



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

PEDRO CÉSAR ANDRADE DO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE LEITE DE BÚFALA ADICIONADO DE
PRODUTOS DE JAMBO-VERMELHO (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M.
Perry): caracterização nutricional, tecnológica e funcional**

Recife
2025

PEDRO CÉSAR ANDRADE DO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE LEITE DE BÚFALA ADICIONADO DE
PRODUTOS DE JAMBO-VERMELHO (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M.
Perry): caracterização nutricional, tecnológica e funcional**

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Nutrição
da Universidade Federal de Pernambuco,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos
Alimentos.

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

Coorientadoras: Prof.^a Dr.^a. Patricia Moreira Azoubel e Prof.^a. Dr.^a. Neila Mello dos
Santos Cortez Barbosa

Recife

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Nascimento, Pedro Cesar Andrade do.

Desenvolvimento de iogurte de leite de búfala adicionado de produtos de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry): caracterização nutricional, tecnológica e funcional / Pedro Cesar Andrade do Nascimento. - Recife, 2025.

128f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2025.

Orientação: Margarida Angélica da Silva Vasconcelos.

Coorientação: Patricia Moreira Azoubel.

Coorientação: Neila Mello dos Santos Cortez Barbosa.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Compostos bioativos; 2. Prebióticos; 3. *Syzygium malaccense*; 4. Probiótico; 5. Leite fermentado. I. Vasconcelos, Margarida Angélica da Silva. II. Azoubel, Patricia Moreira. III. Barbosa, Neila Mello dos Santos Cortez. IV. Título.

UFPE-Biblioteca Central

PEDRO CÉSAR ANDRADE DO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE LEITE DE BÚFALA ADICIONADO DE
PRODUTOS DE JAMBO-VERMELHO (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M.
Perry): caracterização nutricional, tecnológica e funcional**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração Ciência dos Alimentos, como requisito para obtenção do título de Doutor em Nutrição.

Aprovada em: 28/04/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Thayza Christina Montenegro Stamford (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Viviane Lansky Xavier de Souza Leão (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Silvana Magalhães Salgado (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Marthyna Pessoa de Souza (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Ricardo Alexandre Silva Pessoa (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFPE

Aos meus pais, Elza e Antonio, dedico este trabalho. Por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em todas as minhas decisões e escolhas ao longo da minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que sempre cuidou de mim nos mínimos detalhes, me mostrando o caminho certo a seguir e me fazendo ter a certeza de que os planos Dele para a minha vida são muito maiores que os meus.

Aos meus pais, Elza Maria de Andrade e Antonio Cezar do Nascimento Filho, por sempre confiarem e acreditarem nos meus sonhos. Por toda dedicação, paciência e investimento durante minha formação.

À minha segunda mãe, Lúcia de Fátima, que está comigo desde quando eu nasci e me ensinou tudo aquilo que os livros não ensinam.

À minha namorada, Camila Cozzi, por todo incentivo, paciência e torcida durante a confecção deste trabalho. Sem você, eu não teria conseguido!

A todos os familiares e amigos, que desde sempre fazem parte das minhas conquistas. Sei que cada parte de mim leva um pouco de vocês.

À minha orientadora, Profa. Dra. Margarida Angélica, por toda confiança depositada em mim. Obrigado pela oportunidade de trabalharmos juntos mais uma vez, por toda paciência e dedicação para o andamento deste trabalho.

À Profa. Dra. Patricia Moreira Azoubel, pela coorientação neste trabalho, sempre disposta a contribuir no projeto.

À Profa. Dra. Neila Mello dos Santos Cortez Barbosa pela coorientação neste trabalho e por me apresentar um mundo novo dentro da Ciência e Tecnologia de Alimentos. Obrigado pelo direcionamento no momento da pesquisa em que mais precisei!

Ao Prof. Dr. Ricardo Alexandre Pessoa e à Fazenda Tapuio, que forneceram a matéria-prima fundamental, sem a qual este trabalho não existiria.

Às alunas de PIBIC, Camila Bianca e Wanessa Lopes, por todo empenho e vontade de fazer este trabalho acontecer.

Aos técnicos do Laboratório de Experimentação e Análises de Alimentos (LEAAL) da UFPE, Vivaldo, Alexandre e Camilo, pelo suporte nas análises.

À equipe do Laboratório de Origem Animal (Leite), do DEQ/UFPE, especialmente às técnicas Marcinha e Carlinha, à Profa. Dra. Mércia Leite e Maria Clara, por toda ajuda desde a fase experimental do projeto.

À equipe do Laboratório de Microbiologia Aplicada (LaMAp), em especial, à Profa. Dra. Thayza Stamford, pela confiança e parceria desde o Mestrado, e à minha colega de pós-graduação Gerlane Souza, por tanto me ensinar.

À equipe do Laboratório de Lipídios e Aplicações de Biomoléculas em Doenças Prevalentes e Negligenciadas (LAB-DPN), na figura da Profa. Dra. Vera Lúcia de Menezes. Aqui, agradeço especialmente a Rebeca, Mateus, Suellen e Karine, por terem me acolhido tão bem, por toda disponibilidade e ajuda nas análises necessárias para a conclusão deste trabalho. Sem vocês, nada disso seria possível.

Ao Programa de Pós-graduação em Nutrição, através de todo o corpo docente e funcionários.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de doutorado, a qual foi muito importante para a viabilidade desta pesquisa.

À minha psicóloga, Adriege Albuquerque, pelo seu trabalho essencial para que eu mantivesse minha saúde mental equilibrada durante estes 4 anos de doutorado. Obrigado pelos momentos de escuta e de fala, que tanto contribuíram para a conclusão deste trabalho. Você não imagina o quanto!

Enfim, agradeço a todos que apoiaram e contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O iogurte de leite de búfala apresenta alto valor nutricional e boa aceitação, devido às suas características nutricionais e sensoriais. O uso de subprodutos de frutas tropicais, como o jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*), na formulação de alimentos funcionais tem despertado interesse pela presença de compostos bioativos e pelo potencial sustentável, especialmente das sementes ainda pouco exploradas. Este estudo teve como objetivo desenvolver um iogurte probiótico de leite de búfala com a adição da geleia da polpa e farinha de sementes de jambo-vermelho, avaliando seus parâmetros nutricionais, funcionais e sensoriais. A farinha de sementes foi caracterizada quanto às propriedades físico-químicas e composição de compostos bioativos, por meio de análise quantitativa e qualitativa dos macronutrientes, minerais e compostos como fenólicos totais, flavonoides e taninos, além das atividades antioxidante, antimicrobiana e hipoglicêmica. Em seguida, juntamente com a geleia de polpa de jambo-vermelho, a farinha foi incorporada aos iogurtes probióticos, originando quatro formulações (IC, IG, IF e IGF), cujas propriedades também foram avaliadas. Os resultados indicaram que a farinha é rica em fibras (> 40%), minerais essenciais (K, Mg, P, Ca, Na, Zn, Fe e Se) e compostos bioativos como fenólicos totais (793,13 mg EAG/100g), taninos (1.135,71 mg EAT/100g) e flavonoides (87,92 mg EQ/100g), associados à atividade antioxidante observada. Os iogurtes formulados apresentaram teores de compostos fenólicos (151,59 – 310,70 mg EAG/100g), taninos (138,53 – 230,85 mg EAT/100g) e flavonoides (40,50 – 278,53 mg EQ/100g), com capacidade antioxidante, conforme os métodos DPPH, FRAP e CAT. Além disso, todas as formulações mantiveram contagens adequadas de *Lactobacillus casei* (acima de 7 Log UFC/g) até o 14º dia de armazenamento, com destaque para as formulações contendo produtos de jambo-vermelho, sugerindo possível efeito positivo desses ingredientes na viabilidade do microrganismo. A adição de geleia de polpa de jambo-vermelho também contribuiu para uma melhora na aceitação sensorial dos iogurtes pelos consumidores, em comparação com as formulações contendo a farinha de sementes. Os resultados indicam que a incorporação de produtos de jambo-vermelho ao iogurte probiótico de leite de búfala pode originar um novo produto funcional, com potencial para alegações de propriedades benéficas à saúde atribuídas ao seu consumo.

Palavras-chave: Compostos bioativos. Prebióticos. *Syzygium malaccense*. Probiótico. Leite fermentado.

ABSTRACT

Buffalo milk yogurt has high nutritional value and good acceptance due to its nutritional and sensory characteristics. The use of tropical fruit by-products, such as red jambo (*Syzygium malaccense*), in the formulation of functional foods has gained interest because of their bioactive compounds and sustainability potential, especially regarding the underutilized seeds. This study aimed to develop a probiotic buffalo milk yogurt with the addition of red jambo pulp jelly and seed flour, evaluating its nutritional, functional, and sensory parameters. The seed flour was characterized regarding its physicochemical properties and bioactive compound composition through quantitative and qualitative analyses of macronutrients, minerals, and compounds such as total phenolics, flavonoids, and tannins, as well as its antioxidant, antimicrobial, and hypoglycemic activities. Subsequently, along with the red jambo pulp jelly, the flour was incorporated into probiotic yogurts, producing four formulations (IC, IG, IF, and IGF), whose properties were also evaluated. The results indicated that the flour is rich in fiber (> 40%), essential minerals (K, Mg, P, Ca, Na, Zn, Fe, and Se), and bioactive compounds such as total phenolics (793.13 mg GAE/100g), tannins (1,135.71 mg TAE/100g), and flavonoids (87.92 mg QE/100g), associated with the observed antioxidant activity. The formulated yogurts presented levels of phenolic compounds (151.59 – 310.70 mg GAE/100g), tannins (138.53 – 230.85 mg TAE/100g), and flavonoids (40.50 – 278.53 mg QE/100g), with antioxidant capacity as determined by DPPH, FRAP, and CAT methods. Furthermore, all formulations maintained adequate counts of *Lactobacillus casei* (above 7 Log CFU/g) until the 14th day of storage, with a highlight on the formulations containing red jambo products, suggesting a possible positive effect of these ingredients on the microorganism's viability. The addition of red jambo pulp jelly also contributed to improved sensory acceptance of the yogurts by consumers compared to the formulations containing seed flour. The results indicate that incorporating red jambo products into probiotic buffalo milk yogurt can produce a new functional food with potential health benefit claims attributed to its consumption.

Keywords: Bioactive compounds. Prebiotics. *Syzygium malaccense*. Probiotic. Fermented milk.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	BUBALINOCULTURA LEITEIRA	15
2.2	IOGURTE	17
2.2.1	logurte de leite de búfala	18
2.3	ALIMENTOS FUNCIONAIS	19
3.3.1	Probióticos	19
2.3.1.1	<i>Lacticaseibacillus casei</i>	20
2.3.2	Prebióticos	21
2.4	JAMBO-VERMELHO (<i>Syzygium malaccense</i> (L) Merr. & L.M. Perry)	23
2.4.1	Dados botânicos	23
2.4.2	Composição nutricional	26
2.4.3	Formas de utilização do jambo-vermelho	28
2.4.3.1	Uso medicinal	28
2.4.3.2	Uso culinário	29
3	OBJETIVOS	31
3.1	GERAL	31
3.2	ESPECÍFICOS	31
4	MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1	LOCAL DE EXECUÇÃO E AMOSTRAS	32
4.2	OBTENÇÃO DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO	32
4.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO	33
4.4	PERFIL MINERAL DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO	33
4.5	AValiação DO POTENCIAL FUNCIONAL DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO	34
4.5.1	Obtenção do extrato	34

4.5.2	Total de compostos fenólicos e flavonoides	34
4.5.3	Atividade antioxidante da farinha de sementes	35
4.5.3.1	Atividade sequestrante do radical livre DPPH	35
4.5.3.2	Teste de habilidade de redução do ferro (FRAP)	35
4.5.4	Atividade antimicrobiana in vitro	35
4.5.5	Atividade hipoglicêmica e antidiabética	36
4.5.5.1	Captação de glicose por células de levedura	36
4.6	OBTENÇÃO DA GELEIA DE JAMBO-VERMELHO	36
4.7	FORMULAÇÃO DOS IOGURTES COM INCORPORAÇÃO DA GELEIA DE POLPA E DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO E ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS, BIOATIVAS E SENSORIAIS	37
4.7.1	Caracterização físico-química dos iogurtes	39
4.7.2	Análises microbiológicas	39
4.7.2.1	Viabilidade do <i>Lactocaseibacillus casei</i> nos iogurtes	39
4.8	AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS IOGURTES	40
4.8.1	Extração dos compostos fenólicos	40
4.8.2	Determinação de compostos fenólicos e flavonoides	41
4.8.3	Atividade antioxidante dos iogurtes	41
4.9	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS E ANÁLISE SENSORIAL DOS IOGURTES	41
4.10	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	ARTIGO 1 - NUTRITIONAL COMPOSITION AND FUNCTIONAL POTENTIAL OF RED-JAMBO SEED FLOUR	43
5.2	ARTIGO 2 - PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E SENSORIAIS DE IOGURTE PROBIÓTICO DE LEITE DE BÚFALA COM SUBPRODUTOS DE JAMBO-VERMELHO	64
6	CONCLUSÕES	92
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	122

APÊNDICE B - FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL	125
ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA	127

1 INTRODUÇÃO

O iogurte é um derivado fermentado do leite com amplo consumo pela população brasileira, em razão de seus benefícios reconhecidos na estimulação do sistema imunológico, prevenção de alergias, redução do colesterol e restauração da microbiota, relacionados ao perfil nutricional e a presença de microrganismos probióticos no produto (MEYBODI et al., 2020; ICHIMURA et al., 2022; ANTONOPOULOU et al., 2022).

Embora a produção de iogurte a partir de leite bovino movimente um mercado bilionário ao redor do mundo, com projeção de mais crescimento (expectativa de movimentação de, aproximadamente, 136 bilhões de dólares até 2029), verifica-se um interesse por novas matrizes que possam ser utilizadas no processamento e que possuam apelo nutricional e funcional importante, com destaque para o leite de búfala (DIMITRELLOU et al., 2019; GARAVAND et al., 2022).

O Brasil ostenta o título de detentor do maior rebanho de bubalinos no Ocidente, evidenciando uma tendência de crescimento de fazendas dedicadas à produção leiteira desses animais (MOTOLO et al., 2024). Embora não haja um levantamento específico acerca da produção de leite de búfala no Nordeste do Brasil ou em Pernambuco, é razoável presumir que a atividade leiteira tenha seguido a trajetória de expansão observada em anos anteriores na região. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2023, os rebanhos de búfalas destinadas à produção de leite crescem em torno de 5% a cada ano, desde 2018, refletindo uma tendência consistente neste setor.

