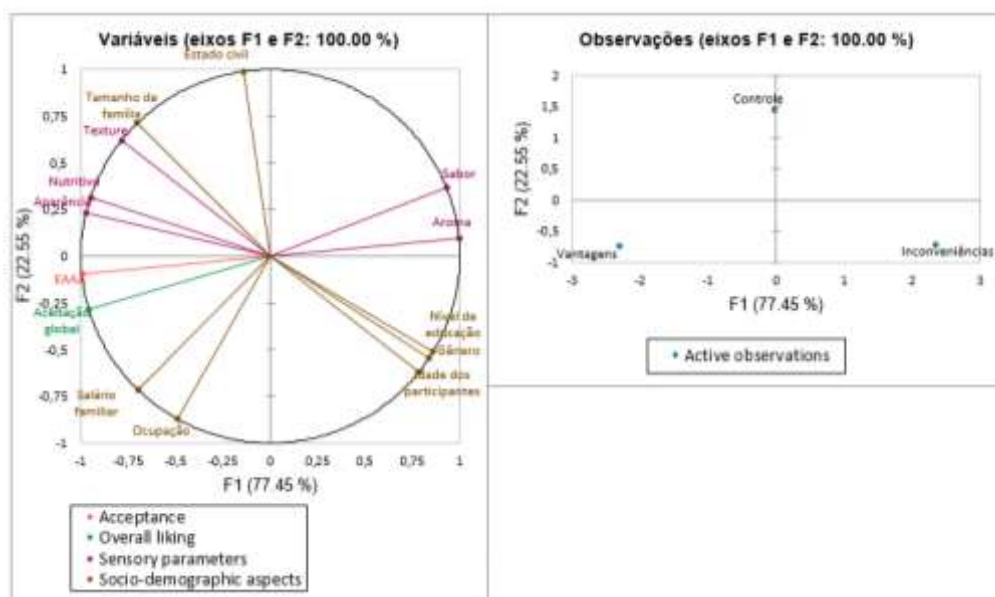
de *cocoyam* (SOBOWALE et al., 2018), urtiga (SHONTE e DE KOCK, 2017), noz de tigre (SA'ID; ABUBAKAR; BELLO, 2017), amendoim *Bambara* (OYEYINKA; PILLAY; SIWELA, 2017) e amaranto de grão (KAMOTO; KASAPILA E NG'ONG'OLA-MANANI, 2018). No entanto, nenhum desses estudos avaliou a degustação esperada e real de um alimento não tradicional como em nosso estudo.

Tomados em conjunto, esses resultados indicam que fornecer informações sobre o produto afetam o apelo sensorial. Eles também indicam que a degustação real da bebida de palma melhorou a convergência do apelo sensorial das variáveis para um nível superior. Esta descoberta é relevante para o desenvolvimento da bebida de palma para a sua comercialização. Isso sugere a necessidade de combinar a comercialização da bebida com a degustação real durante a fase introdutória da promoção do produto, especialmente durante o lançamento no mercado (PAMBO et al., 2018). Portanto, o desenvolvimento de novos alimentos é sempre desafiador, e incluir a opinião dos consumidores durante o processo de implementação é crucial para otimizar a recepção bem-sucedida do produto no mercado (MORA et al., 2020).

6.2.1.4 Efeito das informações sociodemográficas no apelo sensorial antes e depois da degustação

A AFM possibilitou trabalhar com diferentes grupos de variáveis, como aspectos sociodemográficos e caracterização sensorial, a fim de obter uma representação concisa de todos os resultados em conjunto antes (expectativas) e depois (realidade) da degustação (Figuras 10 e 11, respectivamente). Esta metodologia estatística permite analisar o consenso entre diferentes variáveis que diferem em número e natureza dos dados (LOUW et al., 2013).

Figura 10 - Análise Fatorial Múltipla (AFM) da avaliação sensorial da bebida de palma com potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional antes da degustação, com seu respectivo mapa de amostras.



Fonte: o autor, 2021.

EAAA = Escala de Avaliação de Ação Alimentar.

A Tabela 15 mostra o coeficiente RV para a bebida de palma antes da degustação para os três tratamentos aplicados. Houve boa correlação entre os aspectos sociodemográficos e parâmetros sensoriais (0,780). Os parâmetros sensoriais também tiveram alta correlação com a aceitação global (0,832) e com a EAAA (0,940). Esses dois últimos também apresentaram boa correlação entre si (0,961).

Na Figura 10 podemos observar que antes da degustação, a rejeição da bebida de palma pelo grupo Inconveniências estava diretamente associada aos aspectos sociodemográficos de gênero, escolaridade e idade do participante. Isso significa que o sexo feminino, a baixa escolaridade e os participantes com maior idade aumentam a rejeição observada nesse grupo. No entanto, é importante ressaltar que este grupo apresentou diferenças para as variáveis idade, sexo e escolaridade e isso pode ter influenciado nos resultados obtidos, embora Pambo et al. (2018) observaram resultados semelhantes para aspectos sociodemográficos e parâmetros sensoriais para pãezinhos com farinha de insetos.

Os aspectos sensoriais de aroma e sabor também estiveram relacionados à rejeição no tratamento de Inconveniências. Para o grupo Vantagens foi possível observar que os aspectos sociodemográficos de renda familiar e ocupação estiveram diretamente associados à aceitação da bebida. Isso significa que uma melhor renda familiar e um emprego em tempo integral aumentam a aceitação observada nesse

grupo, o que também está relacionado aos aspectos sensoriais de aparência, textura e nutritivo.

Tabela 15 - Coeficiente RV entre aspectos sociodemográficos, parâmetros sensoriais, aceitação global e EAAA, antes (expectativas) da degustação da bebida de palma.

	Aspectos sociodemográficos	Parâmetros sensoriais	Aceitação global	EAAA	AFM
Aspectos sociodemográficos	1.000	0.780	0.524	0.596	0.808
Parâmetros sensoriais	0.780	1.000	0.832	0.940	0.975
Aceitação global	0.524	0.832	1.000	0.961	0.904
EAAA	0.596	0.940	0.961	1.000	0.954
AFM	0.808	0.975	0.904	0.954	1.000

Fonte: o autor, 2021.

EAAA = Escala de Avaliação de Ação Alimentar.

A Tabela 16 mostra o coeficiente RV para a bebida de palma após a degustação para os três tratamentos aplicados. Houve boa correlação entre aspectos sociodemográficos e parâmetros sensoriais (0,801). Os parâmetros sensoriais também tiveram alta correlação com a aceitação global (0,902). Na Figura 11 podemos observar que a bebida de palma foi mais aceita pelo grupo Inconveniências após a degustação, o que foi relacionado aos aspectos sociodemográficos da ocupação, renda e tamanho da família, idade dos participantes e escolaridade.

Já para o grupo Vantagens foi possível observar que o aspecto sociodemográfico de gênero, a aceitação global e os parâmetros sensoriais de aroma, aparência e sabor estiveram diretamente associados à aceitação da bebida de palma. Curiosamente, os resultados do grupo Inconveniências se aproximaram dos do grupo Vantagens após a degustação, corroborando que degustar um produto não tradicional resulta em um efeito positivo, mesmo quando a informação anterior à degustação não é positiva. Resultados semelhantes foram observados por Pambo et al. (2018).

Tabela 16 - Coeficiente RV entre aspectos sociodemográficos, parâmetros sensoriais, aceitação global e EAAA, após (realidade) a degustação da bebida de palma.

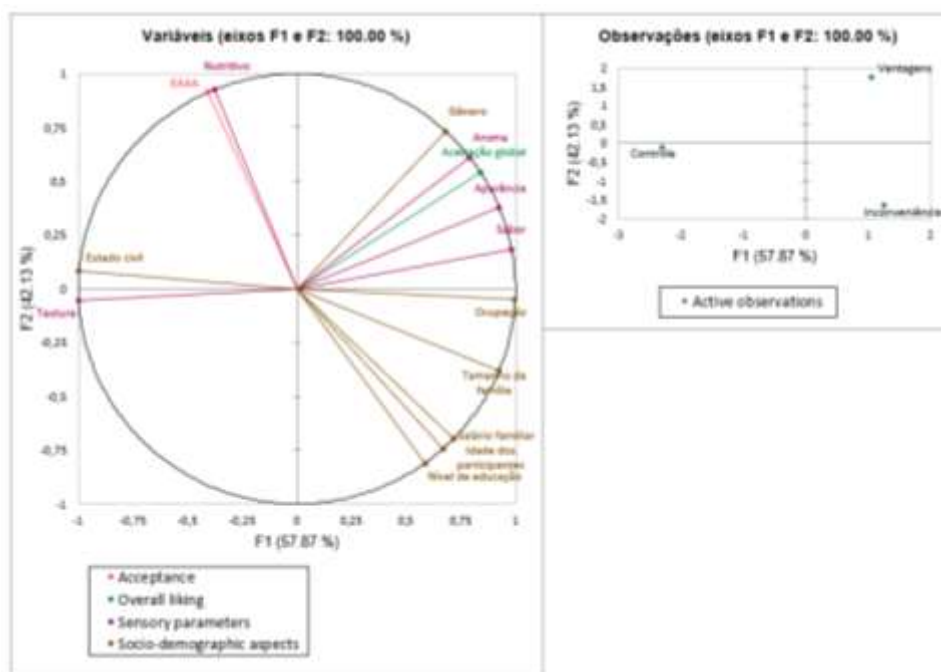
	Aspectos sociodemográficos	Parâmetros sensoriais	Aceitação global	EAAA	AFM
--	-----------------------------------	------------------------------	-------------------------	-------------	------------

Aspectos sociodemográficos	1.000	0.801	0.470	0.687	0.919
Parâmetros sensoriais	0.801	1.000	0.902	0.311	0.936
Aceitação global	0.470	0.902	1.000	0.024	0.743
EAAA	0.687	0.311	0.024	1.000	0.625
AFM	0.919	0.936	0.743	0.625	1.000

Fonte: o autor, 2021.

EAAA = Escala de Avaliação de Ação Alimentar.

Figura 11 - Análise Fatorial Múltipla (AFM) da avaliação sensorial da bebida de palma com potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional após a degustação, com seu respectivo mapa de amostras.



Fonte: o autor, 2021.

EAAA = Escala de Avaliação de Ação Alimentar.

A inter-relação entre as características socioeconômicas (ou seja, tamanho da família, idade dos participantes, renda familiar, gênero, escolaridade e ocupação) e os tratamentos (antes e depois da degustação) revelou efeitos significativos para o nível de educação, renda familiar e gênero. Participantes relativamente mais instruídos e com melhor renda perceberam que a bebida de palma apresenta um nível nutricional mais adequado. Este achado está de acordo com os de Alemu et al. (2017) e Pambo et al. (2017), que indicam que a educação e o conhecimento dos consumidores sobre os benefícios dos alimentos não tradicionais influenciam diretamente sua percepção

e comportamento de consumo. Portanto, um alto nível de alfabetização é importante para campanhas de conscientização pública sobre alimentos não tradicionais, especialmente por meio da mídia impressa (PAMBO et al., 2018).

Em relação à renda familiar, os consumidores de baixa renda estão sempre preocupados com o preço dos alimentos e não com seu aspecto nutricional (GAMA et al., 2018), conforme observado no presente estudo. Os participantes do sexo masculino perceberam que a bebida de palma apresenta um nível nutritivo mais ideal em comparação com as mulheres. Esse achado corrobora os achados de Caparros Megido et al. (2016) e Barsics et al. (2017), que descobriram que o gênero é um fator determinante nas decisões de escolha alimentar (hábitos alimentares) e avaliações sensoriais. Hartmann e Siegrist (2016) e Alemu et al. (2017) também argumentam que as mulheres têm mais atitudes neofóbicas em relação aos alimentos não tradicionais em comparação com os homens. Ademais, Verbeke (2015) relata que os homens tendem a ser mais aventureiros no paladar e consideram o consumo de alimentos não tradicionais menos repugnante do que as mulheres.

As principais dificuldades enfrentadas pelos consumidores de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional podem ser resumidas em quatro variáveis de acordo com Pels e Sheth (2017): renda (não ter uma renda constante, acesso restrito a produtos e serviços financeiros); conhecimentos e habilidades (baixo nível de alfabetização e preparação técnica); condições de habitação (viver em um assentamento informal); e o papel das redes sociais (alta inserção social). Todos eles foram observados no presente estudo.

6.2.2 Etapa 2: Questionário de Escolha de Alimentos (QEA)

A Tabela 17 mostra o coeficiente RV entre os aspectos sociodemográficos e a escolha alimentar, com alta correlação (0,760). Na Figura 12, podemos ver que, para o grupo Inconveniências, os aspectos sociodemográficos de tamanho e renda familiar, nível de escolaridade, idade dos participantes e ocupação, estão diretamente associados aos aspectos de preço e humor no momento da escolha alimentar. Isso significa que potenciais consumidores com grande porte familiar, baixa renda e escolaridade, idade avançada e trabalho braçal, estão mais preocupados com o preço dos alimentos e seu humor influencia diretamente na escolha dos produtos. Curiosamente, o baixo custo da bebida de palma e a boa experiência após sua

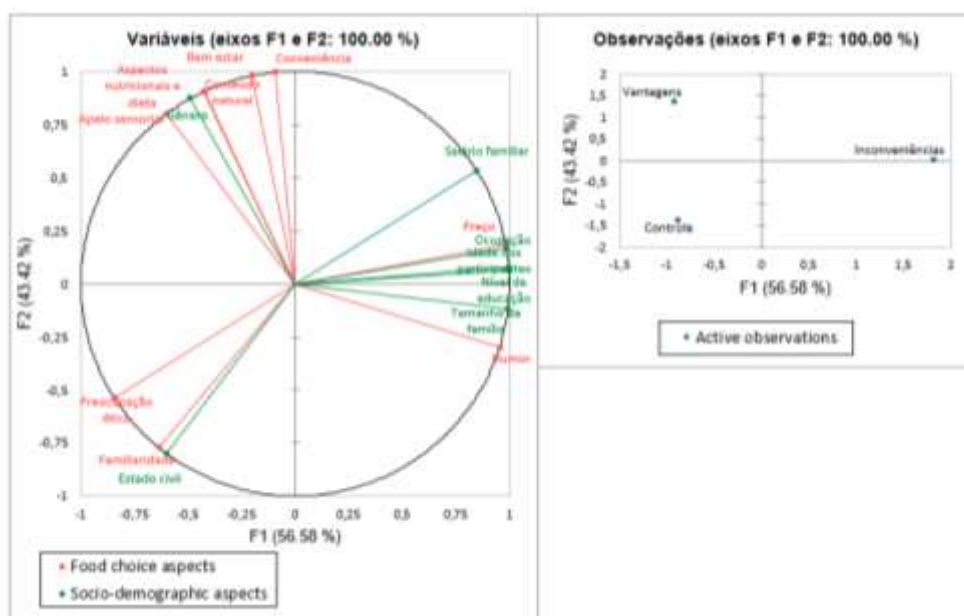
degustação podem influenciar sua aceitabilidade. Conhecer os fatores que influenciam sua aceitação é muito importante no desenvolvimento de produtos não tradicionais (ALBUQUERQUE et al., 2019).

Tabela 17 - Coeficiente RV entre aspectos sociodemográficos e de escolha alimentar.

	Aspectos sociodemográficos	Aspectos de escolha alimentar	AFM
Aspectos sociodemográficos	1.000	0.760	0.930
Aspectos de escolha alimentar	0.760	1.000	0.946
AFM	0.930	0.946	1.000

Fonte: o autor, 2021.

Figura 12 - Análise Fatorial Múltipla (MFA) para avaliação da escolha de alimentos com potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional, com seus respectivos mapas amostrais.



Fonte: o autor, 2021.

Para o grupo Vantagens foi possível observar que o aspecto sociodemográfico de gênero está diretamente associado aos aspectos da escolha alimentar de conveniência, bem-estar, conteúdo natural, aspecto nutricional e dieta alimentar e apelo sensorial. Isso significa que o gênero feminino se preocupa mais com a saúde

e as características sensoriais na hora de escolher os alimentos, e o relato das vantagens nutricionais do consumo de uma bebida de palma pode ter corroborado essa percepção.

Por fim, para o grupo Controle, o aspecto sociodemográfico do estado civil está diretamente associado aos aspectos da escolha alimentar de familiaridade e preocupação ética. Isso significa que potenciais consumidores casados estão mais preocupados com a cultura alimentar e os aspectos relacionados à segurança alimentar, provavelmente para atender às demandas familiares. Foi sugerido que as intervenções nutricionais são mais bem-sucedidas quando as mulheres são o alvo, pois influenciam as dietas domésticas (DUNNERAM e JEEWON, 2015). Ojeda et al. (2021) relataram que a aceitação também é modulada pela familiaridade com o produto.

A formação cultural demonstrou ser um importante fator de impacto a ser considerado para a compreensão dos efeitos do produto, das ocasiões de consumo e do grau de aceitação nas respostas emocionais aos alimentos. Essas descobertas oferecem novas possibilidades a serem exploradas em mensagens de marketing para intervenções ou estímulos que orientem as escolhas alimentares (MOTOKI; SAITO; ONUMA, 2021; OLEGARIO et al., 2021). Portanto, os indivíduos devem ter resultados diferenciados de acordo com seus conhecimentos e tendem a fazer julgamentos de acordo com as expectativas de diferentes níveis culturais e de experiência individual (TAN et al., 2015).