Conforme destacado por Barakat et al. (2021), o leite de búfala mostra-se como uma alternativa nutricional e economicamente vantajosa em comparação com o leite bovino. Sua composição nutricional é notavelmente mais rica em proteínas, gordura, vitaminas e minerais, como cálcio e fósforo. Além disso, a composição química deste leite favorece a produção de derivados lácteos de alta qualidade, como queijos e iogurtes. (ABESINGHE et al., 2020; ZHANG et al., 2020).

Além dos benefícios nutricionais específicos relacionados ao consumo de iogurtes, seja de origem bovina ou bubalina, tem sido amplamente destacado o

potencial sinérgico entre probióticos e prebióticos nestes produtos. Eles são frequentemente combinados em matrizes de iogurtes para aumentar a sobrevivência dos microrganismos presentes, além de melhorar a biodisponibilidade de nutrientes. Essa combinação também pode ajudar a reduzir os teores de substâncias que causam desconfortos intestinais em indivíduos sensíveis, como a lactose e galactose (ERKAYA-KOTAN et al., 2020; LI et al., 2020; MEYBODI et al., 2020; PEREIRA et al., 2020).

Um exemplo de probiótico amplamente utilizado na indústria de alimentos é o *Lactocaseibacillus casei*. Este microrganismo é reconhecido por sua capacidade de regular a microbiota intestinal, inibir o crescimento tumoral e produzir peptídeos bioativos (TARIFA et al., 2021; SHORI et al., 2022). A indústria de laticínios tem aprimorado os benefícios dos probióticos em seus derivados ao adicionar resíduos de frutas, como cascas e sementes, como fonte de prebióticos, aumentando seu valor nutricional e melhorando suas características sensoriais (JOUKI et al., 2021; NYANZI et al., 2021).

Uma alternativa viável para o aproveitamento integral de frutas, destaca-se o jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry) um fruto asiático, amplamente encontrado no Nordeste do Brasil, abundante em Pernambuco no período de safra. Embora tenha comprovadamente um alto valor nutricional e bioativo, com destaque para a grande quantidade de antocianinas presente em sua casca vermelho-escuro, ainda é pouco explorado pela indústria de alimentos (SHINOHARA et al., 2018; MAIA et al., 2019; RIGUETO et al., 2020). O jambo-vermelho em sua totalidade (incluindo casca e semente) tem obtido reconhecimento na literatura científica internacional como uma fonte rica em polifenóis e flavonoides, proporcionando uma elevada capacidade antioxidante e, conseqüentemente, desempenhando um papel significativo na promoção da saúde humana, com propriedades hipoglicemiantes, antitumorais, antibacterianas e anti-inflamatórias (BATISTA et al., 2017; FERNANDES; RODRIGUES, 2018; BATISTA et al., 2020; PAZZINI et al., 2021; FERREIRA et al., 2022).

Dessa forma, o aproveitamento do jambo-vermelho como fonte de compostos bioativos é capaz de gerar elementos de alto valor biológico, permitindo o uso integral do fruto (PAZZINI et al., 2021). Isso não apenas contribui para um impacto positivo no meio ambiente local, reduzindo o desperdício gerado pela alta produtividade do fruto

e pela falta de aproveitamento na indústria alimentícia, mas também atende à crescente demanda por fontes não convencionais de compostos bioativos. Essa tendência reflete a necessidade de se obter uma ampla variedade de fitoquímicos para diversas aplicações no processamento de alimentos (BATISTA et al., 2017; FONTAN et al., 2018; MUSTAQIM, 2021).

Os efeitos benéficos desses compostos dependem principalmente da sua biodisponibilidade, que é influenciada pela quantidade liberada pela matriz, neste caso, a casca e a semente do fruto (FRAUCHES et al., 2016; ARUMUGAM et al., 2019; MAIA et al., 2019; MUSTAQIM, 2021; MAHMOUD et al., 2021; FERREIRA et al., 2022). A existência de antocianinas monoméricas e vitamina C na casca do jambo-vermelho tem sido associada a esses efeitos benéficos (NUNES et al., 2016; BATISTA et al., 2020; FARIAS et al., 2020; PAZZINI et al., 2021; ROMUALDO et al., 2021).

O presente estudo apresenta relevância por desenvolver um novo produto lácteo: iogurte de leite de búfala com adição de jambo-vermelho. As propriedades nutricionais do jambo (polpa e resíduos), associadas ao efeito do *Lactobacillus casei* e a interação entre os constituintes, demonstram a necessidade de preencher uma lacuna na literatura científica sobre a produção de iogurte utilizando leite de búfala como matriz láctea, bem como o subaproveitamento do jambo-vermelho. Estes produtos têm grande relevância no Nordeste brasileiro, especialmente em Pernambuco, onde são amplamente produzidos e apresentam um elevado potencial econômico.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 BUBALINOCULTURA LEITEIRA

O búfalo d'água (*Bubalus bubalis*) é uma espécie do gênero *Bubalus* oriunda do continente asiático, pertencente à família Bovidae e que compreende duas subespécies difundidas em todos os continentes: a *B. bubalis bubalis* (búfalos de rio) e a *B. bubalis kerebau* (búfalos de pântano) (MINERVINO et al., 2020; MARCHETTI et al., 2021). Estima-se que o número total de búfalos d'água no mundo seja de 202 milhões de cabeças, com 97% dos animais estando na Ásia e os outros 3% distribuídos entre a África e a América do Sul (ZHANG et al., 2020). No Brasil, segundo dados da Pesquisa da Pecuária Municipal, produzida pelo IBGE, a população bubalina no ano de 2023 era de aproximadamente 1,7 milhões de animais, caracterizando assim o maior rebanho do Ocidente. Em Pernambuco, eram cerca de 10.500 cabeças (IBGE, 2023).

Os búfalos d'água exercem papel importante na economia de países tropicais e subtropicais, como o Brasil, pois são utilizados como animais de tração e fornecedores de matéria prima para a indústria de carne e leite (MINERVINO et al., 2020; ZHANG et al., 2020). A bubalinocultura brasileira encontra-se expandida em todas as regiões do país, especialmente no Norte, Sudeste e Nordeste, graças às culturas leiteira e de carne, que em 2019, arrecadaram 1,1 bilhões de reais. Aqui, são reconhecidas quatro raças diferentes de búfalos d'água: Carabao (búfalo de pântano, muito comum na Ilha de Marajó, Pará), Jafarabadi (concentração maior no Sudeste do país), Murrah (raça mais numerosa e com excelente produção leiteira) e Mediterrânea (raça de boa aptidão para produção de leite, mais encontrada no Nordeste) (ABCB, 2020; PANTOJA et al., 2022).

A facilidade de domesticação, a maior resistência natural a doenças e a longa vida de produção leiteira, justificam o crescente interesse da indústria na produção de leite bubalino, especialmente ao fornecimento para obtenção de produtos derivados (DADARIO et al., 2018; LIMA et al., 2020). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), 15% da produção global de leite no ano de 2020 foi oriunda da cultura bubalina, caracterizando-a como a segunda maior produção de leite no mundo, com cerca de 120,4 bilhões de litros (ABESINGHE et al.,

2020; MEJARES et al., 2022). No Brasil, décimo maior produtor de leite bubalino no mundo, a produção em 2023 foi de aproximadamente 83 milhões de litros (IBGE, 2023).

O leite de búfala, quando comparado com o leite de vaca, apresenta em sua constituição uma alta concentração proteínas, gorduras, lactose, vitaminas e minerais, embora variações entre os valores sejam notadas conforme a raça, a alimentação, o número de ordenhas e a produção individual de cada búfala (ABESINGHE et al., 2020; HUANG et al., 2020; SILVA et al., 2020; PANTOJA et al., 2022).

No que diz respeito à cor, o leite de búfala é descrito como significativamente mais branco e com maior poder de brancura em comparação com o leite de vaca, devido à maior opacidade das micelas de caseína dispersas na emulsão (ZICARELLI et al., 2020; MARCHETTI et al., 2021; MEJARES et al., 2022). As caseínas (α s1- α s2-, β - e k-caseína) representam 80% das proteínas do leite de búfala, enquanto as proteínas do soro (β -lactoglobulina, α -lactalbumina, albumina sérica e imunoglobulinas) compõem os 20% restantes. Além disso, estas proteínas abrigam mais cálcio e fosfato inorgânico coloidais do que o leite de vaca (HUANG et al., 2020; SERT et al., 2021; GAWANDE et al., 2022; MEJARES et al., 2022).

A Beta-caseína, uma das principais caseínas encontradas no leite bovino e bubalino, possui duas variantes amplamente estudadas atualmente: A1 e A2. Sabe-se que a digestão da variante A1 pode resultar na formação de peptídeos bioativos associados a distúrbios gastrointestinais semelhantes à intolerância à lactose em alguns indivíduos. Por outro lado, a variante A2, naturalmente presente no leite de búfala, não causa estas desordens, o que o torna uma alternativa ao consumo de leite de vaca (MENDES et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2022; PANTOJA et al., 2022).

O leite de búfala possui uma alta concentração de ácidos graxos saturados, principalmente o ácido palmítico, o ácido linolênico (ω 3) e o ácido linolênico conjugado, o que contribui para sua densidade energética superior em comparação ao leite de vaca (ABESINGHE et al., 2020; MEJARES et al., 2022). O teor de lactose no leite de búfala varia entre 3,20% e 5,67%, dependendo de fatores como raça e dieta do animal. Os valores de pH geralmente variam de 6,75 a 6,87, enquanto a acidez titulável varia entre 20°D e 22,3°D, valores superiores aos do leite de vaca (14 a 20°D) (MEJARES et al., 2022). Quanto aos minerais e vitaminas, o leite de búfala é

uma boa fonte de cálcio, magnésio, fosfato inorgânico e vitaminas E e A (esta última derivada da conversão do β -caroteno). No entanto, é pobre em sódio e potássio (ZHANG et al., 2020; PANTOJA et al., 2022).

Devido a estas propriedades físico-químicas e nutricionais, e ao aumento da demanda por produtos derivados de leite com apelo funcional e nutritivo, o leite de búfala tem atraído a atenção das pesquisas e da indústria, principalmente para obtenção de produtos, como manteiga, leite condensado, queijos, coalhada e iogurte (SAMEER et al., 2020; ZHANG et al., 2020).

2.2 IOGURTE

O iogurte é uma bebida fermentada, obtida a partir da coagulação do leite por bactérias ácido lácticas, muito apreciada e consumida ao redor do mundo, com seu interesse atrelado à sua composição nutricional e aos benefícios à saúde que oferece devido aos efeitos que exerce na microbiota intestinal (COSTA et al., 2019; ANTONOPOULOU et al., 2022). O processo fermentativo do leite na produção de iogurtes aumenta a biodisponibilidade de nutrientes, remove fatores tóxicos ou antinutricionais e elimina açúcares como a lactose, estimulando, dessa forma, o sistema imune intestinal e melhorando a digestão de nutrientes (GARCÍA-BURGOS et al., 2020; FAN et al., 2022).

As propriedades de interesse em iogurtes estão relacionadas aos microrganismos responsáveis pelo processo fermentativo, identificados no século 19, através do microbiologista Louis Pasteur: *Streptococcus salivarius* subesp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subesp. *bulgaricus*, cepas termofílicas e homofermentativas, respectivamente (PAN et al., 2019; MEYBODI et al., 2020). Tais bactérias ácido lácticas produzem, durante a fermentação, metabólitos e compostos bioativos com capacidade imunomoduladora, antifúngica, antibacteriana, antioxidante, anticarcinogênica e, mais recentemente, antiviral frente à infecção pelo vírus SARS-CoV-2 (GOUDA et al., 2021; GARAVAND et al., 2022). Além destas particularidades funcionais, os iogurtes são uma ótima fonte de nutrientes, notadamente, proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais, com maior disponibilidade em comparação ao leite cru, uma vez que o processo de acidificação

do meio favorece a produção de peptídeos bioativos e a absorção de micronutrientes (GARCÍA-BURGOS et al., 2020; MEYBODI et al., 2020; ICHIMURA et al., 2022).

À medida que o iogurte a partir de leite bovino movimenta um mercado bilionário (a produção mundial de iogurte em 2019 gerou 85 bilhões de dólares) e haja projeção de mais crescimento (expectativa de 106 bilhões de dólares em 2024), amplia-se o interesse por novas matrizes que possam ser utilizadas no processamento em substituição ao leite de vaca (DIMITRELLOU et al., 2019; GARAVAND et al., 2022). Leites de cabra, ovelha e búfala tem se destacado pela alta digestibilidade, baixo potencial alergênico e pelo processamento em derivados lácteos, agregando valor ao produto e facilitando sua comercialização (TRIBST et al., 2020; SERT et al., 2021; SILVA et al., 2022).

2.2.1 Iogurte de leite de búfala

Embora seja muito produzido e consumido em diversas partes do mundo, principalmente no Leste Europeu, na Itália e na Turquia, o iogurte de leite de búfala possui poucos dados descritos na literatura acerca do seu processamento industrial. Sua produção está vinculada à sua composição nutricional e propriedades funcionais e reológicas (ZHANG et al., 2020; BARAKAT et al., 2021; MARCHETTI et al., 2021).

O iogurte produzido a partir do leite de búfala homogeneizado possui altas concentrações de proteína, minerais como cálcio e fósforo, vitaminas A e E, e gordura. Esta última possui papel importante na manutenção da qualidade do iogurte de leite de búfala, apresentando-se em glóbulos de tamanho reduzido, contribuindo para a formação de sabor e textura e melhorando sua digestibilidade (ABESINGHE et al., 2020; ZHANG et al., 2020). Devido ao menor conteúdo de alfa-s1-caseína (proteína relacionada à alergia ao leite de vaca), o iogurte de leite de búfala é considerado hipoalergênico e pode ser consumido por indivíduos alérgicos ao leite bovino (HUANG et al., 2020; SERT et al., 2021).

Por fim, em virtude da presença destes macronutrientes, este tipo de iogurte possui maior consistência e cremosidade, reunindo características capazes de satisfazer a demanda dos consumidores por novos produtos com propriedades

benéficas à saúde, valor nutricional agregado e com bons atributos sensoriais (SILVA et al., 2020; TAMI et al., 2022).

2.3 ALIMENTOS FUNCIONAIS

Alimentos funcionais podem ser caracterizados como aqueles que promovem benefícios à saúde, como prevenção, tratamento e redução do risco de doenças, além do seu valor básico nutricional (LEYLAK et al., 2021). Nas últimas décadas, o seu consumo tem-se acentuado graças ao aumento no interesse populacional em melhorar a saúde e pela busca por uma vida mais saudável (SHORI et al., 2022). Estes alimentos podem ser divididos em três categorias, que incluem os alimentos convencionais, os alimentos modificados e os ingredientes alimentares, sendo os probióticos e prebióticos os mais utilizados (TARIFA et al., 2021; FU et al., 2022).

Derivados lácteos, como o iogurte, acrescidos destes ingredientes alimentares são reconhecidos como alimentos funcionais por seus benefícios à saúde, atribuídos à produção de compostos bioativos, como ácidos orgânicos, ácidos graxos e peptídeos bioativos. A tendência de crescimento na demanda por esse tipo de alimento se justifica pela capacidade de promoção de uma microflora intestinal saudável e redução do risco de doenças (GARCÍA-BURGOS et al., 2020; MOHSIN et al., 2022). O consumo de probióticos e prebióticos, isolados ou em associação, é visto como uma tentativa promissora de ampliar a quantidade de compostos bioativos e metabólitos favoráveis nos alimentos e no trato gastrointestinal (MEYBODI et al., 2020; GARAVAND et al., 2022).

2.3.1 Probióticos

Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que conferem benefícios à saúde do hospedeiro, quando administrados em quantidade suficiente (FAO/WHO, 2002; GARCÍA-BURGOS et al., 2020). Estes microrganismos proveem atributos funcionais quando adicionados em formulações de alimentos, exercendo papéis terapêuticos amplamente reconhecidos: fortalecimento do sistema imune, aumento do metabolismo da glicose em indivíduos diabéticos, redução do colesterol e do risco de doenças cardiovasculares, tratamento da diarreia, controle do peso

corporal e prevenção contra infecções respiratórias e do trato gastrointestinal, além da prevenção contra certos tipos de câncer, como o de cólon (LEYLAK et al., 2021; MEYBODI et al., 2020; GOUDA et al., 2021; NYANZI et al., 2022; SHORI et al., 2022).

Embora as vendas de alimentos com probióticos movimentem 65% do mercado global de alimentos funcionais, a viabilidade das cepas probióticas é marcada como o ponto mais crítico de toda a cadeia que envolve estes alimentos, uma vez que os probióticos devem permanecer viáveis em quantidades suficientes desde a inoculação, processamento e armazenamento, até a digestão (DIMITRELLOU et al., 2019; MEYBODI et al., 2020; NYANZI et al., 2021). Para desenvolver sua ação probiótica funcional, estes microrganismos devem alcançar o epitélio intestinal em quantidades adequadas (10^7 unidades formadoras de colônia (UFC) por grama de alimento) após o consumo. (BELDARRAIN-IZNAGA et al., 2020; MARINI et al., 2022).

Dessa maneira, diversas matrizes alimentares têm sido estudadas na tentativa de estabelecer uma proteção aos probióticos, já que aspectos específicos como o pH, temperatura e umidade do alimento, composição de nutrientes e microbiota competitiva afetam a sobrevivência destes microrganismos. Neste cenário, destacam-se os iogurtes, dado que apresentam propriedades adequadas para tal (GUIMARÃES et al., 2019; AKDENIZ; AKALIN, 2022; TYUTKOV et al., 2022).

A cepa a ser utilizada para inoculação nos iogurtes pode afetar a viabilidade probiótica por interação antagônica, uma vez que o metabolismo microbiano saudável resulta em acúmulo de substâncias inibidoras, como ácidos orgânicos e bacteriocinas. Os gêneros probióticos mais utilizados são *Lactobacilli* e *Bifidobacteria*, sendo o primeiro o mais amplamente empregado na produção de derivados lácteos fermentados (BANGAR et al., 2022; FAN et al., 2022).

2.3.1.1 *Lacticaseibacillus casei*

O gênero *Lactobacillus* foi primeiramente descrito na literatura no ano de 1901, a partir da identificação da espécie *Lactobacillus delbrueckii* em fezes de crianças alimentadas apenas com leite materno. Em 1935, o pesquisador japonês Dr. Shirota identificou a cepa *Lacticaseibacillus casei* Shirota, com benefícios à saúde que iam da formação de substâncias antimicrobianas à melhora na atividade e quantidade de macrófagos. Desde então, são os microrganismos mais utilizados na formulação de

produtos com características probióticas (ZHANG et al., 2020; PIMENTEL et al., 2021; FAN et al., 2022).

As bactérias do grupo *Lactobacillus* compreendem as espécies *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus* e *Lactobacillus paracasei*. Estas cepas são encontradas em habitats ricos em nutrientes, associados a alimentos (principalmente os fermentados), em plantas ou nas microbiotas animal e humana. São cepas Gram positivas, psicrófilas, não formadoras de esporos, anaeróbicas facultativas e produzem ácido láctico a partir da fermentação de açúcares (PIMENTEL et al., 2021; MINERVINI; CALASSO, 2022; HUANG et al., 2022).

A espécie *Lactobacillus casei* é considerada das mais importantes, pois é muito utilizada nos processos fermentativos de derivados lácteos e por suas propriedades como probiótico, em razão de seus benefícios à saúde humana, como regulação da microbiota intestinal, atividade antioxidante, diminuição do colesterol, alívio de alergias e intolerância à lactose, inibição tumoral e produção de peptídeos bioativos, além de conseguir sobreviver às condições adversas durante a passagem pelo trato gastrointestinal (ABDEL-HAMID et al., 2019; DIMITRELLOU et al., 2019; BELDARRAIN-IZNAGA et al., 2020; TARIFA et al., 2021).

Em adição a estes efeitos favoráveis à saúde, a espécie *L. casei* tem uso largo na indústria de produtos fermentados probióticos, como iogurtes, graças à capacidade de conferir sabor, textura e aroma a estes alimentos, embora cresça a preocupação com a sua viabilidade durante o armazenamento (MEYBODI et al., 2020; TARIFA et al., 2021; RADDATZ et al., 2022; SHORI et al., 2022).

2.3.2 Prebióticos

Prebióticos são definidos como componentes não digeríveis ou parcialmente digeríveis de alimentos, que quando consumidos seletivamente por bactérias da microbiota intestinal, conferem benefícios à saúde do hospedeiro e promovem o equilíbrio entre as bactérias intestinais (LI et al., 2020; GARAVAND et al., 2022). Para que um composto seja considerado prebiótico, é necessário que ele cumpra critérios estabelecidos mediante comprovações científicas, como resistência à digestão, fermentação pela microbiota intestinal e estímulo ao crescimento e/ou atividade

bacteriana saudável (PIEREZAN et al., 2023). O desequilíbrio da microbiota saudável, conhecido como disbiose, está associado a diversas doenças e distúrbios, tais como obesidade, diabetes mellitus tipo 2, alergias, doenças inflamatórias intestinais, dislipidemias, depressão, ansiedade e doenças cardiovasculares (HARAN; McCORMICK, 2021; OLIVEIRA et al., 2022).

A incorporação de prebióticos em derivados lácteos, como leites fermentados e iogurtes, visa aumentar a ingestão de fibras e melhorar a ação de bactérias probióticas, agindo como estimuladores de crescimento e sobrevivência dos microrganismos durante o armazenamento do produto e a transição no trato gastrointestinal após o consumo (PEREIRA et al., 2020; GARAVAND et al., 2022). No Brasil, a ANVISA recomenda a concentração de 2,5 gramas de prebióticos em cada porção de derivados lácteos (COSTA et al., 2019).

Embora a microbiota humana seja capaz de produzir prebióticos naturais (ácidos graxos de cadeia curta – acetato, propionato e butirato) a partir da fermentação de carboidratos complexos, outros tipos de prebióticos podem ser consumidos com o objetivo de estimular o crescimento ou a proliferação de bactérias no intestino: inulina, beta-galactoligossacarídeos (GOS), frutoligossacarídeos (FOS), transoligossacarídeos (TOS), xiloligossacarídeos (XOS), oligofrutose, lactulose e polidextrose (NYANZI et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2022). A combinação entre estas fibras prebióticas e as bactérias probióticas podem multiplicar os efeitos benéficos de iogurtes, aliviando condições como constipação e prevenindo contra o câncer de cólon (GARCÍA-BURGOS et al., 2020; MEYBODI et al., 2020).

Recentemente, tem havido um crescente interesse no uso de resíduos de frutas como cascas, peles, polpas e sementes, como fonte de prebióticos. Esses substratos são ricos em fibras dietéticas e polifenóis, tornando-os uma opção promissora (MEYBODI et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2022; NAVES et al., 2023). Zahid et al. (2021) demonstraram que a utilização de cascas de frutas como banana, manga e maçã, foi capaz de estimular o crescimento de três culturas de probióticos distintas (*Lactobacillus rhamnosus*, *Lactocaseibacillus casei* e *Bifidobacterium lactis*). O crescimento probiótico também foi observado após a utilização de entrecasas de jaca (LI et al., 2023) e casca de pequi (ALVES-SANTOS et al., 2024) como fontes prebióticas. O descarte destes resíduos pela indústria de alimentos, possui forte impacto econômico e ambiental, além do desperdício de compostos que podem ser

extraídos destes subprodutos, com propriedades tecnológicas e funcionais interessantes, como capacidade de retenção de água, formação de gel e atividade antioxidante (JOUKI et al., 2021; RADDATZ et al., 2022).

A utilização de fibras prebióticas oriundas de subprodutos de frutas em iogurtes, além de agregar compostos bioativos, antioxidantes e antimicrobianos, também é capaz de modificar as propriedades reológicas do produto, melhorando a consistência, viscosidade, com formação de compostos de aroma e sabor, alterando os atributos sensoriais do produto (COSTA et al., 2019; MEYBODI et al., 2020; NYANZI et al., 2021).

2.4 JAMBO-VERMELHO (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry)

2.4.1 Dados botânicos

A família Myrtaceae compreende uma das maiores famílias botânicas encontradas no Brasil. Diversas espécies frutíferas pertencentes a essa família fazem parte da alimentação da população, incluindo a *Psidium guajava* L. (goiaba), *Eugenia uniflora* L. (pitanga), *Myrciaria cauliflora* [Mart.] O.Berg (jabuticaba) e *Syzygium malaccense* (jambo-vermelho). O gênero *Syzygium* é composto por aproximadamente 1100 espécies, cujos frutos são ricos em óleos essenciais, flavonoides, flavonóis, antocianinas, elagitaninos e ácidos fenólicos, com grande importância comercial nas regiões onde são cultivados (GIBBERT et al., 2017; SOBEH et al., 2018; BANADKA et al., 2022).

O *Syzygium malaccense*, conhecido popularmente como jambo-vermelho, é nativo do Sudeste Asiático, especialmente da Tailândia, Indonésia e Malásia, razão pela qual recebe o nome em inglês “Malay Apple”, ou “maçã malaia”. Sua capacidade de adaptação a climas quentes e úmidos contribuiu para sua distribuição em áreas tropicais e subtropicais ao redor do mundo, como o Caribe e o Brasil (UDDIN et al., 2022). No Brasil, o jambeiro, árvore produtora do jambo-vermelho, é encontrado nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, sendo considerado uma espécie exótica na flora brasileira (FERNANDES; RODRIGUES, 2018; FARIAS et al., 2020; MUSTAQIM, 2021; PAZZINI et al., 2021).

O jambeiro apresenta um tronco reto e uma copa densa, com formato cônico e piramidal. Pode atingir uma altura de 12 a 15 metros, sendo considerado uma das maiores árvores lenhosas com flores no mundo (Figura 1) (UDDIN et al., 2022). Essa árvore é amplamente cultivada tanto por motivos ornamentais quanto para produção de frutos, com período de floração e colheita variando de acordo com a região onde a árvore se encontra. No Brasil, mais especificamente em Pernambuco, o período de colheita ocorre entre novembro e fevereiro, com o pico de produção no mês de janeiro. Durante o período produtivo, cada árvore pode gerar até 80 kg de frutos, o que equivale a uma média de 850 frutos por árvore (BATISTA et al., 2017; FERNANDES; RODRIGUES, 2018; PAZZINI et al., 2021).

Figura 1 – Árvore do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L. M. Perry)



Fonte: Fernandes & Rodrigues, 2018

As folhas do jambeiro são estreitas, com formato oblongo ou oval, possuem um pecíolo curto e crescem amontoadas nas pontas de galhos flexíveis. Elas apresentam um comprimento médio de 10 a 30 cm e possuem uma base aguda a arredondada, enquanto a ponta é aguda e acuminada. São glabras (sem pelos) e possuem coloração verde brilhante (Figura 2). (ARUMUGAM et al., 2019; MENDES et al., 2021; PRASNIEWSKI et al., 2021).

As flores do jambeiro possuem um cálice longo com lóbulos arredondados e podem atingir até 6 cm de comprimento. Elas apresentam uma coroa rosa-avermelhada, com pétalas suborbiculares. O ovário é inferior, com estilete longo e simples, e a flor possui vários estames soltos, longos e vermelhos (Figura 2). Além

disso, possuem fragrância característica e formam um belo tapete quando caem no chão (PAZZINI et al., 2021; VADU et al., 2023).

Figura 2 – Folhas e flores do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L. M. Perry)



Fonte: Mustaqim (2021)

Os frutos do jамbeiro possuem uma forma oblonga, semelhante a uma pera ou sino, com um comprimento de cerca de 5 a 10 cm e largura de 3 a 5,5 cm. O peso dos frutos varia entre 60 e 75 g. Eles apresentam um epicarpo fino e ceroso, com uma coloração que varia do rosa ao vermelho-escuro, dependendo do estágio de maturação e das condições de colheita (Figura 3). A polpa é composta pelo mesocarpo e endocarpo, sendo branca, ácida, succulenta e ao mesmo tempo crocante. O sabor é descrito como leve, refrescante, com um toque terroso e levemente adocicado, acompanhado de um aroma de rosas, resultado dos compostos voláteis presentes no fruto. A proporção de polpa pode variar no jambo-vermelho, com uma média em torno de 35 g, correspondendo de 45 a 75% do peso total (FERNANDES; RODRIGUES, 2018; BATISTA et al., 2020; FARIAS et al., 2020; MUSTAQIM, 2021; VADU et al., 2023).

Cada fruto do jambo-vermelho geralmente contém uma única semente, embora alguns frutos possam produzir duas sementes ou até mesmo nenhuma. A semente apresenta uma coloração externa marrom claro e é verde internamente. Ela é classificada como bitegumentada (possui dois tegumentos) e exalbuminosa (não

possui endosperma), com reservas energéticas armazenadas em seus dois cotilédones largos. A semente tem um diâmetro de aproximadamente 1,5 a 2 cm e pesa de 9 a 17 g, o que corresponde a cerca de 20% do peso total do fruto. O tamanho da semente tende a aumentar à medida que o fruto amadurece. A germinação da semente ocorre por meio de reprodução sexuada, onde duas ou mais plantas podem se originar a partir da mesma semente, devido ao fenômeno da poliembrionia (presença de mais de um embrião na semente) no jambo-vermelho (GIBBERT et al., 2017; FARIAS et al., 2020; PAZZINI et al., 2021; VADU et al., 2023).