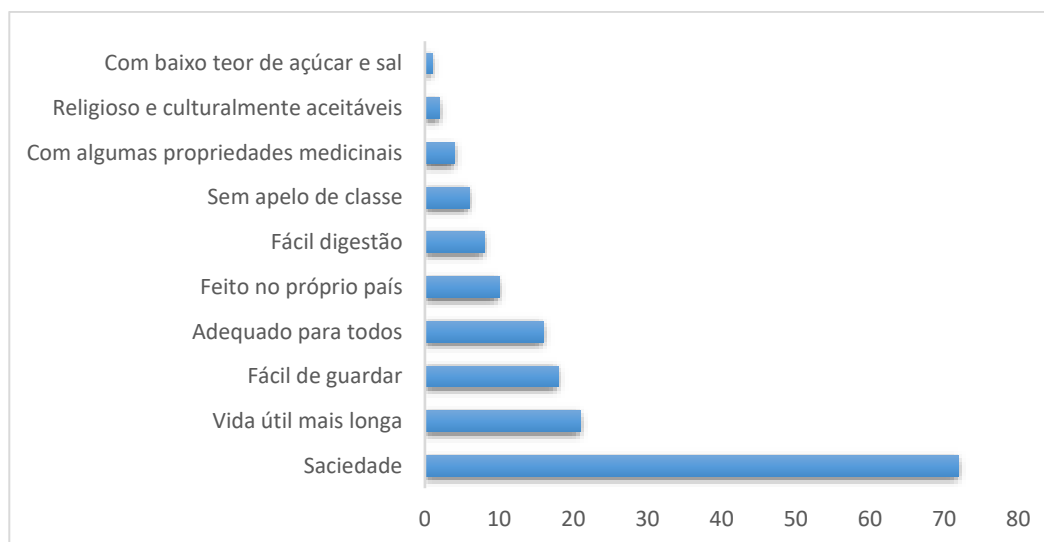
Foi possível observar que os fatores que influenciam as escolhas alimentares podem ser diferentes mesmo dentro da mesma população (GAMA et al., 2018; FOTOPOULOS et al., 2009). Isso demonstra porque um produto pode ser aceitável por alguns e rejeitado por outros consumidores da mesma população. Os modelos existentes de escolha alimentar e difusão de novos alimentos em uma população podem se mostrar inadequados onde os novos alimentos têm associações com fatores negativos altamente salientes ou onde há uma interação complexa de atributos positivos e negativos ao alimento. À medida que a inovação na produção de alimentos aumenta, pode haver uma necessidade urgente de desenvolver modelos preditivos que considerem esses aspectos complexos com maior precisão do que aqueles atualmente aceitos como adequados (METCALF; WIENER; SALIBA, 2021).

Ter como alvo um determinado segmento de consumidores, em vez de tentar agradar a todos, é a abordagem recomendada em marketing (WEDEL e KAMAKURA,

2002). Como resultado, os fabricantes geralmente visam segmentos de consumidores específicos que são lucrativos para eles. No entanto, para intervenções de nutrição, alcançar objetivos de iniciativa mais amplos deve ser uma prioridade. Consequentemente, segmentos de consumidores que não estão economicamente em melhor situação precisam ser mais explorados (GAMA et al., 2018), como podemos ver no presente estudo.

Na Figura 13, podemos observar itens adicionais considerados importantes pelos potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional na hora de fazer suas escolhas alimentares. É possível observar que o item mais importante é que os alimentos precisam satisfazê-los (saciar a fome). O mesmo foi observado por Gama et al. (2018) para consumidores do Malawi. O alimento também precisa ter vida útil mais longa, ser fácil de guardar, adequado para todos e feito no próprio país, pois esses consumidores em situação de baixa renda, muitas vezes não conseguem comprar alimentos caros. Embora seja razoável supor que as restrições socioeconômicas substituirão as preferências alimentares em situações de sobrevivência, os consumidores empobrecidos são essencialmente muito conscientes da qualidade (XAZELA et al., 2017), uma vez que não podem se dar ao luxo de substituir as compras de produtos ou falhas de seleção e aplicar uma porcentagem muito maior da renda disponível para a alimentação em comparação com os consumidores mais ricos (LAESTADIUS e WOLFSON, 2019).

Figura 13 - Itens adicionais considerados importantes pelos potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional na escolha dos alimentos (n = 600).



Fonte: o autor, 2021.

Outros itens considerados importantes pelos potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional na hora de fazer suas escolhas alimentares foram que os alimentos devem ser de fácil digestão, sem apelo de classe, com algumas propriedades medicinais, religioso e culturalmente aceitáveis, além de ser com baixo teor de açúcar e sal. Esses itens menos citados também estão relacionados aos aspectos sociodemográficos observados nesses potenciais consumidores, bem como aos aspectos culturais e às preocupações com a saúde, embora este último fator não tenha impacto direto no momento de escolha dos alimentos por esse grupo de indivíduos. Garantir que os produtos alimentícios sejam culturalmente apropriados, aceitáveis e preferidos é um papel importante dos cientistas sensoriais e de consumo. Nesse contexto, os motivos das escolhas alimentares dos consumidores em diferentes países e em diferentes níveis socioeconômicos variam substancialmente (GAMA et al., 2018).

A Tabela 18 mostra o padrão do fator de escolha alimentar para consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional em comparação com consumidores do Malawi (GAMA et al., 2018) e cabo-verdianos (CABRAL et al., 2019). É possível observar que os brasileiros estão mais preocupados com o preço e a familiaridade com os alimentos e menos preocupados com o bem-estar, apelo sensorial, aspecto nutricional e dieta e conteúdo natural, quando comparados aos consumidores malawianos e cabo-verdianos. Esses achados corroboram que o mais importante para o brasileiro é que a comida os satisfaça (sacie a fome), seja barata e conhecida. No entanto, essa população apresentou boa aceitabilidade para a bebida

de palma avaliada, mesmo sendo um alimento não tradicional. Talvez porque essa população tenha fácil acesso a esses alimentos, o que reduz custos e atinge o objetivo de abastecê-los.

Enquanto isso, no caso de estudos com consumidores de países de alta renda, como o Reino Unido, os motivos das escolhas alimentares relacionados ao bem-estar eram fortes (STEPTOE et al., 1995). Este estudo confirmou a presença de diferenças nos direcionadores da escolha alimentar entre os consumidores devido a fatores demográficos e socioeconômicos e ao nível de renda, por exemplo, destacando um problema global de pobreza e desigualdade (GÓMEZ-CORONA, 2020), conforme observado no presente estudo.

Tabela 18 - Padrão de fatores de escolha alimentar para consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional em comparação com os malawianos e cabo-verdianos.

Fatores QEA	Brasileiros	Malawianos (Gama et al., 2018)	Cabo-verdianos (Cabral et al., 2018)
Bem estar	4,63 ($\pm 0,03$) ^c	5,90 ($\pm 0,06$) ^b	6,41 ($\pm 0,05$) ^a
Apelo sensorial	4,76 ($\pm 0,07$) ^c	5,80 ($\pm 0,09$) ^b	6,26 ($\pm 0,05$) ^a
Aspecto nutricional e dieta	4,21 ($\pm 0,06$) ^b	-	6,44 ($\pm 0,03$) ^a
Conteúdo natural	4,08 ($\pm 0,04$) ^b	-	5,99 ($\pm 0,06$) ^a
Preço	6,49 ($\pm 0,06$) ^a	5,80 ($\pm 0,05$) ^c	5,98 ($\pm 0,05$) ^b
Humor	6,05 ($\pm 0,09$) ^a	6,00 ($\pm 0,07$) ^a	6,02 ($\pm 0,06$) ^a
Conveniência	5,78 ($\pm 0,05$) ^a	5,80 ($\pm 0,06$) ^a	5,77 ($\pm 0,06$) ^a
Familiaridade	6,02 ($\pm 0,05$) ^a	5,00 ($\pm 0,03$) ^c	5,28 ($\pm 0,09$) ^b
Preocupação ética	5,89 ($\pm 0,08$) ^a	-	5,91 ($\pm 0,06$) ^a

Fonte: o autor, 2021.

Portanto, entender o impacto que certos produtos alimentares têm sobre os indivíduos é altamente relevante para garantir uma melhor compreensão das escolhas e padrões alimentares (BARKER; MOSS; SWEENEY, 2021). Esse tipo de abordagem é extremamente importante para o desenvolvimento de estratégias educacionais e de comunicação destinadas a motivar as pessoas a adotarem padrões alimentares mais saudáveis, alcançáveis e consistentes com a natureza subjetiva do ser humano (BAIÃO et al., 2021; Ares et al., 2014).

Esta fase apresenta algumas limitações que devem ser abordadas em pesquisas futuras. A degustação poderia limitar a solidez de nossos resultados, uma vez que não controlamos situações relativamente importantes, incluindo o lapso de

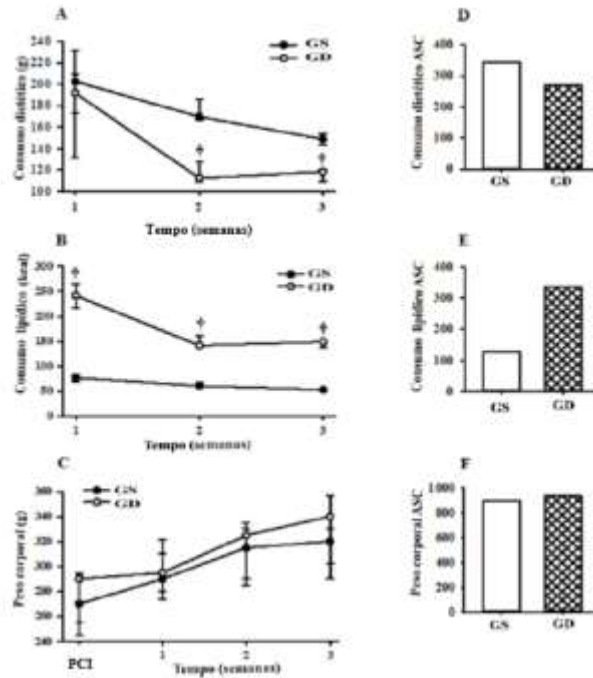
tempo desde a última refeição ingerida (nível de fome). Seguindo os argumentos de Alemu et al. (2017), questões situacionais como nível de fome podem afetar o apelo sensorial. Ademais, os participantes podem ter dificuldade em compreender o significado de alguns atributos e/ou escalas utilizadas na caracterização sensorial, por exemplo, o atributo textura, apesar do treinamento que foi realizado ao princípio a fim de deixar os participantes confortáveis e confiantes durante o experimento. Outra possível limitação é que as diferenças observadas para as variáveis idade, sexo e escolaridade entre os grupos Controle, Vantagens e Inconveniências podem ter afetado levemente os resultados obtidos, mas não sua qualidade, uma vez que comportamentos semelhantes foram observados em estudo anterior de Pambo et al. (2018). No entanto, este é o primeiro estudo desse tipo no Brasil, e os resultados fornecem bons *insights* sobre os fatores que influenciam as escolhas alimentares de potenciais consumidores brasileiros de baixa renda e com insegurança alimentar e nutricional. Os resultados deste estudo implicam que as campanhas destinadas a promover a aceitação de alimentos não tradicionais, como a palma, teriam muito mais sucesso se os participantes tivessem a oportunidade de experimentar os produtos.

6.3 FASE 3 - ASPECTOS FUNCIONAIS DA BPU EM RATOS WISTAR DISLIPIDÊMICOS

6.3.1 Parâmetros somáticos e monitoramento do peso corporal e consumo dietético, lipídico e energético

O consumo dietético foi menor e o consumo de lipídios foi maior em ratos que receberam dieta rica em gordura a partir da segunda semana do período de pré-tratamento quando comparados aos ratos que consumiram dieta normo-lipídica ($p \leq 0,05$) (Figura 14). Essa diferença no padrão de consumo entre os grupos saudáveis (GS e GPS) e dislipidêmicos (GD e GPD) foi mantida durante o período de tratamento (Figura 15, A-C) ($p \leq 0,05$).

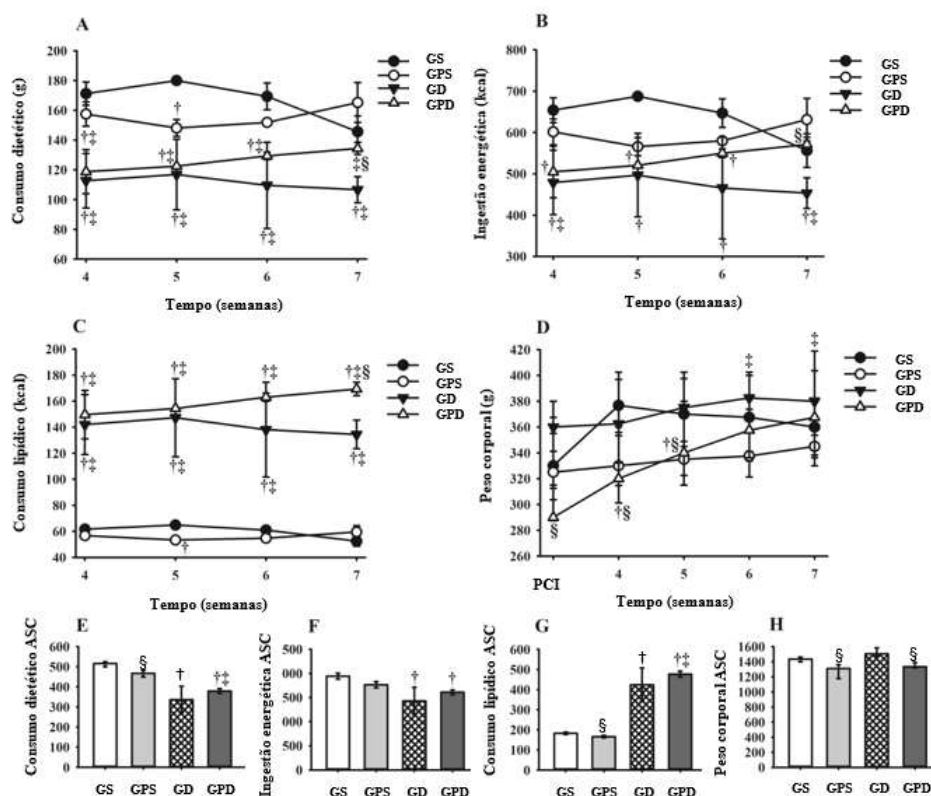
Figura 14 - Consumo dietético (A), consumo lipídico (B), peso corporal (C) e áreas sob a curva (D-F) em ratos saudáveis e dislipidêmicos durante o período de indução de dislipidemia.



Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GD = grupo dislipidêmico. PCI = peso corporal inicial; ASC = área sob a curva. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

Figura 15 - Consumo dietético (A), ingestão energética (B), consumo lipídico (C), peso corporal (D) e áreas sob a curva (E-H) em ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.



Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. PCI = peso corporal inicial; ASC = área sob a curva. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

Apesar da bebida de palma brasileira causar um aumento no consumo alimentar e de lipídios em ratos dislipidêmicos (GPD) em comparação com GD ($p \leq 0,05$), o peso corporal de ratos GPS e GPD na semana 7 foi menor em comparação com o dos ratos do grupo GD ($p \leq 0,05$) (Figura 15, D e H). No final do experimento, a dieta rica em gordura causou um aumento no índice de adiposidade (IAD) em 93,66 % (GD vs GS, $p \leq 0,05$), enquanto que, o tratamento com a bebida de palma brasileira foi capaz de reduzir o IMC em 8,06 % (GPD vs GD, $p \leq 0,05$) (Tabela 19). O fígado e tecido adiposo dos animais do GS e GPD tiveram pesos relativos semelhantes ($p > 0,05$) e o GD teve os maiores ($p \leq 0,05$) (Tabela 19).

Tabela 19 - Parâmetros somáticos de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Parâmetros	Grupos			
	GS	GPS	GD	GPD
CA (cm)	16,09±1,11	14,99±1,09†§	18,04±1,08†	15,43±1,04†‡§
CTA (cm)	14,61±1,07	13,59±1,08†§	15,64±1,06†	14,60±1,09†‡§
Razão CA/CTA	1,10±1,06	1,10±0,27	1,15±0,44	1,05±0,25
Comprimento corporal (cm)	22,98±1,12	22,32±0,41§	23,88±1,09†	23,04±1,07†‡
IMC (g.cm ⁻²)	0,60±0,23	0,54±0,04†§	0,67±0,24†	0,62±0,23‡§
Índice de Lee	0,29±0,14	0,28±0,13§	0,29±0,11	0,29±0,14
IAD (%)	2,05±1,31	2,07±0,92§	3,97±1,57†	2,09±1,12§
Peso do tecido adiposo (g)*	9,73±1,09	6,65±1,12†§	13,87±1,07†	10,01±1,09‡§
Peso do fígado (g)*	14,33±1,87	8,63±1,11†§	19,67±2,09†	15,03±1,12‡§

Fonte: o autor, 2021.

*Peso relativo. GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. CA = circunferência abdominal; CTA = circunferência torácica; IMC = índice de massa corporal; IAD = índice de adiposidade. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

O alto teor de lipídios da dieta rica em gordura contribui para uma alta densidade energética, reduzindo o consumo de alimentos e energia. Resultados semelhantes foram observados em ratos alimentados com dieta rica em gordura por cinco semanas (BATISTA et al., 2018; BEZERRA et al., 2018). Esses autores relataram que o consumo de gordura na dieta pode estar associado ao aumento da excreção dos hormônios colecistocinina, peptídeo 1 semelhante ao glucagon e peptídeo YY pelas células da mucosa intestinal, que atuam na saciedade e diminuem a consumo dietético. Outro possível mecanismo de redução da ingestão calórica ao consumir dietas ricas em gorduras está associado aos níveis de enterostatina, que é um peptídeo que participa do processo de digestão das gorduras, sendo estes compostos aumentados durante a alimentação com dietas ricas em gorduras, comportando-se assim, como uma substância que causa saciedade fisiológica (LINDQVIST; ERLANSON-ALBERTSSON, 2003).