Figura 3 – Fruto do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L. M. Perry)



Fonte: Fernandes & Rodrigues, 2018

2.4.2 Composição nutricional

O jambo-vermelho pode ser considerado uma excelente fonte de macronutrientes, vitaminas e minerais. Cada tecido do fruto possui características químicas distintas que incentivam seu consumo e a exploração de seus efeitos funcionais (BATISTA et al., 2017). No entanto, é importante ressaltar que a composição nutricional do fruto pode variar consideravelmente devido a fatores como as condições de solo, clima, cultivo e colheita na região em que ele se desenvolve (FRAUCHES et al., 2016).

A polpa fresca do jambo-vermelho é uma fonte rica de água, carboidratos totais, fibras solúveis, vitaminas C, B1, B2 e B3, além de minerais como cálcio, ferro, fósforo e potássio. Apresenta uma umidade em torno de 90%, uma acidez entre 0,6 e 0,7% de ácido cítrico e um pH entre 3,5 e 3,8, conferindo-lhe uma textura suculenta e um

sabor ácido (FARIAS et al., 2020; FERREIRA et al., 2022). Além disso, o jambo-vermelho contém carotenoides e compostos voláteis que contribuem para suas propriedades nutricionais e sensoriais (PAZZINI et al., 2021).

A casca do jambo-vermelho é rica em vitamina C, magnésio e zinco, que têm ação antioxidante e podem ajudar a combater o estresse oxidativo e inflamações no corpo. Além disso, a casca contém sódio e potássio, que desempenham um papel importante no controle da pressão arterial. Ela também é uma fonte de fibras dietéticas, como a pectina, que é altamente fermentável pela microbiota intestinal, contribuindo para a saúde do sistema digestivo (MAHMOUD et al., 2021; NUNES et al., 2022).

Em termos de composição, a casca do jambo-vermelho concentra a maior parte das proteínas totais e dos lipídeos do fruto. No entanto, possui menos açúcares redutores que a polpa. O alto teor de fibras insolúveis presente na casca também contribui para sua classificação como fonte desse nutriente (BATISTA et al., 2017; PAZZINI et al., 2021).

A casca do jambo-vermelho é reconhecida por possuir uma alta concentração de fitoquímicos com capacidade antioxidante, tornando-a uma parte valiosa do fruto em termos de benefícios à saúde (et al., 2018; PRASNIEWSKI et al., 2021). A maioria dos compostos fenólicos presentes são antocianinas, embora também tenham sido encontrados teores de licopeno na casca do jambo-vermelho (GIBBERT et al., 2017). Dentre as antocianinas identificadas na casca do fruto, destacam-se três principais: cianidina 3,5-diglicosídeo, peonidina 3-glucosídeo e cianidina 3-glicosídeo, sendo esta última encontrada em maior quantidade. Essas antocianinas possuem efeitos benéficos em doenças inflamatórias e apresentam propriedades antitumorais (MAIA et al., 2019; BATISTA et al., 2020; FERREIRA et al., 2022).

Entre os diferentes componentes do jambo-vermelho, as sementes têm ganhado destaque por seu potencial funcional. Estudos demonstram que elas são fontes de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, apresentando alta capacidade antioxidante (BATISTA et al., 2017; MUSTAQIM, 2021; PAZZINI et al., 2021). Entre os compostos fenólicos encontrados nas sementes, destacam-se os polifenóis lignanas e estilbenos, que têm sido objeto de estudos devido aos seus potenciais efeitos benéficos para a saúde (VADU et al., 2023).

2.4.3 Formas de utilização do jambo-vermelho

2.4.3.1 Uso medicinal

Embora o jambo-vermelho possua mais apelo do ponto de vista de um produto alimentício, crescem as demandas farmacológicas e medicinais utilizando todas as partes da planta, visto que as raízes, o tronco, as folhas, as flores e os frutos (polpa, casca e semente) são utilizados de forma empírica há anos para a prevenção e tratamento de doenças na regiões de cultivo da árvore, devido a presença de substâncias fitoquímicas nas suas diversas partes (ARUMUGAM et al., 2014; PAZZINI et al. 2021; VADU et al., 2023).

A casca do tronco do jambeiro é amplamente utilizada na medicina tradicional devido às suas propriedades terapêuticas. Estudos têm demonstrado que a casca do tronco possui capacidade hipoglicemiante (ARUMUGAM et al., 2014; FAUZIAH et al., 2019), atua no tratamento de dores estomacais (VADU et al., 2023) e de infecções orais (MUSTAQIM, 2021), além de possuir atividade antimicrobiana contra bactérias como *E. coli* e *S. aureus* (MAPPASOMBA et al., 2020). Esses benefícios são atribuídos à presença de diversos compostos bioativos, incluindo flavonoides, fenóis, saponinas, alcalóides, taninos e terpenoides na casca do tronco (TUKIRAN, 2019; PAZZINI et al., 2021).

As folhas do jambeiro são conhecidas por serem fontes de flavonoides, que são compostos bioativos com propriedades antioxidantes comprovadas (ARUMUGAM et al., 2019). Essas folhas têm sido utilizadas no tratamento de diversas condições de saúde, incluindo doenças renais, articulares e metabólicas, como o diabetes mellitus (PAZZINI et al., 2021). Além disso, estudos têm demonstrado atividade antitrombótica (PATEL et al., 2019), antimicrobiana (VADU et al., 2023) e purgativa (BASALIUS et al., 2022) nas folhas do jambeiro. No caso das flores, elas contêm uma alta concentração de malvidina, uma antocianina com potencial antitumoral. Estudos têm indicado que essa substância é capaz de induzir a apoptose, ou morte celular programada, em células cancerígenas (CHHIKARA et al., 2018).

A casca do jambo-vermelho, assim como sua polpa, é amplamente reconhecida como uma fonte de compostos antioxidantes, devido à presença de compostos fenólicos, como ácidos fenólicos (gálico, clorogênico, benzoico e cumárico) além de flavonoides como as antocianinas (PAZZINI et al., 2021). Dentre os benefícios à saúde

já relatados, destacam-se as atividades antidiabética (UDDIN et al., 2022), antitumoral, antiobesogênica (BATISTA et al., 2020), anti-inflamatória (FRAUCHES et al., 2016), antiproliferativa (VUOLO et al., 2019), anti-hipertensiva (VADU et al., 2023) e hepatoprotetora (XU et al., 2022). O extrato da casca de jambo-vermelho também apresentou efeito protetor em células beta do pâncreas de ratos, inibindo o estresse oxidativo e a inflamação (MAHMOUD et al., 2021). Além disso, foi observado que o extrato da casca de jambo-vermelho pode reverter a esteatose hepática e minimizar as alterações no perfil lipídico causadas pela ingestão de uma dieta hiperlipídica (NUNES et al., 2022).

As sementes de jambo-vermelho possuem atividade anti-inflamatória, devido a presença de polifenóis. Embora os mecanismos de ação envolvendo essa capacidade ainda sejam pouco compreendidos, estudos indicam que a quantidade desses compostos nas sementes é superior à encontrada nas folhas do jambeiro (BATISTA et al., 2017). Além disso, as sementes também demonstraram atividade antimicrobiana frente à *Salmonella enteritidis* e *S. aureus*. Essa propriedade é atribuída à presença de uma lectina, um peptídeo bioativo presente nas sementes (DANTAS et al., 2014). No entanto, é importante mencionar que alguns estudos apontam para possíveis efeitos tóxicos associados ao consumo das sementes de jambo, principalmente relacionados à presença de compostos como alcaloides e taninos em concentrações elevadas, que podem causar efeitos citotóxicos ou antinutricionais em modelos *in vitro* ou em altas doses experimentais (FIGUEIROA et al., 2013; VADU et al., 2023).

2.4.3.2 Uso culinário

O jambo-vermelho é um fruto versátil em termos de consumo e pode ser consumido tanto *in natura* quanto na forma de produtos artesanais. Seu sabor e aroma exóticos tornam-no uma excelente escolha para a produção de diversos alimentos e bebidas. Alguns exemplos incluem geleias, vinhos, doces, compotas, licores, frutas enlatadas e cristalizadas, sorvetes e produtos fermentados (FERNANDES; RODRIGUES, 2018; FARIAS et al., 2020; PAZZINI et al., 2021).

Em diversas regiões do mundo, especialmente no Sudeste Asiático, o jambo-vermelho e todas as partes do jambeiro são amplamente explorados comercialmente para uso culinário (FONTAN et al., 2018). As folhas do jambeiro são consumidas

cozidas juntamente com arroz, enquanto as flores são utilizadas cruas em saladas (MUSTAQIM, 2021). As sementes por sua vez, são utilizadas para a produção de farinhas e confecção de produtos como barras de cereal, granola, pães, bolos, pastas e biscoitos (PAZZINI et al., 2021).

No Brasil, apesar dos benefícios à saúde e das diversas formas de utilização do jambo-vermelho já reconhecidas, seu consumo ainda é limitado principalmente à fruta fresca em época de colheita. Geralmente, a produção está restrita a pomares caseiros ou é encontrada em pequena quantidade nas ruas (FONTAN et al., 2018; PAZZINI et al., 2021). Isso ocorre, em parte, devido à alta perecibilidade do fruto, que possui uma vida útil limitada de 3 a 6 dias após colheita. A falta de informações sobre a viabilidade tecnológica do jambo-vermelho para uso industrial é um dos principais desafios enfrentados. Essa falta de conhecimento e investimentos em pesquisa e desenvolvimento dificulta a exploração mais ampla do fruto e sua utilização em produtos processados de maior durabilidade. Como resultado, uma quantidade significativa de jambo-vermelho acaba sendo desperdiçada, gerando impactos negativos tanto na economia quanto no meio ambiente (FERNANDES; RODRIGUES, 2018).

A redução do desperdício de alimentos é um dos principais objetivos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para alcançar um mundo mais sustentável até 2030 (ONU, 2015). O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 12 orienta a “garantia de padrões de produção e consumo sustentáveis”, visando evitar o esgotamento dos recursos naturais, o desperdício de alimentos e a geração de resíduos (CUNHA et al., 2020). A promoção do uso de resíduos de frutas na alimentação e/ou como fonte para extração e obtenção de compostos bioativos é uma medida que contribui significativamente para o alcance de uma produção sustentável, além de criar fontes alimentares ricas em nutrientes (ZHU et al., 2023).

O aproveitamento integral do jambo-vermelho permite utilizar seus subprodutos como fontes de fibras e fitoquímicos em alimentos funcionais, viabilizando o consumo ao longo do ano por meio da produção de farinhas nutritivas (JOUKI et al., 2021; PAZZINI et al., 2021). Apesar do potencial, ainda são necessários estudos sobre a toxicidade das sementes e as interações dos compostos bioativos em diferentes matrizes alimentares.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Elaborar um iogurte de leite de búfala probiótico com adição de jambo-vermelho e avaliar os parâmetros nutricionais, funcionais e sensoriais do iogurte.

3.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar uma farinha a partir das sementes de jambo-vermelho;
- Caracterizar a farinha quanto às propriedades nutricionais e bioativas;
- Elaborar a geleia de jambo-vermelho;
- Desenvolver iogurtes de leite de búfala acrescidos de cultura probiótica de *Lactobacillus casei* e com adição da farinha de sementes e da geleia de jambo-vermelho;
- Avaliar os iogurtes quanto às características físico-químicas, bioativas e microbiológicas, bem como a viabilidade probiótica durante o armazenamento;
- Verificar a aceitação sensorial, a intenção de compra e a preferência dos iogurtes produzidos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE EXECUÇÃO E AMOSTRAS

As análises descritas a seguir foram conduzidas nos Laboratórios de Origem Animal – Leites e de Engenharia de Alimentos e Ambiental, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ – UFPE), nos Laboratórios de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL), de Microbiologia Aplicada (LAMAp) e de Lipídeos e Aplicações de Biomoléculas em Doenças Prevalentes e Negligenciadas (LAB-DPN) do Centro de Ciências da Saúde (CCS – UFPE), bem como em laboratórios do Departamento de Ciências do Consumo (DCC – UFRPE).

O leite de búfala, previamente pasteurizado, foi fornecido pela Fazenda Tapuio Agropecuária, localizada no município de Taipu-RN. As culturas starter de *Streptococcus salivarius* spp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (Lyofast Y472E®) foram adquiridas da Sacco Brasil, enquanto a cultura probiótica de *Lactocaseibacillus casei* (LC03®) foi fornecida pela Probiotal Italia. Os jambos-vermelhos (2 lotes de 10 kg, cada) foram adquiridos em estágio de maturação comercial de uma área de cultivo particular localizada no município do Cabo de Santo Agostinho-PE (latitude -8.3554021, longitude -35.0187217).

4.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO

Para elaboração da farinha, os frutos foram selecionados pela cor da casca (vermelho arroxeado) e consistência firme da polpa, além da exclusão de frutos lesionados. Após lavagem em água corrente, os jambos foram sanitizados em solução de água clorada por 15 minutos, numa proporção de 200 ppm de hipoclorito de sódio, seguido de enxague. O despulpamento foi realizado de forma manual, para retirada das sementes

As sementes de jambo-vermelho foram lavadas em água corrente para retirada de polpa residual aderida e, em seguida, foram secas em estufa de circulação e renovação de ar (Solab® - SL-102/100) a 60°C por 24h. Em seguida, foram trituradas em liquidificador industrial (Bermar® - BM 31) para diminuição das partículas, que

tiveram sua granulometria reduzida para 100 mesh (0,110 mm) em moinho de facas (Marconi® - MA 475).

A farinha de sementes de jambo-vermelho foi então embalada hermeticamente em sacos de polietileno (Alfa Seven®) e armazenada em temperatura ambiente para posterior análise e/ou adição nos iogurtes.

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO

A farinha foi avaliada quanto aos parâmetros físico-químicos de pH (Bel® - PHS-3BW) e acidez titulável. Além da determinação do teor de proteína ($N \times 6,25$), lipídeos (método de Soxhlet), carboidratos por diferença, umidade, resíduo mineral fixo e fibra alimentar (total, solúvel e insolúvel) (método gravimétrico enzimático), conforme metodologia recomendada pela Association of Official Analytical Chemist Methods (AOAC, 2016).

4.4 PERFIL MINERAL DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO

O perfil de minerais foi determinado mediante as metodologias propostas por AOAC (2016) e Bezerril et al. (2021). Inicialmente, a amostra passou por um processo de digestão com ácido nítrico (1mg/mL) assistida por micro-ondas, mantida a uma temperatura de 170°C, por aproximadamente 40 minutos, sendo em seguida, submetida à osmose reversa, que visou a purificação e eliminação de impurezas, para uma análise mais precisa dos minerais.

A determinação dos minerais cálcio (Ca), ferro (Fe), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), selênio (Se), sódio (Na) e zinco (Zn) se deu por meio de um espectrômetro de emissão atômica de plasma de acoplamento indutivo (ICP OES 5100 VDV, Agilent Technologies, Tóquio, Japão). A quantificação dos minerais foi possível por meio da utilização de curvas analíticas previamente elaboradas com os respectivos padrões. Os resultados foram expressos em mg/100g.

4.5 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FUNCIONAL DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO

4.5.1 Obtenção do extrato

Esta etapa seguiu a metodologia proposta por Caetano et al. (2009), com modificações. Uma fração de 5 g de farinha de sementes seca foi mantida sob agitação constante, em 30 mL de metanol e água (80:20, v/v), em agitador magnético durante 20 minutos.

O resíduo obtido foi submetido ao mesmo processo de extração por mais duas vezes, totalizando três ciclos de extração, equivalente a 60 minutos de extração. As soluções obtidas nos três ciclos foram combinadas e o seu volume foi ajustado para 100 mL. O extrato foi acondicionado em recipientes âmbar e mantidos sob refrigeração até o momento das análises posteriores.

4.5.2 Total de compostos fenólicos e flavonoides

O teor total de compostos fenólicos e taninos na farinha foi quantificado utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu, seguindo a metodologia de LI et al. (2008). Inicialmente, o extrato hidrometanólico (20 μ L) foi adicionado a 100 μ L do reagente Folin-Ciocalteu (1:10). Após 3 minutos de incubação no escuro, 80 μ L de solução de carbonato de sódio (75 g/L) foram adicionados aos poços, seguidos por mais 120 minutos de incubação no escuro. O teste foi realizado em triplicata. As leituras de absorbância foram feitas a 735 e 725 nm para fenólicos totais e taninos, respectivamente. Ácido gálico e ácido tânico (ambos em concentrações de 10–80 μ g/mL) foram usados como padrões. Os resultados foram expressos em mg de GAE (equivalente de ácido gálico) /100 g de farinha para compostos fenólicos e mg de TAE (equivalente de ácido tânico) /100 g de farinha para taninos.

O teor total de flavonoides foi determinado seguindo o método descrito por Woisky & Salatino (1998). Inicialmente, 100 μ L do extrato foram adicionados a 10 μ L de uma solução de cloreto de alumínio (AlCl_3) a 2% (p/v) em metanol. A mistura foi agitada e a absorbância foi lida a 420 nm após 1 hora de incubação em sala escura. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de quercetina (QE)/100 g de farinha com base em uma curva de calibração de quercetina (10-60 μ g/mL).

4.5.3 Atividade antioxidante da farinha de sementes

4.5.3.1 Atividade sequestrante do radical livre DPPH

A atividade sequestrante de radicais DPPH foi analisada de acordo com a metodologia proposta por Brand-Williams, Cuvelier & Berset (1995), com modificações para análise em microplacas. Inicialmente obteve-se um extrato hidrometanólico com concentração de 1mg/mL. Posteriormente, 40 µL do extrato foram adicionados a uma microplaca, seguidos de 250 µL de solução metanólica de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (0,1 mM) e deixados por 30 minutos no escuro em temperatura ambiente (25°C). C). A absorbância foi medida em espectrofotômetro (BioTek®, µQuant, Wenooski, EUA) a 517 nm, utilizando solução controle (DPPH 0,1 mM) e branco (metanol). A porcentagem de eliminação de radicais livres foi calculada seguindo a equação: Eliminação de radicais livres (SRL) (%) = $\frac{Ac - Aa}{Ac} \times 100$, Ac correspondendo à absorbância do controle (metanol) e Aa à absorbância do extrato.

4.5.3.2 Teste de habilidade de redução do ferro (FRAP)

Este ensaio foi realizado de acordo com o método Benzie & Strain (1996), com modificações. O reagente FRAP (200 µL) foi misturado com o extrato (27 µL) diluído para 1 mg/mL. A solução foi agitada e incubada a 37°C em sala escura por 30 minutos e a absorbância foi lida a 593 nm. O ácido ascórbico foi utilizado como padrão na faixa de 30 a 300 mg/L. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido ascórbico (AAE)/100 g de farinha.

4.5.4 Atividade antimicrobiana *in vitro*

A atividade antimicrobiana da farinha foi testada contra microrganismos patogênicos de origem alimentar: *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Listeria monocytogenes* (ATCC 7664), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella enterica* (ATCC 14028) e *Enterococcus faecalis* (ATCC 19433). As concentrações inibitórias mínimas (CIM) foram determinadas pelo método de microdiluição em microplacas de 96 poços, utilizando extrato aquoso da farinha obtido conforme Caetano et al. (2009), já descrito em tópico anterior.

As bactérias foram cultivadas em caldo Brain Heart Infusion (BHI) por 24 horas a 37°C, com inóculo padronizado para 10⁶ UFC/mL (MELO et al., 2020). Diferentes concentrações de amostras (0 a 600 µg/mL) foram adicionadas a cada poço

juntamente com caldo BHI e inóculo, totalizando um volume de 100 µL por poço. As amostras foram então incubadas a 37°C durante 24 horas para crescimento bacteriano.

Para CIM bacteriana, 30 µL de resazurina foram adicionados a cada poço e a placa foi reincubada a 37°C por 1 hora. Após esse período, a ausência de alteração de cor indicou a MIC como a primeira concentração sem crescimento microbiano visível (MELO et al., 2018).

4.5.5 Atividade hipoglicêmica e antidiabética

4.5.5.1 Captação de glicose por células de levedura

Este ensaio mediu a absorção de glicose pelas células de levedura. Esta análise seguiu a metodologia descrita por Bhinge et al. (2018). Células de levedura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) foram suspensas em água destilada e centrifugadas (3000 rpm x 5 minutos) até que os fluidos sobrenadantes estivessem límpidos. Em seguida, 1 mL da fase sedimentada foi transferido para um balão volumétrico de 10 mL e completado com água destilada até o menisco para completar o volume. Três diferentes concentrações de extrato hidrometanólico (1 mg/mL, 0,5 mg/mL e 0,25 mg/mL) foram adicionadas a 1 mL de solução de glicose (5 mM) em tubos Eppendorf de 2 mL e incubadas juntas por 10 minutos a 37°C. Após esse tempo, a reação foi iniciada adicionando 0,1 mL de suspensão de levedura a cada diluição do extrato, seguida de agitação e incubação a 37°C por mais 60 minutos. Em seguida, os tubos foram centrifugados (2500 rpm x 5 minutos) e a glicose foi medida nos sobrenadantes.

A porcentagem de captação de glicose pelas células de levedura foi calculada usando a seguinte equação: % de captação de glicose = (Abs controle – Abs amostra) / Abs controle x 100, onde Abs controle é a absorbância da reação controle (glicose + levedura) e Abs amostra é a absorbância da amostra.

4.6 OBTENÇÃO DA GELEIA DE JAMBO-VERMELHO

O preparo da geleia foi realizado conforme o documento descrito no Documento 138 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que trata do preparo artesanal de geleias e geleiadas (KROLOW, 2013).

Inicialmente, os frutos previamente higienizados, foram descongelados sob refrigeração ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) e trituradas em liquidificador doméstico, com adição de 100 mL de água mineral natural, para 1 kg de jambo sem sementes. Em seguida, foram dispostas em panela e aquecidas a $65\text{-}70^{\circ}\text{C}$, com posterior adição de açúcar cristal na pesagem recomendada (50% do peso da polpa). O cozimento se manteve até a concentração desejada (entre $65\text{-}70^{\circ}\text{Brix}$), medida com refratômetro portátil (Modelo GT427 – Lorben ®). Por fim, foi adicionado ácido cítrico (0,1% do peso da polpa) dissolvido em água, a fim de melhorar a geleificação, realçar o sabor natural da fruta e evitar a cristalização do açúcar durante o armazenamento.

A geleia foi, enfim, envasada a 90°C em recipiente de vidro com tampa hermética, previamente esterilizados e armazenado ao abrigo da luz e à temperatura ambiente até o momento da utilização no processamento dos iogurtes.

4.7 FORMULAÇÃO DOS IOGURTES COM INCORPORAÇÃO DA GELEIA E DA FARINHA DE SEMENTES DE JAMBO-VERMELHO E ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS, BIOATIVAS E SENSORIAIS

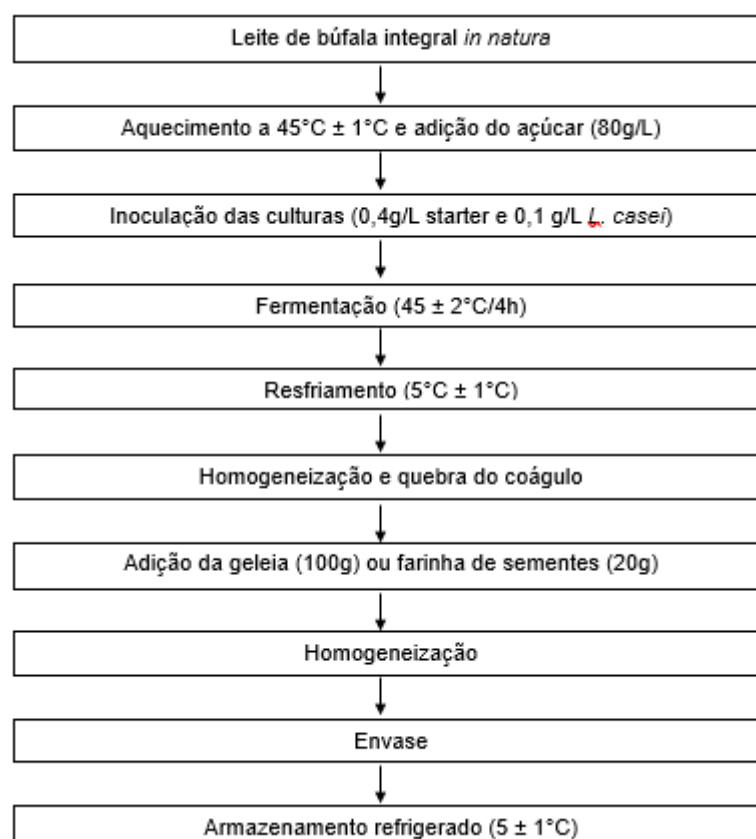
Os iogurtes de leite de búfala foram elaborados seguindo a metodologia descrita por Menezes et al. (2022), com adaptações. Os leites foram adicionados de açúcar (80 g/L) e, em seguida, aquecidos a 45°C para inoculação das culturas starter (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) e probiótica (*Lacticaseibacillus casei*), na proporção de 0,4 g/L e 0,1 g/L, respectivamente, de acordo com as recomendações dos fabricantes.

Os leites inoculados foram acondicionados em jaras estéreis com capacidade para 1 litro cada, destinadas à produção de iogurte, e submetidos a fermentação em estufa bacteriológica (Fanem®) a $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 4 horas. Durante esta etapa, o pH e a acidez titulável (% de ácido láctico) das amostras foram monitorados em intervalos de 1 hora. Cada medida foi realizada em duplicata até que um valor de pH de 4,6 e acidez titulável acima de 65° Dornic fosse atingido. Então, os iogurtes produzidos foram retirados da estufa e acondicionados sob refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ para interromper o processo fermentativo.

Em seguida, foi realizada a etapa de adição dos produtos de jambo-vermelho, respeitando o máximo de 30% de produtos não-lácteos em iogurte, estipulado pela legislação brasileira (BRASIL, 2007), totalizando 4 formulações: iogurte probiótico controle (IC), iogurte probiótico com geleia de polpa (IG), iogurte probiótico com farinha de sementes (IF), e iogurte probiótico com geleia e farinha (IGF). Em seguida à adição, os iogurtes foram homogeneizados e armazenados sob refrigeração (4°C) até a realização das análises ao longo do tempo de armazenamento (42 dias).

A Figura 5 apresenta o fluxograma de elaboração dos iogurtes e a Tabela 1 detalha as proporções de ingredientes de cada formulação.

Figura 5 – Fluxograma de processamento de iogurtes de búfala adicionados de *L. casei* e adicionados ou não de produtos de jambo-vermelho



Fonte: O autor, 2024

Tabela 1 – Formulações de iogurte de búfala adicionados de geleia de polpa e farinha de sementes de jambo-vermelho

Ingrediente	IC	IG	IF	IGF
Leite de búfala integral (mL)	1000	1000	1000	1000
Açúcar (g)	80	80	80	80
Geleia (g)	0	100	0	100
Farinha de sementes (g)	0	0	20	20

IC – iogurte controle; IG – iogurte com geleia; IF – iogurte com farinha; IGF – iogurte com geleia e farinha.

4.7.1 Caracterização físico-química dos iogurtes

As análises físico-químicas dos iogurtes foram realizadas no dia 14 de armazenamento, conforme metodologia recomendada pela AOAC (2016). Foram feitas as determinações de pH, acidez titulável, proteínas (N x 6,38), lipídeos, carboidratos por diferença, umidade e resíduo mineral fixo (cinzas). O valor energético (kcal/100g) foi calculado utilizando 4 kcal/g para proteínas e carboidratos e 9 kcal/g para lipídeos. As análises foram realizadas em triplicata.

A sinérese dos iogurtes foi calculada após centrifugação (2000 rpm/20 min) de 5g de cada formulação para separação do soro (MEENA et al., 2022). A seguinte equação foi utilizada para fornecer o % de sinérese: (peso do soro pós centrifugação/peso do iogurte) x 100.

4.7.2 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas do iogurte compreenderam a avaliação dos padrões de qualidade após 42 dias de armazenamento sob refrigeração. Foram

avaliados a presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes (número mais provável – NMP), bolores e leveduras e *Salmonella* spp., segundo a Resolução RDC nº 724, de 01 de julho de 2022, que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos (BRASIL, 2022).

4.7.2.1 Viabilidade do *Lactobacillus casei* nos iogurtes produzidos

Para avaliar o crescimento e a viabilidade da cultura probiótica nos iogurtes, a contagem do *L. casei* foi realizada nos tempos 0, 1, 2, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 de armazenamento sob refrigeração.

A contagem seguiu a metodologia descrita por Menezes et al. (2022) com adaptações. A técnica de semeadura em placa (pour plate) foi performada utilizando o meio de cultura ágar de Man-Rogosa-Sharpe (ágar-MRS) (Merck ®). A preparação das amostras seguiu-se por diluição seriada. Alíquotas de 1mL de cada diluição de iogurte foram transferidas para placas de Petri e, aproximadamente, 20 mL de meio de cultura ágar-MRS foi derramado em cada placa, seguido de homogeneização. Após a solidificação dos meios, as placas foram incubadas em uma estufa BOD (Tecnal ®), na ausência de oxigênio, a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 72 horas.

A quantificação das colônias típicas da cultura probiótica (coloração creme, de diâmetro pequeno) foi realizada com o auxílio de um contador mecânico de colônias (Phoenix Luferco ®) e a concentração bacteriana expressa como log de unidades formadoras de colônia por mL de iogurte (log UFC/mL).