É importante destacar que apesar do consumo de dieta hipercalórica e rica em gorduras, os ratos dos grupos GD e GPD não se tornaram obesos, uma vez que apresentavam IMC abaixo de 0,68 (NOVELLI et al., 2007), Índice de Lee abaixo de 0,30 (BERNARDIS e PATTERSON, 1968) e IAD abaixo de 6,3 % para ratos adultos (NASCIMENTO et al., 2011). Isso pode estar relacionado à duração do estudo

(BATISTA et al., 2018). No entanto, consistente com o ganho de peso corporal, o peso relativo do tecido adiposo foi significativamente aumentado em ratos alimentados com dieta rica em gordura (grupo GD) e diminuído pela administração de compostos bioativos (LI et al., 2019), como os encontrados na palma brasileira. Esses efeitos benéficos também estão relacionados a mudanças na composição da microbiota intestinal e podem ser devido à menor captação e absorção de energia pela microbiota. O aumento dos pesos relativos do fígado e tecido adiposo de ratos nos grupos dislipidêmicos pode estar relacionado ao acúmulo de gordura evidenciado pelas análises histológicas, bem como pelas contagens bacterianas na digesta colônica e nas fezes, que serão discutidas posteriormente.

6.3.2 Efeito da bebida de palma brasileira na glicemia, parâmetros lipídicos, índices relacionados à saúde cardiovascular e aminotransferases

O GD apresentou níveis séricos de HDL mais baixos e maiores níveis de CT, TG e LDL ao final da terceira semana de pré-tratamento em comparação ao GS ($p \leq 0,05$) (Tabela 20), confirmando que a dieta rica em gordura oferecida foi eficaz na indução à dislipidemia em ratos.

Tabela 20 - Perfil lipídico de ratos *Wistar* alimentados com dieta normal ou rica em gordura antes do tratamento com bebida de palma.

Parâmetros (mmol/L)	Grupos	
	GS	GD
CT	2.54±0.71	4.78±0.95†
LDL	1.49±0.65	3.36±1.05†
HDL	0.62±0.22	0.37±0.13†
VLDL	0.25±0.13	0.30±0.11†
TG	0.48±0.10	0.79±0.34†

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GD = grupo dislipidêmico. CT = colesterol total; LDL = lipoproteína de baixa densidade; HDL = lipoproteína de alta densidade; VLDL = lipoproteína de densidade muito baixa; TG = triglicerídeos. † diferença significativa em comparação com GS.

O consumo da bebida de palma brasileira reduziu a glicemia em 4,4 % (GPD vs GD, $p \leq 0,05$), assim como os níveis de CT, TG e LDL dos grupos GPS e GPD ao final do período de tratamento, além de aumentar os níveis de HDL nesses ratos ($p \leq 0,05$) (Tabela 21). O tratamento com bebida de palma reduziu os valores de AST e

ALT em 23,46 % e 26,26 %, respectivamente (GPD vs GD, $p \leq 0,05$). Além disso, o consumo da bebida reduziu ainda os índices cardíaco, aterogênico e da artéria coronária em 34,77 %, 52,58 % e 47,28 % (GPD vs GD, $p \leq 0,05$), respectivamente.

Tabela 21 - Parâmetros bioquímicos de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Parâmetros	Grupos			
	GS	GPS	GD	GPD
Glicose sanguínea (mg/dL)	93,33±2,17	82,88±1,18†§	108,13±3,05†	103,57±1,14†‡§
CT (mmol/L)	3,61±0,89	2,25±0,74†§	6,44±1,11†	4,54±1,09†§
LDL (mmol/L)	2,43±0,92	1,14±0,63†§	4,49±1,05†	2,14±0,94†§
HDL (mmol/L)	0,64±0,23	0,79±0,25†§	0,32±0,22†	0,53±0,34†‡§
VLDL (mmol/L)	0,27±0,11	0,25±0,10	0,34±0,12	0,29±0,18
TG (mmol/L)	0,49±0,13	0,38±0,12†§	0,87±0,22†	0,51±0,13†§
AST (U/L)	35,39±2,17	33,25±1,18§	49,21±3,15†	39,86±2,14§
ALT (U/L)	45,01±3,11	43,63±2,14§	59,52±2,10†	47,14±3,13§
Índices de risco cardiovascular				
IC	5,64±1,10	2,85±1,13†§	20,12±2,09†	8,57±2,11†‡§
IA	4,64±1,08	1,85±0,80†§	19,12±1,11†	7,57±1,09†‡§
IAC	3,80±1,12	1,44±0,58†§	14,03±1,07†	4,04±0,95†§

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. CT = colesterol total; LDL = lipoproteína de baixa densidade; HDL = lipoproteína de alta densidade; VLDL = lipoproteína de densidade muito baixa; TG = triglicerídeos; AST = aspartato aminotransferases; ALT = alanina aminotransferases; IC = índice cardíaco; IA = índice aterogênico; IAC = índice da artéria coronária. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

A redução nos níveis de CT, LDL e TG nos grupos GPS e GPD e o aumento nos níveis de HDL nesses ratos refletiram os índices mais baixos de riscos relacionados à saúde cardiovascular em ratos tratados com palma e, juntos, mostram o efeito hipolipemiante deste produto. Nesse contexto, o aumento dos níveis circulantes de HDL é essencial para reduzir o risco de desenvolvimento de aterosclerose, uma vez que essa lipoproteína é responsável pelo transporte reverso do colesterol para o fígado, evitando a formação de placas de ateroma (KHALIL et al., 2021). Além disso, o HDL também está inversamente relacionado aos níveis circulantes de TG, o que também pode contribuir para a prevenção de doenças coronárias (KONTUSH, 2020; LANGSTED et al., 2020).

Níveis mais elevados de lipídios circulantes favorecem o acúmulo de gordura hepática e a lipogênese abdominal, com o oposto sendo verdadeiro nesta via

bidirecional. Assim, os lipídios da dieta influenciam a função hepática como um regulador central da homeostase lipídica (KHALIL et al., 2021). O efeito hipolipemiante da bebida de palma possivelmente está relacionado à sua composição de compostos bioativos, principalmente fibras dietéticas e compostos fenólicos. A fibra alimentar, seja solúvel ou insolúvel, sequestra o colesterol e aumenta a excreção fecal de lipídios, o que contribui para reduzir a absorção do colesterol hepático e também pode contribuir para reduzir o risco de desenvolver doenças cardiovasculares (SOLIMAN, 2019).

Alguns compostos fenólicos são capazes de melhorar o perfil lipídico com um mecanismo semelhante aos medicamentos estatinas, inibindo a enzima 3-hidroxi-3-metil-glutarilCoA redutase (HMGCoAr), limitando a síntese de colesterol endógeno que, por sua vez, influencia a redução de níveis de colesterol no sangue. As procianidinas B1 e B2, por exemplo, estão associadas à redução do LDL sérico, possivelmente pelo mecanismo de liberação de óxido nítrico, um potente vasodilatador endotelial, que pode reduzir a agregação plaquetária, prevenir a oxidação lipídica e limitar o fluxo de lipoproteínas aterogênicas na parede arterial (KHALIL et al., 2021).

Além disso, níveis aumentados de enzimas ALT e AST são sinais de doenças ou danos ao tecido hepático e são comumente observados em pacientes com DHGNA nos quais suas atividades são aumentadas em até quatro vezes mais do que o limite superior da normalidade (PAULINO et al., 2019). É importante ressaltar ainda que a alta concentração de enzimas hepáticas, especialmente ALT, influencia o desenvolvimento de doenças cardiovasculares em humanos devido à inflamação hepática subjacente ou DHGNA (MAZIDI et al., 2019). Neste contexto, vários estudos também relataram os efeitos protetores da quercetina em ratos, conforme evidenciado pela melhora do inchaço hepático relacionado à DHGNA, inflamação e acúmulo de lipídios (KHALIL et al., 2021; YANG et al., 2019; XU et al., 2019).

6.3.3 Triglicerídeos, colesterol total e gordura total nas fezes e no fígado

O tratamento com bebida de palma brasileira aumentou os níveis de CT, TG e GT fecal em 117,04 %, 57,41 % e 81,82 %, respectivamente, e reduziu os níveis de CT, TG e GT hepática em 54,81 %, 29,73 % e 62,5 %, respectivamente (GPD vs GD,

$p \leq 0,05$) (Tabela 22), o que está de acordo com os resultados do perfil lipídico e pode indicar menor risco de progressão para doença cardiovascular.

Tabela 22 - Colesterol e triglicerídeos em fezes e fígado de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Parâmetros		Grupos			
		GS	GPS	GD	GPD
CT (mmol/L)	Fezes	3,38±1,07	3,86±0,99†§	2,23±2,12†	4,84±1,13†‡§
	Fígado	1,48±1,12	1,32±0,71†§	5,09±1,17†	2,79±1,18‡§
TG (mmol/L)	Fezes	0,58±0,44	0,71±0,34§	0,54±0,25†	0,85±0,45†‡§
	Fígado	0,34±0,22	0,23±0,11†§	0,48±0,13†	0,37±0,12‡§
GT (g.g ⁻¹)	Fezes	0,15±0,07	0,17±0,08§	0,11±0,08†	0,20±0,11†‡§
	Fígado	0,17±0,11	0,12±0,04†§	0,24±0,12†	0,15±0,10‡§

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. CT = colesterol total; TG = triglicerídeos; GT = gordura total. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

O conteúdo de gordura no fígado reflete o equilíbrio entre as várias vias metabólicas envolvidas na síntese e eliminação de triglicerídeos, como lipólise no tecido adiposo, lipogênese, esterificação de triglicerídeos, oxidação de ácidos graxos e síntese/secreção de lipoproteínas no tecido hepático (KHALIL et al., 2021). De fato, os resultados apresentados em relação à excreção fecal de CT, TG e GT nos grupos GPS e GPD podem estar relacionados à elevada concentração de fibra dietética encontrada na bebida de palma brasileira, especialmente as solúveis. A fibra solúvel pode ser fermentada pela microbiota intestinal, que produz AGCCs - ácidos acético, propiônico e butírico, que desempenham um papel importante no metabolismo lipídico (HÉLIÈS-TOUSSAINT et al., 2020; PRASAD e BONDY, 2019).

Curiosamente, o aumento do peso corporal pode influenciar a menor excreção fecal de TG e o acúmulo de TG no fígado, conforme observado em ratos do grupo GD. No entanto, a bebida de palma brasileira atenuou esse efeito nos ratos do grupo GPD. Ademais, compostos fenólicos quantificados na palma, como a catequina e a quercetina, também podem ter um impacto positivo no metabolismo lipídico de ratos dislipidêmicos (YANG et al., 2019). As catequinas podem atuar inibindo a absorção de lipídios no intestino, interferindo na formação de micelas, emulsificação, hidrólise, solubilização e inibição da esqualeno oxidase, que é uma enzima chave na

biossíntese do colesterol hepático (TOMA et al., 2020). Por sua vez, a quercetina pode servir de substrato para a microbiota intestinal, que por ação indireta pode atuar na redução dos níveis de lipídios aterogênicos, como colesterol e marcadores moleculares de ácido lisofosfatídico (NIE et al., 2019), também reduzindo marcadores inflamatórios (IL-6, IL-1 β , TNF- α) (GANBOLD et al., 2019).

6.3.4 Malondialdeído e capacidade antioxidante total

A dislipidemia causou aumento da peroxidação lipídica sérica, hepática e fecal, além de redução da CAT (GD vs GS) ($p \leq 0,05$) (Tabela 23). O tratamento com a bebida de palma brasileira reduziu a peroxidação lipídica sérica, hepática e fecal causada por dislipidemia em 38,42 %, 84,51 % e 143,51 %, respectivamente, além de aumentar a CAT sérica, hepática e fecal em 62,55 %, 62,11 % e 130,38 %, respectivamente (GPD vs GD). Comportamento semelhante foi observado nos ratos saudáveis (GPS vs GS) com uma redução na peroxidação lipídica hepática e fecal de 26,01 % e 90,07 %, respectivamente, e um aumento na CAT no soro, fígado e fezes de 15,46 %, 35,51 % e 43,67 %, respectivamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 23 - Peroxidação lipídica e capacidade antioxidante total em soro, fígado e fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Parâmetros		Grupos			
		GS	GPS	GD	GPD
MDA ($\mu\text{mol/g}$)	Soro	4,67 $\pm$ 1,17	4,58 $\pm$ 1,19§	6,99 $\pm$ 1,15†	5,05 $\pm$ 2,14†‡§
	Fígado	15,21 $\pm$ 2,12	12,07 $\pm$ 1,10†§	26,68 $\pm$ 2,09†	14,46 $\pm$ 1,08‡§
	Fezes	2,87 $\pm$ 1,26	1,51 $\pm$ 0,87†§	3,75 $\pm$ 1,17†	1,54 $\pm$ 1,11§
CAT (%IO)	Soro	21,73 $\pm$ 2,14	25,09 $\pm$ 2,07†§	10,60 $\pm$ 2,10†	17,23 $\pm$ 1,16†‡§
	Fígado	25,88 $\pm$ 3,09	35,07 $\pm$ 2,12†§	17,76 $\pm$ 3,19†	28,79 $\pm$ 2,17†‡§
	Fezes	10,74 $\pm$ 2,34	15,43 $\pm$ 1,53†§	6,55 $\pm$ 1,27†	15,09 $\pm$ 1,98†§

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. CAT = capacidade antioxidante total; IO = porcentagem de inibição da oxidação. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

Os resultados de nosso estudo para os níveis de MDA e CAT podem estar relacionados à ação de componentes bioativos presentes na bebida de palma por

meio de sua reação com espécies reativas celulares, reduzindo a peroxidação lipídica. Dentre esses compostos, os antioxidantes são capazes de interagir com O_2^- (ânion radical superóxido), $HOO\cdot$ (radical peridroxila) e $OH\cdot$ (radical hidroxila), removendo espécies reativas de oxigênio (ROS), inibindo assim, as reações de peroxidação lipídica (AMITAVA e KIMBERLY, 2014).

A capacidade antioxidante *in vivo* da palma também está associada a efeitos sinérgicos de compostos bioativos. Efeitos sinérgicos da combinação entre polifenóis e vitamina C foram encontrados *in vivo* (FUJITA et al., 2017), e entre flavonoides e proteínas, que aumentaram a eficácia do efeito antioxidante *in vitro* (AMITAVA e KIMBERLY, 2014). Isso está diretamente relacionado ao alívio da lesão hepática (SUN et al., 2021).

6.3.5 Perfil fenólico na digesta colônica e nas fezes

O consumo da bebida refletiu na alta concentração de compostos fenólicos na digesta colônica dos ratos em comparação com os grupos GS e GD ($p \leq 0,05$) (Tabela 24), o que está de acordo com os resultados da CAT. GPS e GPD apresentaram teores semelhantes de catequina, quercetina e ácido sinápico, além de alta concentração de rutina, kaempferol 3-glucosídeo e ácido 2,5-dihidroxibenzóico. Por outro lado, GS e GD não apresentaram kaempferol 3-glicosídeo, quercetina, ácido 4-hidroxibenzóico, ácido singárico e ácido P-cumárico.

Tabela 24 - Perfil fenólico na digesta colônica de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Compostos ($\mu\text{mol/g}$)	Grupos			
	GS	GPS	GD	GPD
Flavonoide				
Procianidina B2	0,57 $\pm$ 0,11	17,84 $\pm$ 1,02†	ND	15,01 $\pm$ 2,02†‡
Flavanol				
Catequina	0,91 $\pm$ 0,63	8,49 $\pm$ 1,10	ND	8,38 $\pm$ 1,01
Flavonois				
Rutina	2,03 $\pm$ 1,01	97,84 $\pm$ 2,01†§	1,79 $\pm$ 0,32†	93,39 $\pm$ 3,12†‡§
Kaempferol 3-glucoside	ND	69,44 $\pm$ 1,04	ND	62,87 $\pm$ 2,02‡
Miricetina	4,56 $\pm$ 1,02	17,53 $\pm$ 1,02†§	3,21 $\pm$ 0,97†	14,85 $\pm$ 1,01†‡§
Quercetina	ND	51,42 $\pm$ 2,01	ND	51,23 $\pm$ 2,54

Flavona				
Crisina	0,03±0,00	1,06±0,43†§	0,02±0,00	1,42±0,81†‡§
Ácidos hidroxibenzoicos				
Ácido 3,4-dihidroxibenzoico	ND	97,43±2,02	ND	95,32±1,01‡
Ácido 2,5-dihidroxibenzoico	1,21±0,51	132,74±3,01†	ND	125,93±2,64‡
Ácido 4-hidroxibenzoico	ND	10,21±0,90	ND	8,20±1,11‡
Ácido sirínico	ND	2,24±1,01	ND	ND
Ácido vanílico	1,75±0,72	21,05±1,14†	ND	18,47±1,65†‡
Ácido elágico	0,62±0,12	38,49±2,21†§	0,47±0,17†	35,23±1,42†‡§
Ácido gálico	1,18±0,78	5,28±1,02†§	1,04±0,89	4,84±1,31†‡§
Ácidos hidroxicinâmicos				
Ácido cafeico	0,43±0,31	2,15±0,95†§	0,39±0,13†	2,28±1,02†§
Ácido p-cumarico	ND	6,81±1,03	ND	5,75±2,01‡
Ácido sinápico	1,52±0,91	1,55±0,89	ND	1,54±1,07
Ácido ferúlico	2,79±1,02	21,98±2,02†§	2,85±1,01	18,76±2,27†‡§

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

No mesmo sentido, o tratamento com bebida de palma brasileira promoveu alta concentração de compostos fenólicos nas fezes dos ratos em comparação com os grupos GS e GD ($p \leq 0,05$) (Tabela 25), o que corrobora a presença desses compostos bioativos em alta quantidade, refletindo o potencial funcional da bebida. Procianidina B2, catequina, kaempferol 3-glicosídeo, quercetina, crisina, ácidos 3,4-dihidroxibenzóico, 4-hidroxibenzóico e siringico, também os ácidos hidroxicinâmico P-cumárico e sinápico não foram detectados nos grupos GS e GD.