4.8 AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS IOGURTES

4.8.1 Extração dos compostos fenólicos

Amostras de cada formulação de iogurte (5 g) foram pesadas em tubos Falcon e homogeneizadas com 5 mL de metanol/água (85:15, v/v). A extração foi então realizada conforme metodologia descrita no item 4.6.1.

4.8.2 Determinação de compostos fenólicos e flavonoides

O teor total de compostos fenólicos e flavonoides nos iogurtes, foi determinado no 14º dia de armazenamento, de acordo com as metodologias já descritas no item 4.5.2.

4.8.3 Atividade antioxidante dos iogurtes

A atividade antioxidante foi determinada no 14º dia de armazenamento, de acordo com as metodologias já descritas no item 4.6.3, para DPPH e FRAP. Já a capacidade antioxidante total (CAT) foi determinada de acordo com a metodologia de Prieto et al. (1999), em triplicata. Inicialmente, em 0,1 mL de cada extrato de iogurte diluído em metanol (1 mg/mL), foi adicionado 1 mL da solução reagente de fosfomolibdênio (60mL de ácido sulfúrico, 498 mg de fosfato de sódio e 494 mg de molibdato de amônia). A solução foi incubada a 95°C por 90 minutos antes da leitura em 695 nm de absorbância. O padrão utilizado foi o ácido ascórbico (1 mg/mL). O resultado foi expresso em percentual de capacidade antioxidante total, calculado pela seguinte equação: $(ABE - ABC)/(ABAA - ABC) \times 100$, onde ABE corresponde à absorbância do extrato, ABC, à absorbância do controle (solução de fosfomolibdênio), e ABAA, a absorbância do padrão (ácido ascórbico).

4.9 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS E ANÁLISE SENSORIAL DOS IOGURTES

Os iogurtes produzidos foram submetidos aos Teste de Aceitação, Intenção de Compra e Ordenação/Preferência entre as amostras, após aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (Protocolo número: 6.746.328) (ANEXO A).

Os testes foram realizados por painel de julgadores não treinados, constituídos por 102 indivíduos, sendo 39 homens e 63 mulheres, selecionados com base nos hábitos e interesses no consumo de iogurtes. Todos foram informados sobre a pesquisa e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), conforme a Resolução 466/12 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Para o teste de aceitação, os julgadores foram instruídos a analisar aparência,

cor, consistência, aroma, sabor e avaliação global, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). Para a intenção de compra, uma escala hedônica de 5 pontos foi empregada (1 = jamais compraria; 3 = tenho dúvidas se compraria 5 = certamente compraria). A preferência entre as amostras foi conduzida segundo delineamento de ordenação em blocos casualizados, empregando-se o teste de ordenação/preferência, com notas variando de 1 (amostra mais preferida) a 4 (amostra menos preferida).

Em todos os testes, as formulações foram servidas simultânea e de forma balanceada, refrigeradas, dispostas em copos plásticos brancos de 50 mL codificados com números aleatórios de 3 dígitos, contendo 20 mL de cada amostra, acompanhadas de água mineral em temperatura ambiente. Os formulários dos testes encontram-se no Apêndice B desta Tese.

4.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Os valores de diferentes parâmetros foram expressos em média $\pm$ desvio padrão. Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, admitindo-se um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$). Os dados foram analisados através do software GraphPadPrism7® (GraphPad Software Inc. La Jolla, EUA).

Os dados de aceitação e intenção de compra da análise sensorial foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao Teste de Tukey ao nível de 5% de significância para a comparação entre as médias, e processados no software PAST – Paleontological Statistics®, versão 4.03. O teste de ordenação-preferência teve seus valores analisados de acordo com a tabela proposta por Christensen et al. (2006), calculadas as diferenças entre os totais de ordenação e feita a comparação de cada uma com o valor da tabela.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão produzidos durante o desenvolvimento desta Tese de Doutorado estão expostos nos artigos científicos a seguir.

5.1 ARTIGO 1 – NUTRITIONAL COMPOSITION AND FUNCTIONAL POTENTIAL OF RED-JAMBO SEED FLOUR

Artigo submetido à revista Ciência Rural (CR)

Fator de impacto (JCR 2023) 0,8, Qualis CAPES A4 na área de Nutrição.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the nutritional and mineral composition, as well as the bioactive, antioxidant, antimicrobial, and hypoglycemic properties of red-jambo seeds flour. The results revealed a high fiber content (> 40%) and lower levels of lipids and protein. Additionally, it has an energy value comparable to that of other conventional flours consumed in Brazil. The flour can be classified as a good source of potassium, magnesium, selenium, phosphorus, and zinc. Furthermore, phytochemical analysis revealed the presence of phenolic compounds, which showed excellent antioxidant capacity as determined by the DPPH and FRAP methods. The antimicrobial study demonstrated that the flour inhibits the growth of *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, and *Lysteria monocytogenes*. The flour also exhibited high glucose cell absorption. In summary, this study suggests that the red-jambo seeds flour can be used as a functional alternative ingredient in various food formulations.

Key words: food composition; *Syzygium malaccense*; antioxidant extract; hypoglycemic effect; antimicrobial activity.

INTRODUCTION

Non-communicable diseases include complex conditions such as cardiovascular diseases (hypertension), chronic respiratory diseases, diabetes, obesity, cancer, and mental illness. These arise from genetic, physiological, behavioral, and environmental factors (BORSOI et al., 2023). Metabolic disorders like these are often linked to excessive consumption of high-fat and high-sugar diets, sedentary lifestyles, and inadequate intake of foods rich in fruits, vegetables, whole grains, and seeds containing polyphenolic antioxidants (DOMINGUEZ et al., 2021).

Evidence suggests that phytochemicals in fruits and vegetables, especially polyphenols, may help alleviate complications from diabetes, cardiovascular diseases, cancer, and obesity, due to their ability to neutralize free radicals, and regulate cellular pathways (MANZOOR et al., 2021; ZEKRUMAH et al., 2023). Polyphenols' ability to scavenge free radicals is crucial in preventing oxidative stress associated with conditions like hyperglycemia and lipid peroxidation (RUIZ et al., 2021).

Red-jambo (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry) is a tropical fruit rich in phenolic compounds, commonly found in Asia and South America. Its phytochemical and nutritional profile includes dietary fibers, phenolic compounds, carotenoids, and volatile compounds, with its antioxidant capacity well documented (BATISTA et al., 2020; MENDES et al., 2021; FERREIRA et al., 2022). Red-jambo seeds, rich in phenolic compounds, like lignans, flavonoids, and carotenoids, have shown antioxidant, anti-obesogenic, anti-cancer and anti-diabetogenic effects (VADU et al., 2023).

Despite the rich content of phytochemicals, nutrients, bioactive compounds, and antioxidant properties, the potential therapeutic effects of red-jambo seeds in treating

diabetes and microbial infections remain largely unexplored. This study hypothesizes that red-jambo seeds could be used to produce high-fiber foods and valuable bioactive compounds. The aim is to analyze the seeds' nutritional and mineral composition, with potential applications as functional food ingredients that provide both nutritional and nutraceutical benefits.

MATERIALS AND METHODS

Material and preparation of red-jambo seed flour

The red-jambo fruits were collected from a private cultivation area in Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brazil. After harvesting, the fruits were sanitized using a sodium hypochlorite solution (200ppm/15min) and manually pulped to separate the seeds from the pulp. The seeds were rinsed under running water, dried in a circulating air oven (Solab® - SL-102/100, Piracicaba, SP, Brazil) at 60°C for 24 hours, and then finely ground using a knife mill (Marconi® - MA 475, Piracicaba, SP, Brazil). The flour, named Red-Jambo Seed Flour (RJSF) was sieved through *Mesh 100* and stored at room temperature (27°C) in hermetically sealed bags for further analysis.

Proximate composition and total energy value

The RJSF was evaluated for physicochemical parameters including pH (Bel® - PHS-3BW, Monza, Italy) and titratable acidity. Total protein content by the Kjeldahl method, total lipids by exhaustive hexane extraction in a Soxhlet apparatus, moisture content after drying in an oven at 105°C until constant weight, mineral residue by muffle incineration at 550°C and soluble and insoluble fiber content were determined following the methods recommended by AOAC (2016). The total carbohydrate content was determined by difference. The energy value was estimated by the Atwater conversion

values of 4 kcal/g protein or carbohydrate and 9 kcal/g lipid (MERRILL & WATT, 1973).

The tests were carried out in triplicate.

Mineral composition

The mineral profile of RJSF was determined using a microwave-assisted acid digestion, performed at a maximum temperature of 170°C for approximately 40 minutes, followed by reverse osmosis (Gehaka®, São Paulo, SP, Brazil) to purify and eliminate impurities for accurate mineral analysis, according to PIEKARSKI-BARCHIK et al. (2021).

The determination of minerals including calcium (Ca), iron (Fe), phosphorus (P), magnesium (Mg), potassium (K), selenium (Se), sodium (Na), and zinc (Zn) was performed using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP OES 5100 VDV, Agilent Technologies®, Tokyo, Japan). Analytical curves were prepared from dilutions of analytical standards with concentrations of 10mg/100mL (Specsol - Quimlab®, Jacareí, SP, Brazil) and 1000mg/100mL (Titrisol - Merck®, Darmstadt, Germany) within specific ranges for each mineral, with correlation coefficients (R^2) greater than 0.9999. Results were expressed in mg/100g.

Functional potential evaluation of RJSF

Extraction of phenolic compounds

The phenolic compounds were extracted using the method described by CAETANO et al. (2009), with modifications. A fraction of 5 g of RJSF was kept under constant agitation in 30 mL of methanol 80% on a magnetic stirrer for 20 minutes. This extraction process was repeated two more times, totaling 60 minutes. The solutions from all three cycles were combined, and their volume adjusted to 100 mL. The extract was stored in amber flasks and refrigerated at 4°C until further analyses.

Bioactive compounds

The total content of phenolic compounds and tannins in RJSF was quantified using the Folin-Ciocalteu reagent, following the methodology by LI et al. (2008). Initially, the methanolic extract (20 μ L) was added to 100 μ L of Folin-Ciocalteu reagent (1:10). After 3 minutes of incubation in the dark, 80 μ L of sodium carbonate solution (75 g/L) was added to the wells, followed by an additional 120 minutes of incubation in the dark. The test was conducted in triplicate. Absorbance readings were taken at 735 and 725 nm for total phenolics and tannins, respectively. Gallic acid and tannic acid (both at 10–80 μ g/mL concentrations) were used as standards. Results were expressed as mg of GAE (gallic acid equivalent)/100 g of flour for phenolic compounds and mg of TAE (tannic acid equivalent)/100 g of flour for tannins.

The total flavonoid content was determined following the method described by WOISKY & SALATINO (1998). Initially, 100 μ L of the extract was added to 10 μ L of a solution of 2% (w/v) aluminum chloride (AlCl_3) in methanol. The mixture was shaken, and the absorbance was read at 420 nm after 1 hour of incubation in dark room. Results were expressed as mg quercetin equivalent (QE)/100 g flour based on a calibration curve of quercetin (10-60 μ g/mL).

Antioxidant activity

DPPH•

DPPH radical scavenging activity was analyzed according to the methodology proposed by BRAND-WILLIAMS, CUVELIER, & BERSET (1995), with modifications for microplate analysis. Initially, an extract with a concentration of 1mg/mL was obtained. Subsequently, 40 μ L of the extract was added to a microplate, followed by 250 μ L of DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) methanolic solution (0.1 mM) and left

for 30 minutes in the dark at room temperature (25°C). Absorbance was measured in a spectrophotometer (BioTek®, µQuant, Wenooski, EUA) at 517 nm, using a control solution (0.1 mM DPPH) and a blank (methanol). Percentage of free radical scavenging was calculated following the equation: Free radical scavenging (FRS) (%) = $\frac{A_c - A_a}{A_c} \times 100$, A_c corresponding to control absorbance (methanol) and A_a to extract absorbance.

FRAP

Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay was conducted according to BENZIE & STRAIN (1996) method, with modifications. FRAP reagent (200 µL) was mixed with the extract (27 µL) diluted for 1 mg/mL. The solution was agitated and incubated at 37°C in a dark room for 30 minutes and the absorbance was read at 593 nm. Ascorbic acid was used as standard in the range from 30 to 300 mg/L. The results were expressed as mg of ascorbic acid equivalent (AAE)/100 g of flour.

In vitro antimicrobial activity

The antimicrobial activity of RJSF was tested against foodborne pathogenic microorganisms: *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Listeria monocytogenes* (ATCC 7664), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella enterica* (ATCC 14028), and *Enterococcus faecalis* (ATCC 19433). Minimum inhibitory concentrations (MIC) were determined using the microdilution method in 96-well microplates, utilizing an aqueous extract of RJSF obtained as per CAETANO et al. (2009), already described in topic *Extraction of phenolic compounds*.

The bacteria were cultured in Brain Heart Infusion (BHI) broth for 24 hours at 37°C, with inoculum standardized to 10^6 CFU/mL (MELO et al., 2020). Different concentrations of samples (0 to 600 µg/mL) were added to each well along with BHI

broth and inoculum, totaling a volume of 100 μL per well. The samples were then incubated at 37°C for 24 hours for bacterial growth.

For bacterial MIC, 30 μL of resazurin was added to each well, and the plate was reincubated at 37°C for 1 hour. After this period, the absence of color change indicated the MIC as the first concentration without visible microbial growth (MELO et al., 2018).

Hypoglycemic activity

This assay measured the glucose uptake by yeast cells. This analysis followed the methodology described by BHINGE et al. (2018). Commercial baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cells were suspended in distilled water and centrifuged (3000 rpm x 5 minutes) until the supernatant fluids were clear. Then, 1 mL of the sedimented phase was transferred to a 10 mL volumetric flask and topped up with distilled water to the meniscus to complete the volume. Three different concentrations of extract (1 mg/mL, 0.5 mg/mL, and 0.25 mg/mL) were added to 1 mL of glucose solution (5 mM) in 2 mL Eppendorf tubes and incubated together for 10 minutes at 37°C. After this time, the reaction was initiated by adding 0.1 mL of yeast suspension to each extract dilution, followed by agitation and incubation at 37°C for an additional 60 minutes. Then, the tubes were centrifuged (2500 rpm x 5 minutes) and glucose was measured in the supernatants.

The percentage of glucose uptake by yeast cells was calculated using the equation below, where Abs control is the absorbance of the control reaction (glucose + yeast), and Abs sample is the absorbance of the sample:

$$\% \text{ of glucose uptake} = \frac{(\text{Abs control} - \text{Abs sample})}{\text{Abs control}} \times 100$$

Statistics

All experiments were and will be conducted in triplicate. The data obtained were expressed as mean values $\pm$ standard deviations. The data were also analyzed statistically by means of a Tukey test with a 95% confidence level ($P < 0.05$) using the software GraphPad Prism 7® (GraphPad Software Inc., La Jolla, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Nutritional composition

Table 1 shows the nutritional composition and energy value of red-jambo seed flour (RJSF), with a moisture content of 11g/100g, meeting Brazilian regulations. According to ANVISA, products like cereals and flours are acceptable for commercialization with up to 15% moisture (BRASIL, 2022). The low moisture content of a food, which refers to the amount of water molecules present in the product, is crucial for determining its nutritional and sensory characteristics and its resistance to microbial action (MELO et al., 2022). DODERO et al. (2021) highlights that moisture is key to food quality, as it indicates improper storage and fosters bacterial and fungal growth.

The pH identified in the RJSF was 4.27, similar to 4.05 reported by CAVALET et al. (2023) for yellow-jambo seed flour (*Syzygium jambos* (L.) Alston). According to VASCONCELOS et al. (2023), starchy products with a pH below 5 are more resistant to enzymatic degradation by fungi, maintaining their natural characteristics longer. pH values above 4.5 are crucial for preserving the physical and physicochemical integrity

of these products (GOLDMEYER et al., 2014). The pH of RJSF suggests favorable stability, enhancing its quality and durability.

The ash content in RJSF was 2.48 g/100g. As noted by NARWAL et al. (2017), flours from fruit and vegetable by-products tend to have high ash content, indicating significant nutraceutical potential, with these flours being applied as an important source of minerals, especially in low-income countries where mineral replenishment in human nutrition is crucial.

The lipid content in RJSF was found to be 1.74 g/100g, indicating a low presence of lipids. This value is lower than the 4.48 g/100g reported by PAZZINI et al. (2021) in their analysis of the same fruit's seeds, but higher than the 0.78 g/100g found by CVALET et al. (2023) for yellow-jambo seeds. These variations can be attributed to differences in soil, climate, and cultivation practices (NASCIMENTO et al., 2024).

The protein content of RJSF was considered low, totaling 3.77 g/100g, which does not meet the criteria to be characterized as a protein source according to current Brazilian legislation (BRASIL, 2020), as it falls short of the minimum requirement of 5g of protein per serving. However, this protein level is higher than that reported for other seeds from the same genus, such as jambolan (SAEED et al., 2022) and yellow-jambo (CAVALET et al., 2023). The protein content in tropical fruit seeds can vary due to factors like species, soil type, climate, and fruit ripeness (KUMAR et al., 2022).

RJSF showed a high dietary fiber content (41.36 ± 0.19 g/100g), far exceeding ANVISA's requirement of 6g/100g to be classified as a good source of fiber. This high fiber content makes RJSF a functional ingredient with potential health benefits, attracting interest from the food industry (PELLEGRINI et al., 2018). According to DAI & CHAU (2017), this flour could help reduce cholesterol and sugar absorption, assist

in weight loss, regulate digestion, prevent constipation, and improve gut microflora balance.

The carbohydrates in RJSF significantly contribute to its energy value, which reaches 189.34 kcal/100g. This is particularly noteworthy given its lower lipid and protein contents. The caloric value of RJSF is comparable to that of common starchy foods in Brazilian cuisine, such as corn (351 kcal/100g), wheat (360 kcal/100g), and cassava (361 kcal/100g) (NEPA, 2011). This comparison underscores RJSF's potential as an energy source, making it a viable option for food formulation.

Mineral Composition

RJSF showed significant amounts of minerals: potassium (921.8 ± 64.25 mg/100g), magnesium (105.24 ± 8.50 mg/100g), phosphorus ($81.8 \text{ mg} \pm 10.13$ mg/100g), calcium ($63.8 \text{ mg} \pm 7.32$ mg/100g), sodium (41.3 ± 4.28 mg/100g), zinc (0.85 ± 0.30 mg/100g), iron (0.45 ± 0.80 mg/100g), and selenium (0.082 ± 0.001 mg/100g). Compared to fresh red-jambo pulp analyzed by FERREIRA et al. (2022), RJSF exhibits higher mineral values. INADA et al. (2015) also note that fruit by-products like seeds have greater mineral content than the edible parts.

Moreover, the mineral levels in RJSF are higher than those found in yellow jambo seeds (EL SAFY et al., 2023) and jambolan seeds (KUMAR et al., 2022). Variations in mineral content can be attributed to abiotic factors affecting the ecosystem and the harvesting process of *Syzygium* fruits, including atmospheric gas composition, solar radiation levels, and soil nutrient diversity (SANI et al., 2022).

Functional potential evaluation of RJSF

Bioactive compounds

The results for total phenolic content, tannins and flavonoids are shown in Table 2. RJSF presented a high content of phenolic compounds ($793,13 \pm 0,01$), indicating the potential of this flour as a source of bioactive compounds. This value is much higher than those found in the literature for other seed fruit flours such as papaya (142.36 ± 0.02), jackfruit (122.17 ± 0.41) and mango (8.95 ± 0.36) (NGUYEN et al., 2019; SHANOOBA et al., 2020; ALAM et al., 2024). However, it showed a lower value than the seed flours of red-jambo ($1063,81 \pm 68.45$), seriguella (991.18 ± 52.33), pomegranate (928.55) and jambolan (799.16) (BATISTA et al., 2017; RAJAN et al., 2022; WANDERLEY et al., 2023; CANGUSSU et al., 2024).

Phenolic compounds are crucial secondary metabolites in plants that offer antioxidant properties and are significant in the human diet. The variation in phenolic levels in fruit seed flours can result from fruit maturity, agro-climatic conditions, and exposure to environmental stressors (XAVIER et al., 2022). In *Syzygium* species, adaptations to different regions can influence the physicochemical characteristics and bioactive compound content (ARAÚJO et al., 2024).

The tannin content of RJSF ($1.135,71 \pm 0,02$) was higher than the values reported by CANGUSSU et al. (2024) (718.50 ± 98.65) and TAK et al. (2022) (168.24) for seriguella and jambolan seed flours, respectively. Tannins in *Syzygium* fruits are noted for their antimicrobial properties, aiding tissue repair and regulating protein and enzymatic functions (CARTAXO-FURTADO et al., 2015). However, SANI et al. (2022) caution against excessive tannin consumption due to potential adverse health effects. Tannins can inhibit the growth of bacteria, fungi, and yeasts, and affect the digestion of proteins and carbohydrates (ARAÚJO et al., 2024; CANGUSSU et al., 2024).

The flavonoid content of RJSF (87.92 ± 0.06) was higher than that of other fruit seed flours, such as seriguella (28.96 ± 0.48), umbu (37.85 ± 0.48) and papaya (41.83

± 0.12) (XAVIER et al., 2022; ALAM et al., 2024; CANGUSSU et al., 2024). According to THOMPSON et al. (2024), the concentration of flavonoids in fruit seeds is influenced by factors such as variety, location, climate. Given their recognized antioxidant, anti-inflammatory, and other beneficial effects, the findings suggest that RJSF could serve as a source of nutraceutical supplements, dietary additives, and pharmaceutical products (SINGH et al., 2022).

Antioxidant activity

These results are displayed in Table 2. A high capacity to scavenge DPPH• radicals (75% inhibition) was observed for RJSF. This result exceeds the inhibition observed in red-jambo pulp ($61.36\% \pm 0.93$) and the aqueous extract of red-jambo seed flour ($72.80\% \pm 1.53$), as reported by NUNES et al. (2016) and SAEED et al. (2022), respectively. Conversely, the antioxidant potential of RJSF, as measured by DPPH•, was lower than that presented in apple ($86.9\% \pm 0.25$) and umbu ($96.92\% \pm 0.67$) seed flours, according to MANZOOR et al. (2021) and XAVIER et al. (2022). MORAIS et al. (2024) indicated a strong linear correlation between DPPH• scavenging capacity and high phenolic compound content, which is supported by this study's findings.

The FRAP method investigates the ability of substances to reduce Fe^{3+} ions to Fe^{2+} ions via electron transfer (RUMPF, BURGER, & SCHULZE, 2023). Using the FRAP method, RJSF exhibited a ferric reduction capacity of 1042.79 ± 0.03 , which is higher than that of the acetic extract of buritirana seed flour (698.36 ± 0.06) (MORAIS et al., 2024) but lower than the value reported for achachairu seed flour (IKEDA et al., 2021). According to ARAÚJO et al. (2024), the high antioxidant activity and iron-reducing power in *Syzygium* fruits are likely due to their phenolic compounds, which can donate electrons and stabilize free radicals.

Overall, these antioxidant activity results suggest that RJSF is a promising source of bioactive compounds with potential applications as a natural antioxidant in food systems. This is particularly beneficial for preventing oxidative stress in protein-rich foods during storage, thereby enhancing preservation. Additionally, foods rich in bioactive compounds and possessing high antioxidant capacity may promote health and prevent diseases.

In vitro antimicrobial activity

The antimicrobial activity of RJSF is assessed through the Minimum Inhibitory Concentration (MIC), which indicates the lowest concentration required to prevent visible microbial growth. The response of microorganisms to the extract varies based on factors such as extract dilution and the inherent resistance of the microorganisms (CHEN et al., 2023).

Since a lower MIC indicates greater antimicrobial potential, RJSF extract demonstrated a satisfactory inhibition result against *S. enterica* (5,0 mg/mL), followed by *S. aureus* (6,0 mg/mL) and *L. monocytogenes* (8,0 mg/mL). Similar antimicrobial activity has been reported for jaboticaba seed extract against these strains (FIDELIS et al., 2021), as well as for watermelon seed extract (NEGLO et al., 2021) and apple seed extract against *S. aureus* and *Bacillus subtilis* (MANZOOR et al., 2021).

The inhibitory capacity of fruit seed extracts is often attributed to phytochemicals with antibiotic properties (FIDELIS et al., 2021; KIM et al., 2021; MANZOOR et al., 2021). Given that red-jambo seeds are rich in polyphenols, including quercetin, catechin, gallic acid, ellagic acid, ellagitannins, and proanthocyanidins, it is plausible that these compounds serve as natural antimicrobial agents (ARAÚJO et al., 2024).

The broad antimicrobial spectrum of RJSF suggests its potential applications in various foods and beverages, addressing the challenge of foodborne illnesses caused by pathogenic bacteria.

Hypoglycemic activity

Figure 1 illustrates the rate of glucose transport through the yeast cell in response to the action of RJSF extract. It was observed that the percentage of glucose uptake by the fungal cell was higher in the presence of 1 mg/mL of extract (68.22 ± 0.06), while it was lower (45.32 ± 0.03) at a concentration of 0.25 mg/mL. As noted by YAMAMOTO et al. (2015), glucose transport into cells is a complex process mediated by transporters, occurring more efficiently when intracellular glucose levels decrease. In cases of hyperglycemia related to diabetes mellitus, blood glucose levels rise while intracellular glucose decreases (LI et al., 2023).

These findings indicate that RJSF extract may enhance glucose absorption, potentially aiding in blood glucose control due to its flavonoids and phenolic compounds (PITCHAIPILLAI & PONNIAH, 2016). KANG & CHIANG (2022) highlight that these compounds might modulate the activity of GLUT4, the primary glucose transporter protein, which is crucial for regulating insulin resistance.

CONCLUSION

This study successfully identified red-jambo seed flour as a valuable nutrient source, rich in fibers and minerals. It contains phenolic compounds like flavonoids, tannins and polyphenols, showing antimicrobial, antioxidant and hypoglycemic properties. These findings suggest its potential as a source of functional and antioxidant compounds. The research provides crucial insights, especially given the

lack of scientific data on this subject, highlighting their potential for use in food formulations and nutraceutical products.

REFERENCES

- ALAM, M. et al. Characterization and evaluation of flour's physico-chemical, functional, and nutritional quality attributes from edible and non-edible parts of papaya. **Journal of Agriculture and Food Research**, 15, 100961, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100961>>. Accessed: May, 15, 2024.
- AOAC. **Official methods of analysis of The American Association of Official Analytical Chemists**. (20th ed.). Rockville, MD, USA, 2016.
- ARAÚJO, A. N. V. et al. Revisiting the nutritional and functional value and health-promoting potential of *Syzygium* species. **Journal of Functional Foods**, 118, 106265, 2024. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106265>. Accessed: May, 20, 2024.
- BATISTA, A. G. et al. Red-jambo (*Syzygium malaccense*): bioactive compounds in fruits and leaves. **LWT**, 76, 284-291, 2017. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.013>. Accessed: May, 20, 2024.
- BATISTA, A.G. et al. Bioactive Compounds of Red-Jambo Fruit (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry). **Reference Series In Phytochemistry**, 395-407, 2020. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30182-8_27. Accessed: Jun., 18, 2024.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, 239, 1, 70-76, 1996. Available from: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>. Accessed: Apr, 29, 2024.
- BHINGE, S. D. et al. *In vitro* hypoglycemic effects of unripe and ripe fruits of *Musa sapientum*. **Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences**, 53, 4, 1-6, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902017000400159>. Accessed: Jun, 10, 2024.
- BORSOI, F. T. et al. Dietary polyphenols and their relationship to the modulation of non-communicable chronic diseases and epigenetic mechanisms: A mini-review. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, 6, 1-14, 100155, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100155>. Accessed: Jul, 15, 2024.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, 281, 1, 25–30, 1995. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5). Accessed: Nov, 25, 2023.
- BRASIL - Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº429, de 8 de outubro de 2020. **Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados**. Available from: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>. Accessed: May, 18, 2024.
- BRASIL - Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº711, de 1 de julho de 2022. **Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães**. Available from: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b7

2-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81. Accessed: Nov, 28, 2023.

CAETANO, A. C. S. et al. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal Food Technology**, 12, 2, 155-160, 2009. Available from: <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT2009800900006>. Accessed: Jun, 20, 2024.

CANGUSSU, L. B. et al. Chemical characterization and the bioaccessibility of bioactive compounds from seriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp and by-products flours. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, 31, 100404, 2024. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100404>. Accessed: Aug, 09, 2024.

CARTAXO-FURTADO, N. A. D. E. O. et al. Perfil fitoquímico e determinação da atividade antimicrobiana de *Syzygium cumini* (L.) Skeels (Myrtaceae) frente a microrganismos bucais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, 17, 4, 1091-1096, 2015. Available from: https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_153. Accessed: Jun, 04, 2024.

CAVALET, M. C. et al. Avaliação anatômica do fruto de jambo amarelo (*Syzygium jambos* (L.) Alston) e análise físico-química farinácea da casca e polpa e semente. **Brazilian Journal Of Science**, 2, 7, 48-61, 2023. Available from: <http://dx.doi.org/10.14295/bjs.v2i7.354>. Accessed: Feb, 20, 2024.