Os polifenóis podem ser metabolizados e absorvidos, e esses processos envolvem a microbiota intestinal. Os polifenóis encontrados na palma brasileira podem estar associados à microbiota intestinal e proteger contra lesão hepática através do eixo fígado-intestino (SUN et al., 2021), além de possuírem ação antioxidante, anti-inflamatória, regulação do metabolismo lipídico e outras funções biológicas (YAN et al., 2020). A proteção de polifenóis contra lesão hepática é relevante para modular a microbiota intestinal e AGCCs (SUN et al., 2021).

A rutina é um composto flavonoide abundantemente encontrado nos grupos tratados com a bebida de palma e possui diversas atividades farmacológicas, incluindo ação antioxidante, anti-inflamatória e proteção cardiovascular e

cerebrovascular. A rotina pode exercer um efeito protetor anti-inflamatório ao melhorar a lesão do tecido pulmonar, diminuindo significativamente a síntese do óxido nítrico, mediador inflamatório, e inibindo os níveis de expressão proteica de TLR4, TRAF6 e P-IkB (TIAN et al., 2022). A quercetina, outro flavonoide encontrado, tem efeito hepatoprotetor, prevenindo esteatose, alterações inflamatórias, balonismo de hepatócitos e graus variados de fibrose hepática (YOUNOSSI, 2019). O kaempferol 3-glicosídeo, também encontrado no presente estudo, está relacionado à prevenção da obesidade por meio da modulação da síndrome metabólica, reduzindo a inflamação e promovendo a atividade de enzimas antioxidantes (KHLIFI et al., 2020).

Tabela 25 - Perfil fenólico nas fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Compostos ($\mu\text{mol/g}$)	Grupos			
	GS	GPS	GD	GPD
Flavonoide				
Procianidina B2	ND	1,47 $\pm$ 1,01	ND	1,01 $\pm$ 0,92‡
Flavanol				
Catequina	ND	2,89 $\pm$ 0,80	ND	1,96 $\pm$ 1,01‡
Flavonois				
Rutina	0,09 $\pm$ 0,03	23,81 $\pm$ 1,02†§	1,08 $\pm$ 0,81†	23,76 $\pm$ 3,20†§
Kaempferol 3-glucoside	ND	19,76 $\pm$ 1,01	ND	12,44 $\pm$ 1,37‡
Miricetina	0,78 $\pm$ 0,52	8,44 $\pm$ 2,04†§	0,57 $\pm$ 0,40†	8,09 $\pm$ 1,78†§
Quercetina	ND	15,89 $\pm$ 1,33	ND	13,75 $\pm$ 2,10‡
Flavona				
Crisina	ND	0,12 $\pm$ 0,02	ND	0,14 $\pm$ 0,07‡
Ácidos hidroxibenzoicos				
Ácido 3,4-dihidroxibenzoico	ND	34,85 $\pm$ 1,24	ND	30,77 $\pm$ 1,52‡
Ácido 2,5-dihidroxibenzoico	0,52 $\pm$ 0,21	12,66 $\pm$ 2,59†	ND	13,03 $\pm$ 2,61†
Ácido 4-hidroxibenzoico	ND	2,76 $\pm$ 0,91	ND	1,98 $\pm$ 1,02‡
Ácido sirínico	ND	0,46 $\pm$ 0,10	ND	ND
Ácido vanílico	0,04 $\pm$ 0,01	2,10 $\pm$ 0,88†	ND	2,05 $\pm$ 1,21†
Ácido elágico	0,02 $\pm$ 0,00	8,04 $\pm$ 1,75†§	0,01 $\pm$ 0,00	7,61 $\pm$ 2,04†‡§
Ácido gálico	0,03 $\pm$ 0,00	1,07 $\pm$ 0,76†§	0,05 $\pm$ 0,02†	1,01 $\pm$ 0,71†§
Ácidos hidroxicinâmicos				
Ácido cafeico	0,07 $\pm$ 0,02	0,32 $\pm$ 0,14†§	0,05 $\pm$ 0,03†	0,28 $\pm$ 0,10†‡§
Ácido p-cumarico	ND	0,43 $\pm$ 0,12	ND	0,32 $\pm$ 0,12‡
Ácido sinápico	ND	0,06 $\pm$ 0,01	ND	ND
Ácido ferúlico	0,23 $\pm$ 0,10	3,18 $\pm$ 1,03†	ND	2,87 $\pm$ 0,81†‡

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

O composto fenólico mais comumente encontrado na digesta colônica dos grupos GPS e GPD foi o ácido 2,5-dihidroxibenzóico, este apresenta propriedades ansiolíticas, antirreumáticas, anticarcinogênicas, anti-inflamatórias e antimutagênicas. Este fenólico apresenta ainda alta potência antioxidante no ambiente químico do ensaio de eliminação de DPPH· dramaticamente promovido nos sistemas lipídicos (MARDANI-GHAHFAROKHI e FARHOOSH, 2020). Nesse sentido, a capacidade dos ácidos fenólicos em prevenir a oxidação lipídica está, sem dúvida, relacionada às suas características estruturais, principalmente ao número de grupos funcionais de maior eficácia (KHALIL et al., 2021).

6.3.6 Contagens de células viáveis de microrganismos específicos na digesta colônica e nas fezes

O tratamento com a bebida de palma brasileira aumentou a contagem de células viáveis das bactérias potencialmente benéficas *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp. na digesta colônica e nas fezes, além de reduzir a contagem de células viáveis dos microrganismos potencialmente patogênicos *Enterobacteriaceae*, *Escherichia* e *Enterococcus* ($p \leq 0,05$) (Tabela 26), o que pode indicar que a presença de compostos bioativos na palma brasileira está associada a uma melhor saúde intestinal. O tratamento com a bebida aumentou a contagem de *Lactobacillus* spp. e de *Bifidobacterium* spp. na digesta colônica em 373,65 % e 225,61%, respectivamente, e em 392,40 % e 45,23 % nas fezes (GPD vs GD, $p \leq 0,05$).

Tabela 26 - Contagem de células viáveis de microrganismos específicos na digesta colônica e fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

	Microorganismos (Log ₁₀ CFU g ⁻¹)	Grupos			
		GS	GPS	GD	GPD
Digesta colônica	<i>Bifidobacterium</i>	7,56±1,17	9,96±2,09†§	2,46±1,16†	8,01±2,13†‡§
	<i>Lactobacillus</i>	6,49±1,09	9,28±1,14†§	1,67±1,16†	7,91±1,07†‡§
	<i>Enterobacteriaceae</i>	5,07±1,12	2,07±1,11†§	7,37±2,09†	3,35±1,08†‡§
	<i>Escherichia</i>	3,35±0,93	2,35±1,13†§	7,14±2,12†	5,30±0,85†‡§
	<i>Enterococcus</i>	3,37±1,10	1,67±1,12†§	7,46±1,07†	5,91±1,11†‡§
Fezes	<i>Bifidobacterium</i>	2,78±1,06	3,46±1,14†§	1,99±1,09†	2,89±1,04‡§
	<i>Lactobacillus</i>	3,24±1,02	4,12±1,05†§	0,79±0,66†	3,89±1,03§
	<i>Enterobacteriaceae</i>	1,79±1,03	0,74±0,93†§	2,55±0,92†	0,82±0,22†‡§
	<i>Escherichia</i>	1,57±1,06	0,75±0,52†§	3,04±1,10†	2,01±0,75†‡§
	<i>Enterococcus</i>	1,24±1,04	0,88±0,64†§	2,98±1,09†	1,39±0,91‡§

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

A microbiota intestinal é, portanto, agora percebida como um elemento chave na saúde e no bem-estar dos indivíduos e, como condição principal, deve apresentar uma composição na qual microrganismos dominantes potencialmente promotores da saúde, como *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp., são elevados e/ou mais ativos do que os potencialmente nocivos (WANG et al., 2020), como observado no presente estudo (GPS e GPD), refletindo assim, uma melhor saúde intestinal.

A bebida de palma brasileira é rica em compostos fenólicos e ácidos orgânicos e Zhao et al. (2022) propuseram o uso de prebióticos que aumentam a produção de AGCCs para prevenir possíveis doenças associadas à disbiose intestinal, uma vez que esses compostos estão correlacionados com microrganismos dominantes potencialmente promotores da saúde. As bactérias que compõem a microbiota intestinal são importantes devido à sua relação com o desenvolvimento do sistema imunológico da mucosa intestinal, manutenção de um ambiente fisiológico normal e por fornecer nutrientes essenciais (LI et al., 2021). O consumo crônico de dieta rica em gordura induz disbiose intestinal e inflamação sistêmica antes da obesidade com distúrbio metabólico. Portanto, uma redução na disbiose intestinal pode representar um potencial alvo terapêutico para prevenir patologias em ratos alimentados com dieta rica em gordura (NAPATSORN et al., 2020).

6.3.7 Ácidos orgânicos na digesta colônica e fezes e polissacarídeos não digeríveis nas fezes

O consumo da bebida de palma brasileira aumentou a concentração de ácidos orgânicos na digesta colônica e nas fezes, com predomínio dos ácidos fórmico e acético, além de reduzir os polissacarídeos não digeríveis nas fezes ($p \leq 0,05$) (Tabela 27). Os ácidos succínico e acético não foram detectados nos grupos GS e GD, nem na digesta colônica nem nas fezes. Os grupos GPS e GPD apresentaram conteúdo semelhante de polissacarídeos não digeríveis nas fezes, o que está de acordo com os resultados dos ácidos orgânicos e pode indicar que esses compostos poderiam estar sendo utilizados pelas bactérias potencialmente benéficas *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp., refletindo a melhor saúde intestinal observada.

Tabela 27 - Ácidos orgânicos da digesta colônica e fezes e polissacarídeos não digeridos em fezes de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

Ácidos orgânicos ($\mu\text{mol/g}$)		Grupos			
		GS	GPS	GD	GPD
Digesta colônica	Cítrico	14,08 $\pm$ 1,01	42,09 $\pm$ 2,66†§	13,91 $\pm$ 1,74	33,75 $\pm$ 2,05†‡§
	Lático	57,16 $\pm$ 2,02	74,87 $\pm$ 3,52†§	42,68 $\pm$ 2,13†	66,22 $\pm$ 1,02†‡§
	Propiônico	4,12 $\pm$ 1,07	19,19 $\pm$ 1,05†§	3,07 $\pm$ 1,01†	15,16 $\pm$ 3,03†‡§
	Succínico	ND	49,15 $\pm$ 1,07	ND	48,84 $\pm$ 2,01
	Fórmico	ND	127,46 $\pm$ 3,11	ND	123,15 $\pm$ 1,13‡
	Acético	31,75 $\pm$ 2,05	124,07 $\pm$ 2,75†§	30,14 $\pm$ 2,02	119,06 $\pm$ 2,27†‡§
Fezes	Cítrico	2,91 $\pm$ 0,88	4,83 $\pm$ 1,04†§	1,07 $\pm$ 0,93†	3,01 $\pm$ 1,06†§
	Lático	20,55 $\pm$ 1,22	25,23 $\pm$ 2,11†§	15,45 $\pm$ 1,54†	17,98 $\pm$ 2,23†‡§
	Propiônico	1,12 $\pm$ 0,67	1,91 $\pm$ 0,82†§	0,97 $\pm$ 0,61†	1,16 $\pm$ 0,67†§
	Succínico	ND	1,95 $\pm$ 0,97	ND	1,49 $\pm$ 0,81
	Fórmico	ND	3,46 $\pm$ 1,04	ND	5,15 $\pm$ 1,03‡
	Acético	15,66 $\pm$ 1,82	23,74 $\pm$ 2,81†§	16,79 $\pm$ 2,49†	24,88 $\pm$ 2,37†‡§
CNDF (mg/100mg)		12,87 $\pm$ 2,33	8,47 $\pm$ 1,92†§	16,56 $\pm$ 2,12†	8,92 $\pm$ 1,49†§

Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. ND = não detectado; CNDF = carboidratos não digeríveis nas fezes. † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

Considerando que a palma brasileira possui alto teor de fibras dietéticas, a literatura reporta que um grande percentual pode ser fermentado e produzir AGCCs, incluindo os ácidos acético e propiônico, que oferecem uma estratégia alimentar

natural para a regulação do peso corporal. Além de modificar a microbiota intestinal, eles protegem a barreira intestinal, atenuam a endotoxemia metabólica, diminuem os distúrbios metabólicos hepáticos e reduzem o estresse oxidativo (ZHAO et al., 2022). Esses ácidos orgânicos estão relacionados a microrganismos dominantes potencialmente promotores da saúde, como *Lactobacillus* spp. e negativamente correlacionados com o ganho de peso corporal (ZHAO et al., 2022). Onumpai et al. (2011) também relataram que *Bifidobacterium* spp. utiliza constituintes neutros de oligômeros para produzir AGCCs. De acordo com o estudo de Gao et al. (2019), o acetato é tipicamente produzido via fermentação de pectina por *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp., levando a baixo nível de ganho de peso.

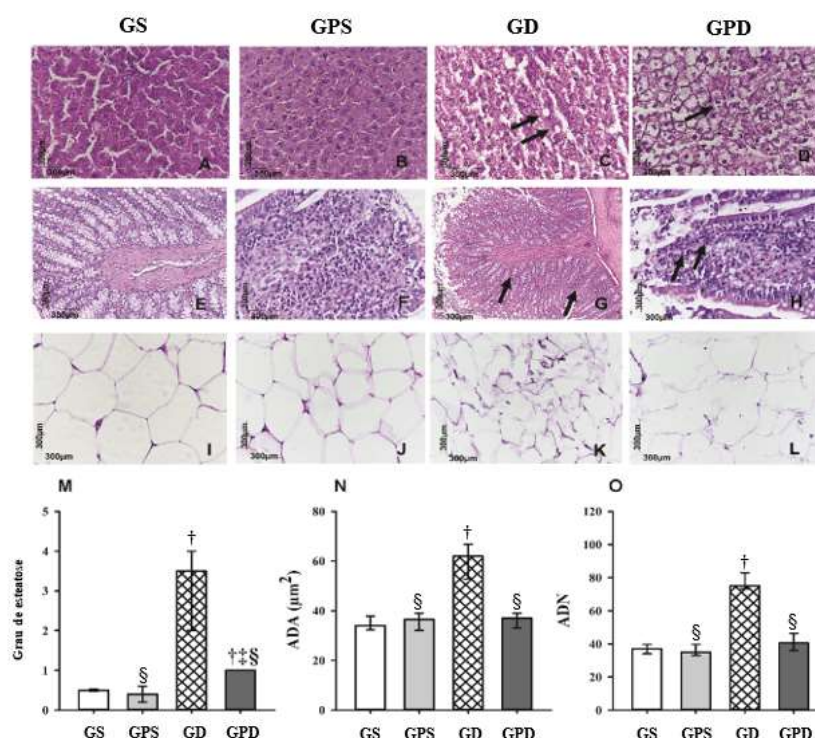
Os carboidratos não digeríveis com efeitos prebióticos estimulam seletivamente o crescimento de espécies bacterianas caracterizadas exclusivamente, ou preferencialmente, por fermentação sacarolítica. É provável que tal efeito seletivo na composição da microbiota intestinal seja mais benéfico para a saúde do hospedeiro do que aquele que favorece o metabolismo de carboidratos e proteínas. Isso está bem estabelecido hoje para compostos prebióticos que favorecem o crescimento de *Lactobacillus* spp. e de *Bifidobacterium* spp. (LI et al., 2021), conforme observado em nosso estudo.

6.3.8 Efeitos da bebida de palma brasileira na histologia do fígado, intestino e tecido adiposo

O tecido hepático dos ratos do grupo GS (Figura 16A) e do grupo GPS (Figura 16B) apresentou formato padrão, com hepatócitos organizados em cordões sem alterações sinusoidais. Os ratos do grupo GD (Figura 16C) e do grupo GPD (Figura 16D) apresentaram hepatócitos com citoplasma claro e núcleos periféricos, compatíveis com esteatose hepática (seta preta), que variavam em grau entre o GD > GPD (Figura 16M). O cólon dos ratos no GS (Figura 16E) e no GPS (Figura 16F) mostrou histologia padrão caracterizada por um epitélio cheio de enterócitos com grandes quantidades de células caliciformes. Porém, os ratos do GD (Figura 16G) e GPD (Figura 16H) apresentaram processo inflamatório na lâmina própria do órgão com riqueza de células mononucleares, como macrófagos e linfócitos (seta preta). Análises histológicas (Figura 16I-L) e morfométricas (Figura 16N e 16O) do tecido adiposo revelaram que a dieta hiperlipídica aumentou a área e o número de adipócitos

no GD, porém houve reversão desses parâmetros no GPD ($p \leq 0,05$) que foram semelhantes aos dos grupos saudáveis (GS e GPS).

Figura 16 - Análise histológica e morfometria do fígado, intestino e tecido adiposo de ratos saudáveis e dislipidêmicos após o período de tratamento com bebida de palma brasileira.



Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. Grau de esteatose (M); ADA = área de adipócito (N); AND = número de adipócitos (O). A: grupo GS (fígado); B: grupo GPS (fígado); C: grupo GD (fígado); D: grupo GPD (fígado); E: grupo GS (intestino); F: Grupo GPS (intestino) G: Grupo GD (intestino); H: grupo GPD (intestino); I: grupo GS (tecido adiposo); J: grupo GPS (tecido adiposo); K: grupo GD (tecido adiposo) L: grupo GPD (tecido adiposo). As setas indicam hepatócitos com citoplasma claro e núcleos periféricos compatíveis com esteatose hepática (3C). As setas indicam muitas células mononucleares, como macrófagos e linfócitos (3G e 3H). † diferença significativa em comparação com GS. ‡ diferença significativa em comparação com GPS. § diferença significativa em comparação com GD. Teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc de Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 8$.

Nossos resultados demonstram que o consumo da bebida de palma brasileira foi capaz de atenuar a esteatose hepática causada pela dieta hiperlipídica induzida em ratos, porém não foi possível reverter o processo inflamatório no cólon. O consumo de compostos fenólicos também está associado a uma redução no número e na área de adipócitos em ratos alimentados com uma dieta rica em gordura (LI et al., 2019). Foi sugerido em estudo anterior que essa ação pode estar relacionada à redução da

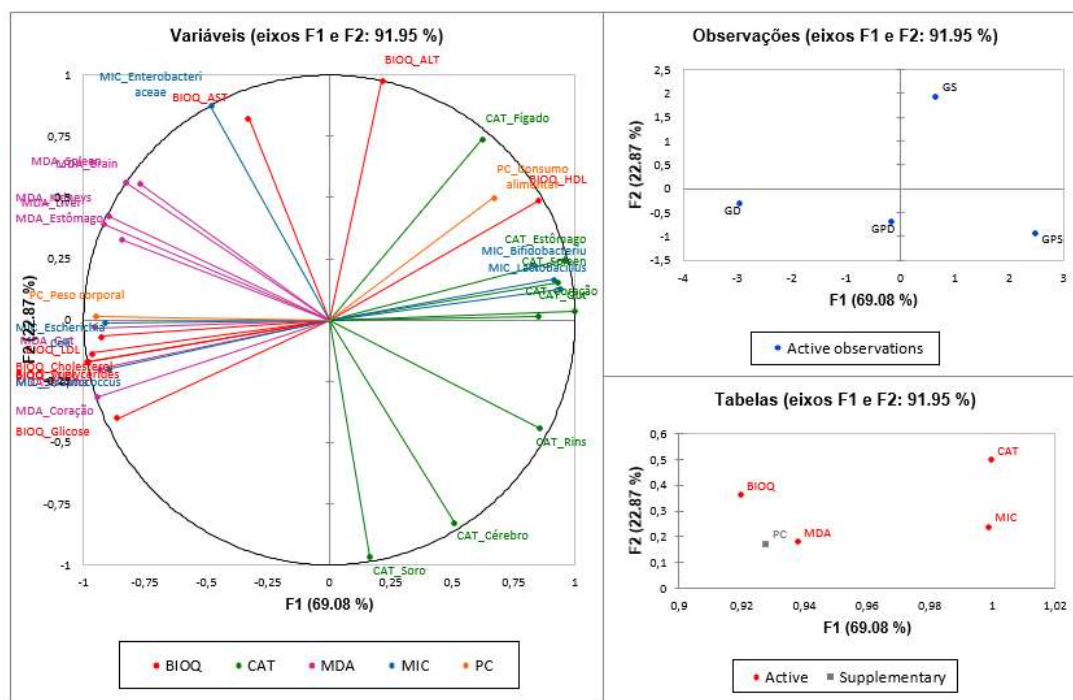
atividade da enzima ácido graxo sintase, que é a principal enzima na biossíntese de ácidos graxos. Este potencial mecanismo de ação da palma também pode explicar os baixos níveis de CT e LDL nos grupos GPS e GPD (OTHMAN et al., 2019). Além disso, a quantidade de ácido ascórbico presente na palma brasileira pode favorecer esses resultados, uma vez que o ácido ascórbico administrado isoladamente em camundongos foi capaz de reduzir significativamente o tamanho dos adipócitos, contribuindo para a inibição da lipogênese (PARK et al., 2018).

Os efeitos hepatoprotetores, hipolipemiantes, antioxidantes e de saúde intestinal demonstrados pela bebida da palma brasileira são compatíveis com os efeitos benéficos da administração de nutracêuticos, fitoterápicos e extratos de frutas e vegetais ricos em polifenóis, que também foram avaliados em modelos animais dislipidêmicos (DU et al., 2021; BALLARD et al., 2020; CARNUTA et al., 2018, MORAN-RAMOS et al., 2017; SÁNCHEZ-TAPIA et al., 2017).

6.3.9 Análise Fatorial Múltipla (AFM)

A AFM possibilitou trabalhar com diferentes grupos de variáveis, como marcadores bioquímicos (BIOQ), capacidade antioxidante total (CAT), teor de malondialdeído (MDA), parâmetros microbiológicos (MIC) e peso corporal e consumo alimentar (PC), para obter uma representação concisa de todos os resultados juntos, vinculando-os ao posicionamento das amostras. Na figura 17 é mostrada a AFM para os ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira, onde os dois primeiros fatores da AFM explicaram 69,08 % e 22,87 % da variabilidade dos dados. Na Tabela 28 observa-se o coeficiente RV que indica a correlação entre BIOQ, CAT, MDA, MIC e PC. Houve uma boa correlação entre MIC e CAT (0,947). Da mesma forma, MDA e MIC foram bem correlacionados com 0,836. PC (usada como variável complementar) teve alta correlação com BIOQ (0,745), CAT (0,727) e MDA (0,748). BIOQ também teve uma boa correlação com CAT (0,758), MDA (0,803) e MIC (0,840).

Figura 17 - Análise Fatorial Múltipla (AFM) de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira com seus respectivos mapas de amostras.



Fonte: o autor, 2021.

GS = grupo sadio; GPS = grupo sadio com BPU; GD = grupo dislipidêmico; GPD = grupo dilipidêmico com BPU. BIOQ = marcadores bioquímicos; CAT = capacidade antioxidante total; MDA = teor de malondialdeído; MIC = parâmetros microbiológicos; PC = peso corporal e consumo de alimentos.

Tabela 28 - Coeficiente RV entre marcadores bioquímicos (BIOQ), capacidade antioxidante total (CAT), teor de malondialdeído (MDA), parâmetros microbiológicos (MIC) e peso corporal e consumo alimentar (PC), para ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com bebida de palma brasileira.

	BIOQ	CAT	MDA	MIC	PC	AFM
BIOQ	1.000	0.758	0.803	0.840	0.745	0.898
CAT	0.758	1.000	0.547	0.947	0.727	0.767
MDA	0.803	0.547	1.000	0.836	0.748	0.920
MIC	0.840	0.947	0.836	1.000	0.547	0.876
PC	0.745	0.727	0.748	0.547	1.000	0.785
AFM	0.898	0.767	0.920	0.876	0.785	1.000

Fonte: o autor, 2021.

De acordo com a análise AFM, o quadrante direito indica que AST (BIOQ) se relacionou à peroxidação lipídica no fígado (MDA). Além disso, no quadrante direito o

peso corporal (PC) foi correlacionado com CT, TG, LDL e glicose sanguínea (BIOQ). O quadrante esquerdo indica que a capacidade antioxidante total no soro e no fígado (CAT) estava positivamente correlacionada com as bactérias potencialmente benéficas *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp. (MIC). Por fim, também no quadrante esquerdo o HDL (BIOQ) se correlacionou com o consumo alimentar (PC).

Todos os resultados para BIOQ, CAT, MDA, MIC e PC foram em função de ratos saudáveis e dislipidêmicos tratados ou não com a bebida de palma brasileira (GS, GPS, GD, GPD). De acordo com o coeficiente RV, podemos observar que ao tratarmos os ratos com a bebida de palma, foram observadas alterações positivas devido aos maiores valores de RV e à correlação com a capacidade antioxidante total, HDL, e com as bactérias potencialmente benéficas *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp. GPS e GPD tiveram uma correlação semelhante entre os parâmetros. Já o GD teve correlação com a peroxidação lipídica, microrganismos potencialmente patogênicos, CT, LDL, TG e peso corporal, mostrando que a bebida de palma brasileira influencia positivamente na saúde intestinal, hepática e no perfil lipídico.

Como limitações do nosso trabalho, destacamos a necessidade de estudos futuros com a administração da bebida de palma desenvolvida, que quantifiquem os compostos fenólicos e seus metabólitos no soro sanguíneo e no fígado, bem como avaliem os efeitos da ingestão aguda e crônica da bebida por tempo (hora e/ou dia) no perfil de metabólitos fenólicos no soro sanguíneo, fígado, cólon, digesta colônica e amostras fecais. Nossos resultados destacam a necessidade de estudos translacionais com população sadia ou com dislipidemia a serem realizados com base na quantidade de produto administrada a ratos, que se baseia no consumo de 275 mL/dia para um humano de 70 kg, conforme relatado por Rouanet et al. (2010). Além disso, nossos resultados podem estimular a exploração deste vegetal e o desenvolvimento de uma cadeia produtiva voltada para a indústria de alimentos e suplementos.

7 CONCLUSÕES

Os cladódios de palma da região semiárida do Nordeste do Brasil apresentaram um alto teor de fibras dietéticas e de compostos antioxidantes, o que reflete diretamente a composição nutricional das bebidas elaboradas. O tratamento com ultrassom promoveu um aumento significativo nas concentrações de compostos bioativos nas bebidas elaboradas quando comparadas ao tratamento térmico. Esses achados resultam em um produto com potencial funcional diferenciado. A bebida US40 apresentou a maior estabilidade para compostos bioativos durante o armazenamento, além da menor alteração no parâmetro de cor e maior aceitabilidade. Além disso, quando avaliada sensorialmente por potenciais consumidores de baixa renda e em situação de insegurança alimentar e nutricional, foi possível observar que bebida de palma brasileira geralmente evoca emoções positivas, principalmente após a degustação. Finalmente, quando administrada em modelo animal dislipidêmico, a BPU resultou em um menor ganho de peso e IMC, menores níveis lipídicos e glicêmicos, reversão do dano hepático, alta capacidade antioxidante e alta concentração de ácidos orgânicos associados a uma melhor saúde intestinal. Ademais, resultou em um efeito protetor contra o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e hepáticas, e melhorou ainda a saúde intestinal dos ratos, mesmo com a continuidade da dieta hiperlipídica. Portanto, esse alimento funcional apresenta potencial para ser um tratamento não farmacológico eficaz contra as alterações induzidas pela dieta hiperlipídica, além de favorecer a segurança alimentar e nutricional da população, aumentando assim, o potencial comercial deste vegetal.

REFERÊNCIAS

- AADIL, R.M.; ZENG, X.; HAN, Z.; SUN, D. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3201-3206, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA (ABEP). **Critério de classificação econômica Brasil**. São Paulo, 2019 [Internet]. Available in: <https://www.abep.org/criterio-brasil>
- ABID, M.; JABBAR, S.; HU, B.; HASHIM, M.M.; WU, T.; LEI, S.; KHAN, M.A.; ZENG, X. Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, p. 984-990, 2014.
- ABID, M.; JABBAR, S.; WU, T.; HASHIM, M.M.; HU, B.; LEI, S.; ZHANG, X.; ZENG, X. Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, n. 5, p. 1182-1187, 2013.
- ADIAMO, O.Q.; GHAFOOR, K.; AL-JUHAIMI, F.; BABIKER, E.E.; AHMED, I.A.M. Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. **Food Chemistry**, v. 245, p. 79-88, 2018.
- ALBUQUERQUE, J. G.; DE SOUZA AQUINO, J.; DE ALBUQUERQUE, J. G.; DE FARIAS, T. G. S.; ESCALONA-BUENDÍA, H. B.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; AZOUBEL, P. M. Consumer perception and use of nopal (*Opuntia ficus-indica*): A cross-cultural study between Mexico and Brazil. **Food Research International**, v. 124, p. 101-108, 2019.
- ALBUQUERQUE, J. G.; ESCALONA-BUENDÍA, H.B.; CORDEIRO, A. M. T. M.; LIMA, M. S.; AQUINO, J. S.; VASCONCELOS, M. A. S. Ultrasound treatment for improving the bioactive compounds and quality properties of a Brazilian nopal (*Opuntia ficus-indica*) beverage during shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 149, p. 111814, 2021.
- ALCÁNTARA-ZAVALA, A. E.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J. D.; PÉREZ-ROBLES, J. F.; ARÁMBULA-VILLA, G.; MIRANDA-CASTILLEJA, D. E. Thermosonication as an alternative method for processing, extending the shelf life, and conserving the quality of pulque: A non-dairy Mexican fermented beverage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 70, p. 105290, 2021.
- ALEMU, M.; OLSEN, S.; VEDEL, S.; PAMBO, K.; OWINO, V. Combining product attributes with recommendation and shopping location attributes to assess consumer preferences for insect-based food products. **Food Quality and Preference**, v. 55, p. 45-57, 2017.
- ALGHAMDI, J. S.; MATOU-NASRI, F.; ALGHAMDI, S.; ALGHAMDI, M.; ALFADHEL, S.; PADMANABHAN, A. Risk of Neuropsychiatric Adverse Effects of Lipid-Lowering Drugs: A Mendelian Randomization Study. **Int. J. Neuropsychopharmacol.**, v. 21, n. 12, p. 1067-1075, 2018.

ALVARADO-MORALES, G.; MINJARES-FUENTES, R.; CONTRERAS-ESQUIVEL, J. C.; MONTAÑEZ, J.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. A.; FEMENIA, A. Application of thermosonication for Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) juice processing: Impact on the functional properties and the main bioactive polysaccharides. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 56, p. 125–133, 2019.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: APHA, p. 676, 2015.

AMITAVA, D.; KIMBERLY, K. Chapter 15 - Antioxidant vitamins and minerals. **Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements**, 277–294, 2014.

ANAYA-ESPARZA, L. M.; VELÁZQUEZ-ESTRADA, R. M.; SAYAGO-AYERDI, S. G.; SÁNCHEZ-BURGOS, J. A.; RAMÍREZ-MARES, M. V.; GARCÍA-MAGAÑA, M. L.; MONTALVO-GONZÁLEZ, E. Effect of thermosonication on polyphenol oxidase inactivation and quality parameters of soursop nectar. **LWT - Food Science and Technology**, 75, 545–551, 2017.

ANDRÉ, C.; GUZMAN-QUEVEDO, O.; REY, C.; RÉMUS-BOREL, J.; CLARK, S.; CASTELLANOS-JANKIEWICZ, A.; LADEVEZE, E.; LESTE-LASSERRE, T.; NADJAR, A.; ABROUS, D.N.; LAYE, S.; COTA, D. Inhibiting Microglia Expansion Prevents Diet-Induced Hypothalamic and Peripheral Inflammation. **Diabetes**, v. 66, n. 4, p. 908-919, 2017.

ARES, G.; ANTÚNEZ, L.; GIMÉNEZ, A.; ROIGARD, C. M.; PINEAU, B.; HUNTER, D. C.; JAEGER, S. R. Further investigations into the reproducibility of check-all-thatapply (CATA) questions for sensory product characterization elicited by consumers. **Food Quality and Preference**, v. 36, p. 111–121, 2014.

ARES, G.; SALDAMANDO, L.; GIMÉNEZ, A.; CLARET, A.; CUNHA, L.M.; GUERRERO, L.; MOURA, A.P.; OLIVEIRA, D.C.R.; SYMONEAUX, R.; DELIZA, R. Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study. **Food Quality and Preference**, v. 40, p. 304–315, 2015.

ARUWA, C. E.; AMOO, S. O.; KUDANGA, T. *Opuntia* (Cactaceae) plant compounds, biological activities, and prospects - a comprehensive review. **Food Research International**, v. 112, p. 328–344, 2018.

ARUWA, C. E.; AMOO, S.; KUDANGA, T. Phenolic compound profile and biological activities of Southern African *Opuntia ficus-indica* fruit pulp and peels. **LWT - Food Science and Technology**, v. 111, p. 337–344, 2019.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association Chemists**, 18 ed. Washington: AOAC, 2012.

ATALAR, I.; SARICA OGLU, F. T.; ODABAS, H. I.; YILMAZ, V. A.; GUL, O. Effect of ultrasonication treatment on structural, physicochemical and bioactive properties of pasteurized rosehip (*Rosa canina* L.) nectar. **LWT - Food Science and Technology**, v. 118, p. 108850, 2020.

BAIÃO, L. F.; ROCHA, C.; LIMA, R. C.; MARQUES, A.; VALENTE, L. M. P.; CUNHA, L. M. Sensory profiling, liking and acceptance of sea urchin gonads from the North Atlantic coast of Portugal, aiming future aquaculture applications. **Food Research International**, v. 140, p. 109873, 2021.

BAKOUR, M.; AL-WAILI, N.; EL-HASKOURY, R.; EL-MENYIY, N.; AL-WAILI, T.; AL-WAILI, A.; LYOUSSE, B. Comparison of hypotensive, diuretic, and renal effects between cladodes of *Opuntia ficus-indica* and furosemide. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 10, n. 9, p. 900–906, 2017.

BALLARD, C.R.; DOS SANTOS, E.F.; DUBOIS, M.J.; PILON, G.; CAZARIN, C.B.B.; MARÓSTICA JUNIOR, M.R.; MARETTE, A. Two polyphenol-rich Brazilian fruit extracts protect from diet-induced obesity and hepatic steatosis in mice. **Food Funct.**, v. 11, p. 8800-8810, 2020.

BARKER, S.; MOSS, R., B., M.; SWEENEY, M. Carbonated emotions: Consumers' sensory perception and emotional response to carbonated and still fruit juices. **Food Research International**, 147, 110534, 2021.

BARSICS, F.; CAPARROS MEGIDO, R.; BROSTAUX, Y. Could new information influence attitudes to foods supplemented with edible insects? **British Food Journal**, v. 119, n. 9, p. 2027-2039, 2017.

BATISTA, K.S. et al. Beneficial effects of consumption of acerola, cashew or guava processing by-products on intestinal health and lipid metabolism in dyslipidaemic female *Wistar* rats. **British Journal of Nutrition**, v. 119, n. 1, p. 30-41, 2018.

BERNARDIS, L. L.; PATTERSON, B. D. Correlation between “lee index” and carcass fat content in weanling and adult female rats with hypothalamic lesions. **J Endocrinol.**, v. 40, p. 527–8, 1968.

BEZERRA, M. L. R.; SOUZA, E. L.; SOUSA, J. M. B.; LIMA, M. S.; ALVES, A. F.; ALMEIDA, M. G. Effects of honey from *Mimosa quadrivalvis* L. (malícia) produced by the *Melipona subnitida* D. (jandaíra) stingless bee on dyslipidaemic rats. **Food Funct.**, v. 9, p. 4480–92, 2018.

BHAT, R.; GOH, K. M. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. **Food Chemistry**, v. 215, p. 470–476, 2017.

BINDELS, L.B.; DELZENNE, N.M.; CANI, P.D.; WALTER, J. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 12, p. 303–310, 2015.

BISCONSIN-JÚNIOR, A.; RODRIGUES, H.; BEHRENS, J. H.; LIMA, V. S.; SILVA, M. A. A. P.; OLIVEIRA, M. S. R.; JANUÁRIO, L. A.; DELIZA, R.; NETTO, F. M.; MARIUTTI, L. R. B. Examining the role of regional culture and geographical distances on the representation of unfamiliar foods in a continental-size country. **Food Quality and Preference**, v. 79, p. 103779, 2020.

BLOCKER, C.P.; RUTH, J.A.; SRIDHARAN, S.; BECKWITH, C.; EKICI, A.; GOUDIE-HUTTON, M.; ROSA, J.A.; SAATCIOGLU, B.; TALUKDAR, D.; TRUJILLO, C.; VARMAN, R. Understanding poverty and promoting poverty alleviation through transformative consumer research. **J Bus Res**, v. 66, p. 1195-1202, 2013.

BOUTAKIOUT, A.; ELOTHMANI, D.; HANINE, H.; MAHROUZ, M.; MEURLAY, D.; HMID, I.; ENNAHLI, S. Effects of different harvesting seasons on antioxidant activity and phenolic content of prickly pear cladode juice. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 1, p. 1-10, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 12 dez. 2012.

CABRAL, D.; CUNHA, L. M.; DE ALMEIDA, M. D. V. Food choice and food consumption frequency of Cape Verde inhabitants. **Appetite**, v. 139, p. 26-34, 2019.

CAO, X.; CAI, C.; WANG, Y.; ZHENG, X. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in bayberry juice during thermal and ultrasound treatments. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 45, p. 169-178, 2018.

CAPARROS MEGIDO, R.; GIERTS, C.; BLECKER, C.; BROSTAUX, Y.; HAUBRUGE, É.; ALABI, T.; et al. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. **Food Quality and Preference**, v. 52, p. 237–243, 2016.

CÁRDENAS, Y.; RÍOS-SILVA, M.; HUERTA, M.; LÓPEZ, M.; BRICIO-BARRIOS, J.; ORTIZ-MESINA, M.; URZÚA, Z.; SAAVEDRA-MOLINA, A.; TRUJILLO, X. The Comparative Effect of Nopal and Mucilage in Metabolic Parameters in Rats with a High-Fructose Diet. **Journal of Medicinal Food**, v. 22, n. 5, 2019.

CARNUTA, M.G.; DELEANU, M.; BARBALATA, T.; TOMA, L.; RAILEANU, M.; SIMA, A.V.; STANCU, C. Phytomedicine. Zingiber officinale extract administration diminishes steroyl-CoA desaturase gene expression and activity in hyperlipidemic hamster liver by reducing the oxidative and endoplasmic reticulum stress. **Phytomedicine**, v. 48, p. 62-69, 2018.

COELHO, E. M.; PADILHA, C. V.S.; MISKINIS, G. A.; DE SÁ, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; AZEVEDO, L. C.; LIMA, M. S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.

COULTHARD, H.; ABDULLAHI, N.; BELL, K.; NOON, E. Understanding disgust-based food rejection in picky and non-picky eaters: Willingness to touch and taste familiar foods with changes. **Food Quality and Preference**, p. 104442, 2021.

CRUZ-CANSINO, N.S.; REYES-HERNÁNDEZ, I.; DELGADO-OLIVARES, L.; JARAMILLO-BUSTOS, D.P.; ARIZA-ORTEGA, J.A.; RAMÍREZ-MORENO, E. Effect of ultrasound on survival and growth of *Escherichia coli* in cactus pear juice during storage. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 2, p. 431-437, 2016.

CUNHA, L. M.; CABRAL, D.; MOURA, A. P.; DE ALMEIDA, M. D. V. Application of the Food Choice Questionnaire across cultures: Systematic review of cross-cultural and single country studies. **Food Quality and Preference**, v. 64, p. 21-36, 2018.

CYSNEIROS, G. F.; GONZALEZ, J. L. C.; DA SILVA, A. A. M.; CAVALCANTE, T. C. F.; QUEVEDO, O. G.; LIRA, E. C.; SOARES, J. K.; FRANCO, E. S.; DO NASCIMENTO, E.; FLORES, H. E. F. M. The addition of cactus flour (*Opuntia ficus indica*) to the Western-style diet attenuates the onset of metabolic disorders in rats. **Nutrition & Food Science**, v. 49, n. 4, 2019.

DA SILVA, J.K.; CAZARIN, C.B.B.; COLOMEU, T.C.; BATISTA, A.G.; MELETTI, L.M.M.; PASCHOAL, J.A.R.; JÚNIOR, S.B.; FURLAN, M.F.; REYES, F.L.R.; AUGUSTO, F.; JÚNIOR, M.R.M.; ZOLLNER, R.L. Antioxidant activity of aqueous extract of passion fruit (*Passiflora edulis*) leaves: in vitro and in vivo study. **Food Research International**, v. 53, n. 2, p. 882-890, 2013.

DE SANTIAGO, E.; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; CID, C.; DE PEÑA, M.P. Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v. 240, p. 1055–1062, 2018.

DE SOUZA CARVALHO, L. M.; LEMOS, M. C. M.; SANCHES, E. A.; DA SILVA, L. S.; DE ARAÚJO BEZERRA, J.; AGUIAR, J. P. L.; DAS CHAGAS DO AMARAL SOUZA, F.; ALVES FILHO, E. G.; CAMPELO, P. H. Improvement of the bioaccessibility of bioactive compounds from Amazon fruits treated using high energy ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 67, p. 105148, 2020.

DICK, M.; LIMBERGER, C.; CRUZ SILVEIRA THYS, R.; DE OLIVEIRA RIOS, A.; HICKMANN FLÔRES, S. Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126178, 2020.

DINEGRI, L.; FILHO, M. B.; DOS SANTOS, H. V. D.; DE LIRA, P. I. C.; CABRAL, P. C.; EICKMANN, S. H.; LIMA, M. C. Excess weight among women in a low-income urban community: socioeconomic, demographic and reproductive factors. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 26, n. 2, p. 1-9, 2021.

DOLAS, R.; SARAVANAN, C.; KAUR, B. P. Emergence and era of ultrasonic's in fruit juice preservation: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 58, p. 104609, 2019.

DU, F.; HUANG, R.; LIN, D.; WANG, Y.; YANG, X.; HUANG, X.; ZHENG, B.; CHEN, Z.; HUANG, Y.; WANG, X.; CHEN, F. Resveratrol Improves Liver Steatosis and

Insulin Resistance in Non-alcoholic Fatty Liver Disease in Association With the Gut Microbiota. **Front Microbiol.**, v. 12, p. 611323, 2021.

DUNNERAM, Y.; JEEWON, R. Healthy diet and nutrition education program among women of reproductive age: A necessity of multilevel strategies or community responsibility. **Health Promotion Perspectives**, v. 5, p. 116–127, 2015.

DU TOIT, A.; DE WIT, M.; OSTHOFF, G.; HUGO, A. Antioxidant properties of fresh and processed cactus pear cladodes from selected *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* cultivars. **South African Journal of Botany: Official Journal of the South African Association of Botanists = Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Plantkunde: Amptelike Tydskrif van Die Suid-Afrikaanse Genootskap van Plantkundiges**, v. 118, p. 44–51, 2018.

DUTRA, M. DA C. P.; RODRIGUES, L. L.; DE OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. D. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe, and Mn. **Food Chemistry**, v. 269, p. 157–165, 2018.

EL-MOSTAFA, K.; EL KHARRASSI, Y.; BADREDDINE, A.; ANDREOLETTI, P.; VAMECQ, J.; EL KEBBAJ, M.S. Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. **Molecules**, v. 19, p. 14879–14901, 2014.

EL-SHATANOWI, G.; ASHOUSH, I.; AHMED, E. K.; ALI, S. A. Antiatherogenic properties of vegetable juice rich in antioxidants in cholesterol-fed rats. **Annals of Agricultural Science**, v. 57, n. 2, p. 167–173, 2012.

EREJUWA, O.; NWOBODO, N.; AKPAN, J.; OKORIE, U.; EZEONU, C.; EZEOKPO, B. Nigerian Honey Ameliorates Hyperglycemia and Dyslipidaemia in Alloxan-Induced Diabetic Rats. **Nutrients**, v. 8, p. 95, 2016.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Technical meeting on prebiotics**, 2007. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agn/agns/files/Prebiotics_Tech_Meeting_Report.pdf>. Acesso em: 09/08/2017.

FARIAS, D. DE P.; DE ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. Prebiotics: Trends in food, health, and technological applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 23–35, 2019.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497–509, 1957.

FOTOPOULOS, C.; KRYSTALLIS, A.; VASSALLO, M.; PAGIASLIS, A. Food choice questionnaire (FCQ) revisited. suggestions for the development of an enhanced general food motivation model. **Appetite**, v. 52, p. 199–208, 2009.

FUJITA, A.; SOUZA, V. B.; DAZA, L. D.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GRANATO, D.; GENOVESE, M. I. Effects of Spray-Drying Parameters on In Vitro Functional Properties of Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh): A Typical Amazonian Fruit. **J Food Sci.**, v. 82, p. 1083–91, 2017.

GAMA, A. P.; ADHIKARI, K.; HOISINGTON, D. A. Factors influencing food choices of Malawian consumers: A food choice questionnaire approach. **Journal of Sensory Studies**, p. 1-9, 2018.

GANBOLD, M.; OWADA, Y.; OZAWA, Y.; SHIMAMOTO, Y.; FERDOUSI, F.; TOMINAGA, K.; ZHENG, Y.-W.; OHKOHCHI, N.; ISODA, H. Isorhamnetin alleviates steatosis and fibrosis in mice with nonalcoholic steatohepatitis. **Sci. Rep.**, v. 9, p. 16210, 2019.

GAO, J.; LIN, L.; CHEN, Z. et al. In vitro digestion and fermentation of three polysaccharide fractions from laminaria japonica and their impact on lipid metabolism-associated human gut microbiota. **J. Agric. Food Chem.**, v. 67, n. 26, p. 7496-7505, 2019.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects, and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 119–132, 2017.

GIBSON, G.R.; HUTKINS, R.; SANDERS, M.E.; PRESCOTT, S.L.; REIMER, R.A.; SALMINEN, S.J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K.S.; CANI, P.D.; VERBEKE, K.; REID, G. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 14, p. 491–502, 2017.

GÓMEZ-CORONA. Sensory and consumer research for good: a review on social responsibility. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 115–123, 2020.

GOMES, W. F.; TIWARI, B. K.; RODRIGUEZ, ´O., DE BRITO; E. S., FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Effect of ultrasound followed by high-pressure processing on prebiotic cranberry juice. **Food Chemistry**, v. 218, p. 261–268, 2017.

GOUWS, C.; MORTAZAVI, R.; MELLOR, D.; MCKUNE, A.; NAUMOVSKI, N. The effects of prickly pear fruit and cladode (*Opuntia* spp.) consumption on blood lipids: A systematic review. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 50, p. 102384, 2020.

GUERROUJ, K.; SÁNCHEZ-RUBIO, M.; TABOADA-RODRÍGUEZ, A.; CAVA-RODA, R. M.; MARÍN-INIESTA, F. Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. **Food and Bioproducts Processing**, v. 99, p. 20–28, 2016.

GUIMARÃES, J. T.; SILVA, E. K.; RANADHEERA, C. S.; MORAES, J.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; FERREIRA, M. S.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Effect of high intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 55, p. 157–164, 2019.

GUNENC, A.; ALSWITI, A.; HOSSEINIAN, F. Wheat Bran Dietary Fiber: Promising Source of Prebiotics with Antioxidant Potential. **Journal of Food Research**, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2017.

HARADA-PADERMO, S. S.; MERLO, T. C.; SOLETTI, I.; SALDAÑA, E. Understanding Brazilian consumer sensory and hedonic perception for salty snacks. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 586–594, 2021.

HARRAT, N. I.; LOUALA, S.; BENSALAH, F.; AFFANE, F.; CHEKKAL, H.; LAMRI-SENHADJI, M. Anti-hypertensive, anti-diabetic, hypocholesterolemic and antioxidant properties of prickly pear nopalitos in type 2 diabetic rats fed a high-fat diet. **Nutrition & Food Science**, v. 49, n. 3, 2019.

HARTMANN, C.; SIEGRIST, M. Becoming an Insectivore: Results of an Experiment. **Food Quality and Preference**, 51, 118 – 122, 2016.

HE, K. et al. Hypolipidemic effects of alkaloids from *Rhizoma coptidis* in diet-induced hyperlipidemic hamsters. **Planta medica**, v. 82, n. 08, p. 690-697, 2016.

HÉLIÈS-TOUSSAINT, C.; FOUCHÉ, E.; NAUD, N.; BLAS-Y-ESTRADA, F.; SANTOS-DIAZ, M. S.; NÈGRE-SALVAYRE, A.; DE LA ROSA, A. P. B.; GUÉRAUD, F. *Opuntia* cladode powders inhibit adipogenesis in 3 T3-F442A adipocytes and a high-fat-diet rat model by modifying metabolic parameters and favouring faecal fat excretion. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, v. 20, n. 33, 2020.

HERNANDEZ-BECERRA, E.; MENDOZA-AVILA, M.; JIMÉNEZ-MENDOZA, D.; GUTIERREZ-CORTEZ, E.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E.; ROJAS-MOLINA, I. Effect of Nopal (*Opuntia ficus indica*) Consumption at Different Maturity Stages as an Only Calcium Source on Bone Mineral Metabolism in Growing Rats. **Biological Trace Element Research**, v. 194, p. 168–176, 2020.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, H. M.; MORENO-VILET, L.; VILLANUEVA-RODRÍGUEZ, S. J. Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies: IFSET: The Official Scientific Journal of the European Federation of Food Science and Technology**, v. 58, p. 102233, 2019.

HU, Y. et al. Icariin attenuates high-cholesterol diet induced atherosclerosis in rats by inhibition of inflammatory response and p38 MAPK signaling pathway. **Inflammation**, v. 39, n. 1, p. 228-236, 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019). **Directorate of Research, Coordination of Work and Income, Continuous National Household Sample Survey 2021 - 2019**.

JAEGER, S. R.; BERESFORD, M. K.; LO, K. R.; HUNTER, D. C.; CHHEANG, S. L.; ARES, G. What does it mean to check-all-that-apply? Four case studies with beverages. **Food Quality and Preference**, v. 80, p. 103794, 2020.

JAHANGIRI, A. et al. Physicochemical characterization and pharmacological evaluation of ezetimibe-PVP K30 solid dispersions in hyperlipidemic rats. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 134, p. 423-430, 2015.

JAMBRAK, A.R.; ŠIMUNEK, M.; EVAČIĆ, S.; MARKOV, K.; SMOLJANIĆ, G.; FRECE, J. Influence of high power ultrasound on selected moulds, yeasts and *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple, cranberry and blueberry juice and nectar. **Ultrasonics**, v. 83, p. 3-17, 2018.

JÜRKENBECK, K.; SPILLER, A. Importance of sensory quality signals in consumers' food choice. **Food Quality and Preference**, v. 90, p. 104155, 2021.

KAKAGIANNI, M.; CHATZITZIKA, C.; KOUTSOUMANIS, K.; VALDRAMIDIS, V. P. The impact of high power ultrasound for controlling spoilage by *Alicyclobacillus acidoterrestris*: A population and a single spore assessment. **Innovative food Science & emerging technologies: Ifset. The Official Scientific Journal of the European Federation of Food Science and Technology**, p. 102405, 2020.

KALUMBI, M.; MATUMBA, L.; MTIMUNI, B.; MWANGWELA, A.; GAMA, A. P. Hydrothermally Treated Soybeans Can Enrich Maize Stiff Porridge (Africa's Main Staple) without Negating Sensory Acceptability. **Foods**, v. 8, p. 650, 2019.

KAMOTO, R.J.; KASAPILA, W. NG'ONG'OLA-MANANI, T.A. Use of fungal alpha amylase and ascorbic acid in the optimisation of grain amaranth–wheat flour blended bread. **Food Nutr Res**, v. 62, p. 1341, 2018.

KAUR, J.; LAMB, M.M.; OGDEN, C.L. The Association between Food Insecurity and Obesity in Children—The National Health and Nutrition Examination Survey. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 115, n. 5, p. 751–758, 2015.

KHAN, M. K.; AHMAD, K.; HASSAN, S.; IMRAN, M.; AHMAD, N.; XU, C. Effect of novel technologies on polyphenols during food processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies: IFSET: The Official Scientific Journal of the European Federation of Food Science and Technology**, v. 45, p. 361–381, 2018.

KHANDPUR, P.; GOGATE, P.R. Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 29, p. 337-353, 2016.

KHALIL, M.; HAYEK, S.; KHALIL, N.; SERALE, N.; VERGANI, L.; CALASSO, M.; ANGELIS, M.; PORTINCASA, P. Role of Sumac (*Rhus coriaria* L.) in the management of metabolic syndrome and related disorders: Focus on DHGNA-atherosclerosis interplay. **Journal of Functional Foods**, v. 87, p. 104811, 2021.

KILKENNY, C.; BROWNE, W.; CUTHILL, I. C.; EMERSON, M.; ALTMAN, D. G. Animal Research: Reporting in vivo Experiments—The ARRIVE Guidelines. **J Cereb Blood Flow Metab.**, v. 31, p. 991–3, 2011.

KONTUSH, A. HDL and Reverse Remnant-Cholesterol Transport (RRT): relevance to cardiovascular disease. **Trends Mol Med.**, v. 26, p. 1086-1100, 2020.

KUMAR, P.; BHANDARI, U.; JAMADAGNI, S. Fenugreek seed extract inhibit fat accumulation and ameliorates dyslipidemia in high fat diet-induced obese rats. **BioMed Research International**, v. 2014, 2014.

LACERDA, D.C.; FERRAZ-PEREIRA, K.N.; VISCO, D.B.; PONTES, P.B.; CHAVES, W.F.; GUZMAN-QUEVEDO, O.; MANHÃES-DE-CASTRO, R.; TOSCANO, A.E. Perinatal undernutrition associated to experimental model of cerebral palsy increases adverse effects on chewing in young rats. **Physiology & Behavior**, v. 173, n. 1, p. 69–78, 2017.

LAESTADIUS, L.I.; WOLFSON, J.A. **Unsustainable societal demands on the food system Affordability**. In Environmental Nutrition. Edited by Sabate J. Academic Press, 2019.

LAGERKVIST, C.; OKELLO, J.; MUOKI, P.; HECK, S.; PRAIND, G. Nutrition Promotion Messages: The Effect of Information on Consumer Sensory Expectations, Experiences and Emotions of Vitamin A-Biofortified Sweet Potato. **Food Quality and Preference**, v. 52, p. 143-152, 2016.

LEFFA, D.D. et al. Corrective effects of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice intake on biochemical and genotoxic parameters in mice fed on a high-fat diet. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 770, p. 144-152, 2014.

LI, HANG-YU; ZHOU, D. D.; GAN, R. Y.; HUANG, S. Y.; ZHAO, C. N.; SHANG, A.; XU, X. Y.; LI, H. B. Effects and Mechanisms of Probiotics, Prebiotics, Synbiotics, and Postbiotics on Metabolic Diseases Targeting Gut Microbiota: A Narrative Review. **Nutrients**, v. 13, p. 3211, 2021.

LI, S.; WANG, L.; LIU, B.; HE, N. Unsaturated alginate oligosaccharides attenuated obesity-related metabolic abnormalities by modulating gut microbiota in high-fat-diet mice. **Food Funct.**, v. 11, p. 4773–4784, 2020.

LI, Y.; CUI, Y.; LU, F.; WANG, X.; LIAO, X.; HU, X.; ZHANG, Y. Beneficial effects of a chlorophyll-rich spinach extract supplementation on prevention of obesity and modulation of gut microbiota in high-fat diet-fed mice. **Journal of Functional Foods**, v. 60, p. 103436, 2019.

LIMA, A.; SOUSA, F.C.; SILVA, L.M.M.; PEREIRA, F.C.; SANTANA, M.F.S. Utilização de umbuzadas formuladas com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) na merenda escolar. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 68-72, 2012.

LIMA, M. D. S.; NUNES, P. C.; SILVA, B. DE L. A.; PADILHA, C. V. DE S.; BONFIM, T. H. F.; STAMFORD, T. L. M.; VASCONCELOS, M. A. DA, S.; AQUINO, J. DE S. Determining 1-kestose, nystose, and raffinose oligosaccharides in grape juices and wines using HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Science & Technology**, v. 56, p. 4575–4584, 2019.

LINDQVIST, A.; ERLANSON-ALBERTSSON, C. Fat Digestion and its Role in Appetite Regulation and Energy Balance -The Importance of Enterostatin and Tetrahydrolipstatin. **Cent. Nerv. Syst. Agents Med. Chem.**, v. 3, p. 157-175, 2003.

LIU, D.; DING, L.; SUN, J.; BOUSSETTA, N.; VOROBIEV, E. Yeast cell disruption strategies for recovery of intracellular bio-active compounds — a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies: IFSET: The Official Scientific Journal of the European Federation of Food Science and Technology**, v. 36, p. 181–192, 2016.

LOUW, L.; MALHERBE, S.; NAES, T.; LAMBRECHTS, M.; VAN RENSBURG, P.; NIEUWOUDT, H. Validation of two Napping® techniques as rapid sensory screening tools for high alcohol products. **Food Quality and Preference**, v. 30, n. 2, p. 192–201, 2013.

MALLONE, A.; STENGER, C.; ECKARDSTEIN, A. V.; HOERSTRUP, S. P.; WEBER, B. Biofabricating atherosclerotic plaques: In vitro engineering of a three-dimensional human fibroatheroma model. **Biomaterials**, v. 150, p. 49–59, 2018.

MANOHAR, S.; REHMAN, V.; SIVAKUMARAN, B. Role of unfamiliarity and information on consumers' willingness to try new healthy foods. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104037, 2021.

MARDANI-GHAHFAROKHI, A.; FARHOOSH, R. Antioxidant activity and mechanism of inhibitory action of gentisic and α -resorcylic acids. **Scientific Reports**, v. 10, p. 19487, 2020.

MARTINS, I. B. A.; OLIVEIRA, D.; ROSENTHAL, A.; ARES, G.; DELIZA, R. Brazilian consumer's perception of food processing technologies: A case study with fruit juice. **Food Research International**, v. 125, p. 108555, 2019.

MAZIDI, M. et al. Ideal cardiovascular health associated with fatty liver: results from a multi-ethnic survey. **Atherosclerosis**, 284, 129-135, 2019.

MEDEIROS, I. U. D.D.; AQUINO, J.D. S.; CAVALCANTI, N. S.D. H.; CAMPOS, A. R. N.; CORDEIRO, A. M. T.D. M.; DAMASCENO, K. S. F.D. S. C.; HOSKIN, R. T. Characterization and functionality of fiber-rich pomaces from the tropical fruit pulp industry. **British Food Journal**, v. 122, n. 3, p. 813–826, 2020.

MEHTA, D.; SHARMA, N.; BANSAL, V.; SANGWAN, R. S.; YADAV, S. K. Impact of ultrasonication, ultraviolet, and atmospheric cold plasma processing on quality parameters of tomato-based beverage in comparison with thermal processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies: IFSET: The Official Scientific Journal of the European Federation of Food Science and Technology**, 52, 343–349, 2019.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 281, 1991.

METCALF, D. A.; WIENER, K. K. K.; SALIBA, A. Comparing early hemp food consumers to non-hemp food consumers to determine attributes of early adopters of a novel food using the Food Choice Questionnaire (FCQ) and the Food Neophobia Scale (FNS). **Future Foods**, v. 3, p. 100031, 2021.

MILJKOVIC, M.; STEFANOVIC, A.; SIMIC-OGRIZOVIC, S.; VEKIC, J.; BOGAVAC-STANOJEVIC, N.; CERNE, D.; et al. Association of Dyslipidaemia, Oxidative Stress, and Inflammation With Redox Status in VLDL, LDL, and HDL Lipoproteins in Patients With Renal Disease. **Angiology**, v. 69, p. 861–70, 2018.

MINJARES-FUENTES, R.; FEMENIA, A.; GARAU, M. C.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. A.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 106, p. 179–189, 2014.

MONRO, J. A.; MISHRA, S.; VENN, B. Baselines representing blood glucose clearance improve in vitro prediction of the glycaemic impact of customarily consumed food quantities. **British Journal of Nutrition**, v. 103, n. 2, p. 295-305, 2010.

MORA, M.; ROMEO-ARROYO, E.; TORÁN-PEREG, P.; CHAYA, C.; VÁZQUEZ-ARAÚJO, L. Sustainable and health claims vs sensory properties: Consumers' opinions and choices using a vegetable dip as example product. **Food Research International**, v. 137, p. 109521, 2020.

MORAN-RAMOS, S.; HE, X.; CHIN, E. L.; TOVAR, A. R.; TORRES, N.; SLUPSKY, C. M.; RAYBOULD, H. E. Nopal feeding reduces adiposity, intestinal inflammation and shifts the cecal microbiota and metabolism in high-fat fed rats. **Plos One**, v. 12, n. 2, p. 1-23, 2017.

MOTOKI, K.; PARK, J.; SPENCE, C.; VELASCO, C. Contextual acceptance of novel and unfamiliar foods: Insects, cultured meat, plant-based meat alternatives, and 3D printed foods. **Food Quality and Preference**, v. 96, p. 104368, 2022.

MOTOKI, K.; SAITO, T.; ONUMA, T. Eye-tracking research on sensory and consumer science: A review, pitfalls and future directions. **Food Research International**, v. 145, p. 110389, 2021.

MOUNIR, B.; YOUNES, E. G.; ASMAA, M.; ABDELJALIL, Z.; ABDELLAH, A. Physicochemical changes in cladodes of *Opuntia ficus-indica* as a function of the growth stage and harvesting areas. **Journal of Plant Physiology**, v. 251, p. 153196, 2020.

NADEEM, M.; UBAID, N.; QURESHI, T.M.; MUNIR, M.; MEHMOOD, A. Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 45, p. 1-6, 2018.

NAPATSORN, S.; TITIKORN, C.; DILLON, P.; KANOKPHONG, S.; PANSA, P.; NATTAYAPORN, A.; WASANA, P.; JIRAPAS, S.; NIPON, C.; SIRIPORN, C.C. Gut

dysbiosis develops before metabolic disturbance and cognitive decline in high-fat diet induced obese condition. **Nutrition**, v. 69, p. 110576, 2020.

NATH, E. C.; CANNON, P. R.; PHILIPP, M. C. An unfamiliar social presence reduces facial disgust responses to food stimuli. **Food Research International**, v. 126, p. 108662, 2019.

NASCIMENTO, A. F.; LUVIZOTTO, R.A.; LEOPOLDO, A.S.; LIMA-LEOPOLDO, A.P.; SEIVA, F.R.; JUSTULIN, L.A. Jr. et al. Long-term high-fat diet-induced obesity decreases the cardiac leptin receptor without apparent lipotoxicity. **Life Sciences**, v. 88, p. 1031-1038, 2011.

NAYAK, P. K.; CHANDRASEKAR, C. M.; KESAVAN, R. K. Effect of thermosonication on the quality attributes of star fruit juice. **Journal of Food Process Engineering**, 41,12857, 2018.

NIE, J.; ZHANG, L.; ZHAO, G.; DU, X. Quercetin reduces atherosclerotic lesions by altering the gut microbiota and reducing atherogenic lipid metabolites. **J Appl Microbiol.**, v. 127, p. 1824–34, 2019.

NOVELLI, E.L.B.; DINIZ, Y.S.; GALHARDI, C.; EBAID, G.M.X.; RODRIGUES, H.G.; MANI, F.; FERNANDES, A.A.H.; CICOGNA, A.; NOVELLI FILHO, J.L.V.B. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. **Laboratory Animals**, v. 41, p. 111-119, 2007.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 95, p. 351-358, 1979.

OJEDA, M.; ETAIO, I.; VALENTIN, D.; DACREMONT, C.; ZANNONI, M.; TUPASELA, T.; LILLEBERG, L.; PÉREZ-ELORTONDO, F. J. Effect of consumers' origin on perceived sensory quality, liking and liking drivers: A cross-cultural study on European cheeses. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104047, 2021.

OLEGARIO, L. S.; ESTEVÉZ, M.; GONZÁLEZ-MOHINO, A.; MADRUGA, M. S.; VENTANAS, S. Cross-cultural emotional response to food stimuli: Influence of consumption context. **Food Research International**, v. 142, p. 110194, 2021.

OLADUNJOYE, A. O.; ADEBOYEJO, F. O.; OKEKUNBI, T. A.; ADERIBIGB, O. R. Effect of thermosonication on quality attributes of hog plum (*Spondias mombin* L.) juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 70, p. 105316, 2021.

ONUMPAI, C.; KOLIDA, S.; BONNIN, E. et al. Microbial utilization and selectivity of pectin fractions with various structures. **Appl. Environm. Microbiol.**, v. 77, n. 16, p. 5747-5754, 2011.

ORDÓÑEZ-SANTOS, L.E.; MARTÍNEZ-GIRÓN, J.; ARIAS-JARAMILLO, M.E. Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice. **Food Chemistry**, v. 233, p. 96-100, 2017.

OTHMAN, Z. A.; WAN, GHAZALI, W. S.; NOORDIN, L.; MOHD YUSOF, N. A.; MOHAMED M. Phenolic Compounds and the Anti-Atherogenic Effect of Bee Bread in High-Fat Diet-Induced Obese Rats. **Antioxidants (Basel)**, v. 9, n. 1, p. 33, 2019.

OYEYINKA, A.T.; PILLAY, K.; SIWELA, M. Consumer awareness and acceptability of bambara groundnut as a protein source for use in complementary foods in rural KwaZulu- Natal. **S Afr J Clin Nutr**, v. 30, p. 87-92, 2017.

PAMBO, K.; OKELLO, J.; MBECHÉ, R.; KINYURU, J. Exploring the Influence of Differentiated Nutrition Information on Consumers' Mental Models Regarding Foods from Edible Insects: A Means-End Chain Analysis. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 56, n. 6, p. 530–551, 2017.

PAMBO, K. O.; OKELLO, J. J.; MBECHÉ, R. M.; KINYURU, J. N.; ALEMU, M. H. The role of product information on consumer sensory evaluation, expectations, experiences and emotions of cricket-flour buns. **Food Research International**, v. 106, p. 532-541, 2018.

PARK, Y.; JANG, J.; LEE, D.; YOON, M. Vitamin C Inhibits Visceral Adipocyte Hypertrophy and Lowers Blood Glucose Levels in High-Fat-Diet-Induced Obese C57BL/6J Mice. **Biomedical Science Letters**, v.24, n.4, p.311–318, 2018.

PARKAR, S.G.; TROWER, T.M.; STEVENSON, D.E. Fecal microbial metabolism of polyphenols and its effects on human gut microbiota. **Anaerobe**, v. 23, p. 12–19, 2013.

PATURI, G. et al. Evaluation of gastrointestinal transit in rats fed dietary fibres differing in their susceptibility to large intestine fermentation. **J. Funct. Foods**, v. 4, p. 07–115, 2013.

PAULINO, A. H. S.; VIANA, A. M. F.; BONOMO, L.DE F. C.; GUERRA, J. F. C.; LOPES, J. M. M.; RABELO, A. C. S.; FAGUNDES, M. M. A.; RÉGIS, A. L. R. S.; LIMA, W. G.; PEDROSA, M. L.; SILVA, M. E. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) Ameliorates Liver Damage and Reduces Hepatic Steatosis in Rats Fed with a High-fat Diet. **J Food Nutr Res**, v. 7, p. 132-140, 2019.

PELS, J.; SHETH, J.N. Business models to serve low-income consumers in emerging markets. **Mark Theory**, v. 17, p. 373-391, 2017.

PÉREZ-GRIJALVA, B.; HERRERA-SOTERO, M.; MORA-ESCOBEDO, R.; ZEBADÚA-GARCÍA, J. C.; SILVA-HERNÁNDEZ, E.; OLIART-ROS, R.; PÉREZ-CRUZ, C.; GUZMÁN-GERÓNIMO, R. Effect of microwaves and ultrasound on bioactive compounds and microbiological quality of blackberry juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 87, p. 47–53, 2018.

PIMENTEL, T.C.; MADRONA, G.S.; PRUDENCIO, S.H. Probiotic clarified apple juice with oligofructose or sucralose as sugar substitutes: sensory profile and acceptability. **Food Science and Technology**, v. 62, p. 1-9, 2014.

PINHEIRO, R.O.; LINS, P. P.; DE CARVALHO, J. L. P. et al. Maternal dyslipidaemic diet induces sex-specific alterations in intestinal function and lipid metabolism in rat offspring. **British Journal of Nutrition**, v. 121, n.7, p.721-734, 2019.

PRASAD, K.N.; BONDY, S.C. Dietary fibers and their fermented short-chain fatty acids in prevention of human diseases. **Bioact Carbohydr Diet Fibre**, v. 17, p. 100170, 2019.

PROSKY, L.; ASP, N.; SCHWEIZER, T.; DE VRIES, J.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products: collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 75, n. 2, p. 360–367, 1992.

PUSHPANGADAN, P.; GEORGE, V.; SREEDEVI, P.; BINEY, A.J.; ANZAR, S.; ASWANY, T.; NINAWA, A.S.; IJINU, T.P. Functional foods and nutraceuticals with special focus on mother and child care. **Annals of Phytomedicine**, v. 3, n. 1, p. 4-24, 2014.

QING-YI, L.; SUMMANEN, P.; RU-PO, L.; JIANJUN, H.; HENNING, S.; HEBER, D.; FINDGOLD, S.; ZHAOPING, L. In Vitro Assessment of Prebiotic Potential of Culinary Spices. **The FASEB Journal**, v. 31, n. 1, p. 933-965, 2017.

RAJU, R.; DEKA, S. C. Influence of thermosonication treatments on bioactive compounds and sensory quality of fruit (*Haematocarpus validus*) juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, p. 13701, 2018.

RAKOTOSAMIMANANA, V. R.; DE KOCK, H. L. Sensory studies with low-income, food-insecure consumers. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 108–114, 2020.

RAWSON, A.; TIWARI, B. K.; PATRAS, A.; BRUNTON, N.; BRENNAN, C.; CULLEN, P. J.; O'DONNELL, C. Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. **Food Research International**, v. 44, n. 5, 1168–1173, 2011.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231-1237, 1999.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY, 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. **J Nutr.**, v. 123, p. 1939–51, 1993.

RODRÍGUEZ-ROQUE, M. J.; DE ANCOS, B.; SÁNCHEZ-VEGA, R.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; ELEZ-MARTÍNEZ, P.; MARTÍN-BELLOSO, O. In vitro bioaccessibility of isoflavones from a soymilk-based beverage as affected by thermal and non-thermal processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 66, p. 102504, 2020.

ROSS, K.A.; BETA, T.; ARNTFIELD, S.D. A comparative study on the phenolic acids identified and quantified in dry beans using HPLC as affected by different extraction and hydrolysis methods. **Food Chemistry**, v. 113, p. 336-344, 2009.

ROUANET, J. M.; DÉCORDÉ, K.; DEL RIO, D.; AUGER, C.; BORGES, G., CRISTOL, J. P.; LEAN, M. E. J.; CROZIER, A. Berry juices, teas, antioxidants and the prevention of atherosclerosis in hamsters. **Food Chemistry**, v. 118, p. 266–271, 2010.

SA'ID, A.M.; ABUBAKAR, H.; BELLO, B. Sensory and microbiological analysis of tigernut (*Cyperus esculentus*) beverage. **Pak J Nutr**, v. 16, p. 731-737, 2017.

SALDAÑA, E.; SERRANO-LEÓN, J.; SELANI, M. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Sensory and hedonic impact of the replacement of synthetic antioxidant for pink pepper residue extract in chicken Burger. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, p. 617–627, 2020.

SÁNCHEZ-TAPIA, M.; AGUILAR-LÓPEZ, M.; PÉREZ-CRUZ, C.; ONTIVEROS, E. P.; WANG, M.; DONOVAN, S. M.; TOVAR, A. R.; TORRES, N. Nopal (*Opuntia ficus indica*) protects from metabolic endotoxemia by modifying gut microbiota in obese rats fed high fat/sucrose diet. **Scientific Reports**, v. 7, p. 4716, 2017.

SANTHIRASEGARAM, V., RAZALI, Z.; SOMASUNDRAM, C. Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, n. 5, p. 1276–1282, 2013.

SCHIFFERSTEIN, H. N. J. Changing food behaviors in a desirable direction. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 30–37, 2020.

SCHUTZ, H. G. (1965). Food Action Rating Scale for measuring food acceptance. **Journal of Food Science**, v. 30, n. 2, p. 365–374.

SEGALL-CORRÊA, A. M.; MARIN-LEÓN, L.; MELGAR-QUIÑONEZ, H.; PÉREZ-ESCAMILLA, R. Refinement of the Brazilian Household Food Insecurity Measurement Scale: Recommendation for a 14-item EBIA. **Revista de Nutrição**, v. 27, n. 2, p. 241-251, 2014.

SHARIFI-RAD, J.; RODRIGUES, C. F.; SHAROPOV, F.; DOCEA, A. O.; CAN KARACA, A.; SHARIFI-RAD, M.; KAHVECI KARINCAOGLU, D.; et al. Diet, lifestyle and cardiovascular diseases: linking pathophysiology to cardioprotective effects of natural bioactive compounds. **Int J Environ Res Public Health**, v. 17, p. 2326, 2020.

SHONTE, T.T.; DE KOCK, H.L. Descriptive sensory evaluation of cooked stinging nettle (*Urticadioica* L.) leaves and leaf infusions: effect of using fresh or oven-dried leaves. **S Afr J Bot**, v. 110, p. 167-176, 2017.

SILVA, E. K., ARRUDA, H. S., PASTORE, G. M., MEIRELES, M. A. A., & SALDAÑA, M. D. A. Xylooligosaccharides chemical stability after high-intensity ultrasound processing of prebiotic orange juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 63, p. 104942, 2020.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.

SINGH, R.D.; BANERJEE, J.; ARORA, A. Prebiotic potential of oligosaccharides: a focus on xylan derived oligosaccharides. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 5, n. 1, p. 19-30, 2015.

SINGLA, V.; CHAKKARAVARTHI, S. Applications of prebiotics in food industry: A review. **Food Science and Technology International = Ciencia Y Tecnologia de Los Alimentos Internacional**, v. 23, n. 8, p. 649–667, 2017.

SMITH, S. (2013). Determining sample size: How to ensure you get the correct sample size. Retrieved from <https://www.qualtrics.com/blog/determining-sample-size>.

SOBOWALE, S.S.; ANIMASHAUN, O.H.; MULABA-BAFUBIANDI, A.F.; ABIDOYE, T.S.; KEWUYEMI, Y.O.; ADEBO, O.A. Process optimization of extrusion variables and its effect on properties of extruded cocoyam (*Xanthosomasagittifolium*) noodles. **Food Sci Nutr**, v. 6, p. 2210-2226, 2018.

SOLIMAN, G. A. Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. **Nutrientes**, 2019.

SOSA, M.; MARTINEZ, C.; MARQUEZ, F.; HOUGH, G. Location and scale influence on sensory acceptability measurements among low-income consumers. **Journal of Sensory Studies**, v. 23, p. 707–719, 2008.

SOUSA, M. M. M.; CARVALHO, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Colour and shape of design elements of the packaging labels influence consumer expectations and hedonic judgments of specialty coffee. **Food Quality and Preference**, v. 83, p. 103902, 2020.

STEPTOE, A.; POLLARD, T. M.; WARDLE, J. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: The food choice questionnaire. **Appetite**, v. 25, p. 267–284, 1995.

SUN, Y.; KANG, K.; LI, Y.; SANG, L.; CHANG B. Tea polyphenols protect mice from acute ethanol-Induced liver injury by modulating the gut microbiota and short-chain fatty acids. **Journal of Functional Foods**, v. 87, p. 104865, 2021.

SWAMY, G.J.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; ASOKAPANDIAN, S. Chapter 23 – Ultrasound for Fruit Juice Preservation. **Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis**, v. 1, p. 451–462, 2018.

TAJIMA, R.; KIMURA, T.; ENOMOTO, A; SAITO, A; KOBAYASHI, S.; MASUDA, K. No association between fruits or vegetables and non-alcoholic fatty liver disease in middle-aged men and women. **Nutrition**, v. 61, p. 119–24, 2019.

TAN, H. S. G.; FISCHER, A. R. H.; TINCHAN, P.; STIEGER, M.; STEENBEKKERS, L. P. A.; TRIJP, H. C. M. Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. **Food Quality and Preference**, v. 42, p. 78–89, 2015.

TAN, H. S. G.; VERBAAN, Y. T.; STIEGER, M. How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods? **Food Research International**, v. 92, p. 95-105, 2017.

TAVARES, R. L.; VASCONCELOS, M. H. A.; DORAND, V.A.M.; TORRES JUNIOR, E. U.; TOSCANO, L. T.; QUEIROZ, R. T.; ALVES, A. F.; MAGNANI, M.; GUZMAN-QUEVEDO, O.; AQUINO, J.S. Mucuna pruriens treatment shows anti-obesity and intestinal health effects on obese rats. **Food Funct**, v. 12, p. 6479-6489, 2021.

TIAN, C.; YI, SHAO, Y.; JIN, Z.; LIANG, Y.; LI, C.; QU, C.; SUN, S.; CUI, C.; LIU, M. The protective effect of rutin against lipopolysaccharide induced acute lung injury in mice based on the pharmacokinetic and pharmacodynamic combination model. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 209, p. 114480, 2022.

TOMA, L.; SANDA, G.; NICULESCU, L.; DELEANU, M.; SIMA, A.; STANCU, C. Phenolic Compounds Exerting Lipid-Regulatory, Anti-Inflammatory and Epigenetic Effects as Complementary Treatments in Cardiovascular Diseases. **Biomolecules**, v. 10, p. 641, 2020.

TREVELYAN, W.E.; HARRISON, T.S. Dosagem de glicídeos totais pelo método de antrona. **Journal of Biochemistry**, v. 50, p. 292, 1952.

TUORILA, H.; HARTMANN, C. Consumer responses to novel and unfamiliar foods. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 1–8, 2020.

TVEDEN-NYBORG, P. et al. Diet-induced dyslipidemia leads to nonalcoholic fatty liver disease and oxidative stress in guinea pigs. **Translational Research**, v. 168, p. 146-160, 2016.

TZENG, T. et al. Lipid-lowering effects of zerumbone, a natural cyclic sesquiterpene of Zingiber zerumbet Smith, in high-fat diet-induced hyperlipidemic hamsters. **Food and Chemical Toxicology**, v. 69, p. 132-139, 2014.

ULAKCSAI, Z.; BAGAM'ERY, F.; SZ'OK'O, 'E.; T'ABI, T. The role of autophagy induction in the mechanism of cytoprotective effect of resveratrol. **European Journal of Pharmaceutical Sciences: Official Journal of the European Federation for Pharmaceutical Sciences**, v. 123, p. 135–142, 2018.

VERBEKE, W. Profiling Consumers who are ready to Adopt Insects as a Meat Substitute in a Western Society. **Food Quality and Preference**, v. 39, p. 147-155, 2015.

VENTURA-AGUILAR, R. I.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; RIVERA-CABRERA, F. Cactus stem (*Opuntia ficus-indica* Mill): Anatomy, physiology

and chemical composition with emphasis on its biofunctional properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 15, p. 5065–5073, 2017.

WANG, J.; WANG, J.; YE, J.; VANGA, S. K.; RAGHAVAN, V. Influence of highintensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. **Food Control**, v. 96, p. 128–136, 2019.

WANG, S.; XIAO, Y.; TIAN, F.; ZHAO, J.; ZHANG, H.; ZHAI, Q.; CHEN, W. Rational use of prebiotics for gut microbiota alterations: Specific bacterial phylotypes and related mechanisms. **Journal of Functional Foods**, v. 66, p. 103838, 2020.

WEDEL, M.; KAMAKURA, W. A. Introduction to the special issue on market segmentation. **International Journal of Research in Marketing**, v. 19, p. 181–183, 2002.

WHO. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO welcomes global recognition of fruits, vegetables, tea and food loss and waste**, 2020. Available in <http://www.fao.org/> Accessed on 21 May 2021.

WU, T.; SHEN, M.; GUO, X.; HUANG, L.; YANG, J.; YU, Q.; CHEN, Y.; XIE, J. *Cyclocarya paliurus* polysaccharide alleviates liver inflammation in mice via beneficial regulation of gut microbiota and TLR4/MAPK signaling pathways. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 160, p. 164–174, 2020.

YAN, Z.; ZHONG, Y.; DUAN, Y.; CHEN, Q.; LI, F. Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. **Animal Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 115–123, 2020.

YANG, Q.; SHEN, Y.; FOSTER, T.; HORT, J. Measuring consumer emotional response and acceptance to sustainable food products. **Food Research International**, v. 131, p. 108992, 2020.

YOUNOSSI, Z.M. Non-alcoholic fatty liver disease – a global public health perspective. **J. Hepatol.**, v. 70, p. 531–544, 2019.

XAZELA, N.M.; HUGO, A.; MARUME, U.; MUCHENJE, V. Perceptions of rural consumers on the aspects of meat quality and health implications associated with meat consumption. **Sustainability**, v. 9, p. 1–30, 2017.

XINYU, J.; SHUAI, S.; BIN, L.; MINGXU, S.; DANLI, T.; WANTONG, Z.; YIN, Z.; LULU, Z.; HUAMIN, Z.; CHENG, L.; YONGYAN, W. Bioactive compounds from herbal medicines to manage dyslipidemia. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 118, p. 109338, 2019.

XU, Q.; XU, P.; CEN, Y.; LI, W. Effects of preoperative oral administration of glucose solution combined with postoperative probiotics on inflammation and intestinal barrier function in patients after colorectal cancer surgery. **Oncol. Lett.**, v. 18, p. 694–698, 2019.

ZAMBRANO-ZARAGOZA, M.L.; MERCADO-SILVA, E.; DEL-REAL, A.L.; GUTIÉRREZ-CORTEZ, E.; CORNEJO-VILLEGAS, M.A.; QUINTANAR-GUERRERO, D. The effect of nano-coatings with α -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut "Red Delicious" apples. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 22, p. 188-196, 2014.

ZHAO, Y.; BI, J.; YI, J.; PENG, J.; MA, Q. Dose-dependent effects of apple pectin on alleviating high-fat-induced obesity modulated by gut microbiota and SCFAs. **Food Science and Human Wellness**, v. 11, p. 143-154, 2022.

APÊNDICE A - ITENS QUE COMPUSERAM O QUESTIONÁRIO DE ESCOLHAS ALIMENTARES (QEA) EM PORTUGUÊS.

Fatores	É importante para mim que a comida que consumo em um dia típico:	1	2	3	4	5	6	7
Bem-estar	1 ...seja rica em fibras e volumosa							
	2 ...seja nutritiva							
	3 ...contenha muitas vitaminas e minerais							
	4 ...seja rica em proteínas							
	5 ...me mantenha sadio							
	6 ...seja boa para minha pele/dentes/cabelo/unhas etc.							
Humor	7 ...me anime							
	8 ...me ajude a lidar com o estresse							
	9 ...me mantenha acordado e alerta							
	10 ...me ajuda a relaxar							
	11 ...me faça sentir bem							
	12 ...me ajude a enfrentar a vida							
Conveniência	13 ...seja fácil de preparar							
	14 ...seja facilmente encontrada nas lojas e supermercados							
	15 ...possa ser cozinhada de forma muito simples							
	16 ...não leve tempo para se preparar							
	17 ...possa ser comprada em lojas perto de onde eu moro ou trabalho							
Apelo sensorial	18 ...seja gostosa							
	19 ...cheire bem							
	20 ...tenha uma textura agradável							
	21 ...tenha boa aparência							
Conteúdo natural	22 ...não contenha aditivos							
	23 ...contenha ingredientes naturais							
	24 ...não contenha ingredientes artificiais							
Preço	25 ...não seja cara							
	26 ...seja um bom valor para o dinheiro							
	27 ...seja barata							
Aspecto nutricional e dieta	28 ...seja reduzida em calorias							
	29 ...seja reduzida em gordura							
	30 ...me ajude a controlar meu peso							
Familiaridade	31 ...seja familiar para mim							
	32 ...seja como a comida que eu comia quando era criança							
	33 ...seja o que eu normalmente como							
Preocupação ética	34 ...seja embalada de um modo amigável com o meio ambiente							
	35 ...venha de países que aprovo politicamente							
	36 ...tenha o país de origem claramente marcado							

ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFPE



Continuação do Parecer: 3.007.651

Investigador	Projeto_Juliana_CE_Humanos.docx	27/09/2018 19:59:09	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	27/09/2018 19:58:36	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto_Assinada.pdf	18/09/2018 22:29:48	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Outros	Termo_Confidencialidade.pdf	05/09/2018 17:11:08	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Outros	Declaracao_de_Vinculo_2018.pdf	05/09/2018 17:10:22	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Orçamento	Orcamento.docx	05/09/2018 17:09:05	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	05/09/2018 17:08:34	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculo_Lattes_Margarida.docx	05/09/2018 17:05:49	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculo_Lattes_Juliana.docx	05/09/2018 17:05:39	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Curriculo_Lattes_Jailane.docx	05/09/2018 17:05:21	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_UFPE.pdf	05/09/2018 17:04:47	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_UAM.pdf	05/09/2018 17:04:34	Juliana Gondim de Albuquerque	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 08 de Novembro
de 2018

Assinado por:
**LUCIANO TAVARES
MONTENEGRO**
(Coordenador(a))

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

ANEXO B - PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL DO CBIOTEC/UFPB



Universidade
Federal da
Paraíba

Comissão de Ética no
Uso de Animais

Reitoria



Página 04 de 04

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "POTENCIAL PREBIÓTICO DE SUCO DE PALMA (*Opuntia ficus-indica*) TRATADO COM ULTRASSOM EM RATOS DISLIPIDÊMICOS", protocolada sob o CEUA nº 8167060618 (ID 000300), sob a responsabilidade de Jailane de Souza Aquino - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba (CEUA/UFPB) na reunião de 17/07/2018.

We certify that the proposal "PREBIOTIC POTENTIAL OF NOPAL JUICE (*Opuntia ficus-indica*) TREATED WITH ULTRASOUND IN DISLIPIDEMIC RATS", utilizing 32 Heterogenics rats (32 males), protocol number CEUA 8167060618 (ID 000300), under the responsibility of Jailane de Souza Aquino - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was approved by the Ethic Committee on Animal Use of the Federal University of Paraíba (CEUA/UFPB) in the meeting of 07/17/2018.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **08/2018**

a **12/2020** Área: **Nutrição** Origem:

Unidade de Produção Animal - IPeFarM

Espécie: **Ratos heterogênicos**

sexo: **Machos**

idade: **70 a**

80 dias N: **32**

Linhagem: **Rattus Norvegicus -**

Wistar

Peso:

200 a 250

g

Local do experimento: Laboratório de Nutrição Experimental, Departamento de Nutrição, Centro de Ciências da Saúde/UFPB.

João Pessoa, 19 de julho de 2018

Profa. Dra. Islania Gisela Albuquerque
Gonçalves

Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de
Animais
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso
de Animais
Universidade Federal da Paraíba