CHEN, S. et al. A new micro-agar dilution method to determine the minimum inhibitory concentration of essential oils against microorganisms. **Journal of Microbiological Methods**, 211, 106791, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2023.106791>. Accessed: Dec, 11, 2023.

DAI, F.; CHAU, C. Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. **Journal of Food and Drug Analysis**, 25, 1, 37-42, 2017. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.09.006>. Accessed: May, 15, 2024.

DODERO, A. et al. Intelligent Packaging for Real-Time Monitoring of Food-Quality: Current and Future Developments. **Appl. Sci.**, 11, 8, 2021. Available from: <https://doi.org/10.3390/app11083532>. Accessed: May 15, 2024.

DOMINGUEZ, L. J. et al. Impact of mediterranean diet on chronic non-communicable diseases and longevity. **Nutrients**, 13, 6, 1-32, 2021. Available from: <https://doi.org/10.3390/NU13062028>. Accessed: May, 17, 2024.

EL-SAFY, S. et al. Utilization of Jamun Fruit (*Syzygium cumini* L.) for Value Added Food Products. **Journal Of Food Quality**, 1-10, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1155/2023/5460642>. Accessed: Sep, 23, 2024.

FERREIRA, S. L. C. et al. Determination and multivariate evaluation of the mineral composition of red jambo (*Syzygium malaccense* (L.)). **Food Chemistry**, 371, 131381, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131381>. Accessed: Jun, 25, 2024.

FIDELIS, M. et al. Polyphenols of jaboticaba [*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O.Berg] seeds incorporated in a yogurt model exert antioxidant activity and modulate gut microbiota of 1,2-dimethylhydrazine-induced colon cancer in rats. **Food Chemistry**, 334, 1-11, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127565>. Accessed: May, 21, 2023.

GOLDMEYER, B. et al. Características físico-químicas e propriedades funcionais tecnológicas do bagaço de mirtilo fermentado e suas farinhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 4, 980-987, 2014. Available from: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-380/13>. Accessed: May, 21, 2024.

INADA, K. O. P. et al. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal Of Functional Foods**, 17, 422-433, 2015. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.002>. Accessed: Jun. 17, 2024.

- IKEDA, M. et al. Nutritional and bioactive composition of achachairu (*Garcinia humilis*) seed flour: A potential ingredient at three stages of ripening. **LWT**, 152, 112251, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112251>. Accessed: Jun. 14, 2024.
- KANG, B. B.; CHIANG, B. H. A novel phenolic formulation for treating hepatic and peripheral insulin resistance by regulating GLUT4-mediated glucose uptake. **Journal Of Traditional And Complementary Medicine**, 12, 2, 195-205, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2021.08.004>. Accessed: Apr. 20, 2024.
- KIM, T., KIM, J., OH, S. Grapefruit Seed Extract as a Natural Food Antimicrobial: a review. **Food And Bioprocess Technology**, 14, 4, 626-633, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02610-5>. Accessed: Jul. 19, 2024.
- KUMAR, M. et al. Guava (*Psidium guajava* L.) seed: a low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry. **Food Chemistry**, 386, 1-16, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132694>. Accessed: Jun. 15, 2023.
- LI, H. et al. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. **LWT - Food Science and Technology**, 41, 3, 385-390, 2008. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.011>. Accessed: Jul. 15, 2024.
- LI, Y. et al. Prebiotic characteristics of added-value polysaccharides from jackfruit peel waste during in vitro digestion and fecal fermentation. **LWT**, 187, 1-9, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115330>. Accessed: Apr. 19, 2024.
- MANZOOR, M. et al. Characterization of apple (*Malus domestica*) seed flour for its structural and nutraceutical potential. **LWT**, [S.L.], v. 151, p. 1-9, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112138>. Accessed: Aug. 18, 2023.
- MELO, N. F. C. B. et al. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, 139, 56-66, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.014>. Accessed: May. 29, 2024.
- MELO, N. F. C. B. et al. Quality of postharvest strawberries: comparative effect of fungal chitosan gel, nanoparticles and gel enriched with edible nanoparticles coatings. **International Journal of Food Studies**, 9, 2, 2020. Available from: <https://doi.org/10.7455/ijfs/9.2.2020.a9>. Accessed: May, 29, 2024.
- MELO, A. M. et al. Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) through production of flour with bioactive properties. **Food Bioscience**, 45, 1-9, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101343>. Accessed: Dec. 11, 2023.
- MENDES, R. F. et al. *In vivo* anti-inflammatory and antinociceptive effects, and *in vitro* antioxidant, antiglycant and anti-neuroinflammatory actions of *Syzygium malaccense*. **An Acad Bras Cienc**, 93, 4, 1-19, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120210457>. Accessed: Jun. 19, 2024.
- MERRILL, A.L., WATT, B.K. Energy Value of Foods: Basis and Derivation. **Agriculture Handbook**, 74, ARS United States Department of Agriculture, Washington DC, 1973.
- MORAIS, R. A. et al. Comprehensive evaluation of the chemical profile and antioxidant potential of buritirana (*Mauritiella armata*) an underexplored fruit from Brazilian Cerrado. **Food Research International**, 179, 113945, 2024. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113945>. Accessed: Jul, 07, 2024.
- NARWAL, S. et al. Hulless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products. **Journal of food science and technology**, 54: 2638-2644, 2017. Available from: <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-017-2669-6>. Accessed: Mar.

19, 2024.

NASCIMENTO, P. C. A. et al. Effects of thermal processing on nutritional composition and toxicity of jackfruit seeds. **Ciência Rural**, 54, 4, 1-7, 2024. Available from: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230111>. Accessed: Jul. 18, 2024.

NEGLO, D. et al. Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. **Scientific African**, 11, 1-8, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00582>. Accessed: Jul. 19, 2024.

NEPA – UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**, 4th ed. Campinas, São Paulo, Brasil, 2011.

NGUYEN, N. M. P. et al. *In vitro* antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. **International Journal of Food Science & Technology**, 54, 4, 1169-1178, 2019. Available from: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14093>. Accessed: May. 17, 2023.

NUNES, P. C. et al. Physico-Chemical Characterization, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Malay Apple (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry). **Plos One**, 11, 6, 1-11, 2016. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158134>. Accessed: Jul. 20, 2023.

PAZZINI, I. A. E. et al. Bioactive potential, health benefits and application trends of *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (Malay apple): A bibliometric review. **Trends in Food Science & Technology**, 116, 1155-1169, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.012>. Accessed: Aug. 20, 2024.

PELLEGRINI, M. et al. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and 452 antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Industrial Crops and Products**, 111, 38–46, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>. Accessed: Apr. 16, 2023.

PIEKARSKI-BARCHIK, P. et al. Mineral Content, Antioxidant Activity and Essential Oil of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. Leaves: Plant from South American Biodiversity. **Chemistry & Biodiversity**, 18, 8, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100257>. Accessed: Mar. 30, 2024.

PITCHAIPIILLAI, R., PONNIAH, T. In Vitro Antidiabetic Activity of Ethanolic Leaf Extract of *Bruguiera Cylindrica* L. – Glucose Uptake by Yeast Cells Method. **Int. Biol. Biomed. J.**, 2, 4, 171-175, 2016. Available from: <http://ibbj.org/article-1-92-en.html>. Accessed: Mar, 30, 2024.

RAJAN, M. et al. Development on chemical characteristics including the bioactive compounds and antioxidant activity during maturation of jambolan (*Syzygium cumini* L.) fruit. **Food Measure**, 17, 2247–2260, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01794-4>. Accessed: Apr. 19, 2024.

RUIZ G. P. et al. Extracellular miRNAs in redox signaling: Health, disease and potential therapies. **Free Radical Biology and Medicine**, 173, 170–187, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.FREERADBIOMED.2021.05.004>. Accessed: Jul. 17, 2024.

RUMPF, J., BURGER, R., SCHULZE, M. Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. **International Journal of Biological Macromolecules**, 223, 123470, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123470>. Accessed: Jul. 19, 2024.

SAEED, M. K. et al. *Syzygium Cumini* L. Seed A Potent Source of Fiber, Protein and Natural Antioxidants. **Lahore Garrison University Journal Of Life Sciences**, 6, 3, 252-267, 2022. Available from: <https://doi.org/10.54692/lgujls.2022.0603227>. Accessed: May, 18, 2023.

SANI, A. N. M. et al. Valorization of malaysian tropical fruit seeds: a review of their

- nutrition, bioactivity, processing and food application. **Food Bioscience**, 50, 1-12, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102156>. Accessed: Oct, 20, 2023.
- SHANOOBA, P. M. et al. Extraction and Characterization of Polyphenols from *Artocarpus Heterophyllus* and Its Effect on Oxidative Stability of Peanut Oil. **International Journal of Fruit Science**, 20, 3, 2020. Available from: <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1775162>. Accessed: May. 22, 2022.
- SINGH, P. et al. Evaluation of bioactive constituents of *Garcinia indica* (kokum) as a potential source of hydroxycitric acid, anthocyanin, and phenolic compounds. **LWT**, 156, 112999, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112999>. Accessed: Jun. 29, 2024.
- TAK, Y. et al. Jamun seed: A review on bioactive constituents, nutritional value and health benefits. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, 72, 3, 211-228, 2022. Available from: <https://doi.org/10.31883/pjfn/152568>. Accessed: Mar. 25, 2024.
- THOMPSON, P. T. et al. In-vitro antioxidant, antimicrobial and phytochemical properties of extracts from the pulp and seeds of the African baobab fruit (*Adansonia digitata* L.). **Heliyon**, 10, 8, 2024. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29660>. Accessed: Oct. 10, 2023.
- VADU, S. et al. A review on phytochemistry and traditional therapeutic benefits of *Syzygium malaccense* (L.). **International Association of Biologicals and Computational digest**, 2, 1, 275-286, 2023. Available from: <http://dx.doi.org/10.56588/iabcd.v2i1.175>. Accessed: May. 17, 2024.
- VASCONCELOS, K. M. C. S. G. et al. Evaluation of nutritional composition of flour residue of mangaba processing. **Brazilian Journal Of Biology**, 83, 1-9, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.248931>. Accessed: Apr. 20, 2024.
- WANDERLEY, R. O. S. et al. Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours, **LWT**, 189, 115514, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115514>. Accessed: Sep. 23, 2024.
- WOISKY, R. G; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal Of Apicultural Research**, 37, 2, 99-105, 1998. Available from: <https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961>. Accessed: Sep. 22, 2024.
- XAVIER, V. L. et al. Nutritional and technological potential of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. **An Acad Bras Ciênc**, 94, 1, 2022. Available from: <https://doi.org/10.1590/0001-376520220200940>. Accessed: May. 20, 2023.
- YAMAMOTO, N. et al. Measurement of Glucose Uptake in Cultured Cells. **Current Protocols In Pharmacology**, 71, 1, 1-11, 2015. Available from: <https://doi.org/10.1002/0471141755.ph1214s71>. Accessed: Jul. 19, 2024.
- ZEKRUMAH, M. et al. Role of dietary polyphenols in non-communicable chronic disease prevention, and interactions in food systems: An overview. **Nutrition**, 112, 112034, 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112034>. Accessed: May. 19, 2024.

Table 1: Nutritional composition and energy value of red-jambo seed flour

Parameters	Values
Moisture (g/100g)	11 ± 0,14
Ash (g/100g)	2,48 ± 0,02
Lipids (g/100g)	1,74 ± 0,05
Proteins (g/100g)	3,77 ± 0,21
Carbohydrates (g/100g)	39,65 ± 0,53
Dietary Fiber (g/100g)	41.36 ± 0,19
Soluble Fiber (g/100g)	3.21 ± 0.70
Insoluble Fiber (g/100g)	38.15 ± 0.51
Energetic Value (kcal/100g)	189.34 ± 1,24
pH	4.27 ± 0.17

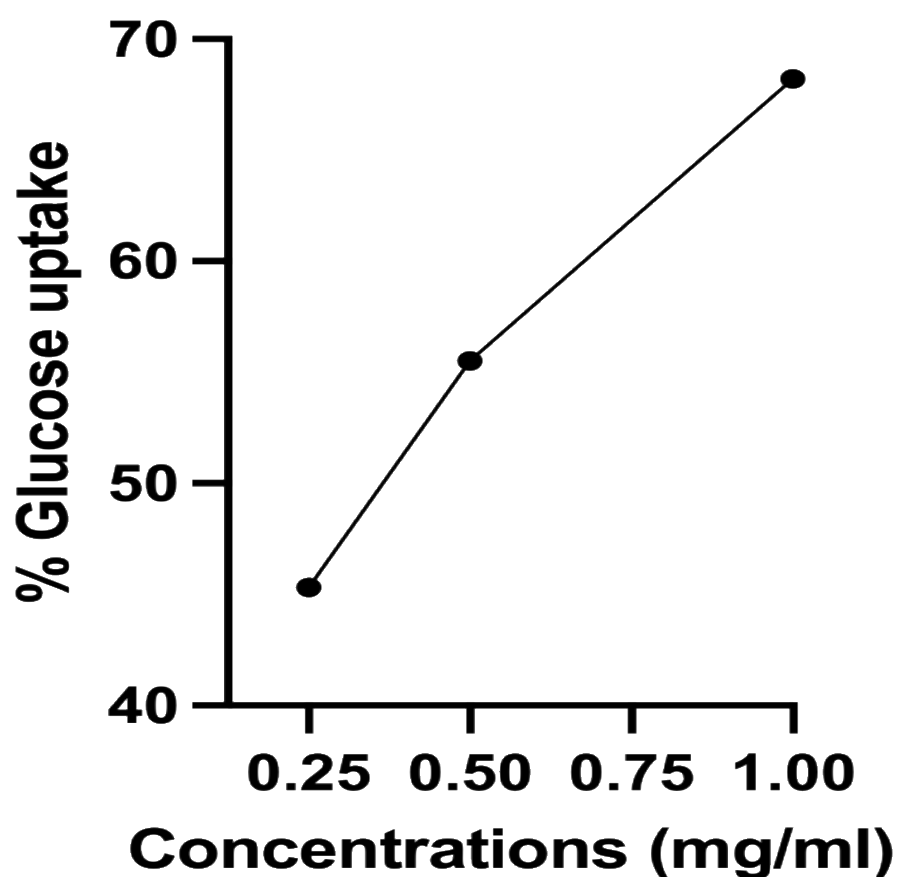
Values in triplicate, expressed as mean ± standard deviation.

Table 2: Total phenolic content and antioxidant activity of red-jambo seed flour

Parameters	Values
TPC (mg GAE/100g)	793,13 $\pm$ 0,01
Tannins (mg TAE/100g)	1.135,71 $\pm$ 0,02
Flavonoids (mg QE/100g)	87.92 $\pm$ 0.06
DPPH (% of FRS)	75.72 $\pm$ 0,01
FRAP (mg AAE/100g)	1042,79 $\pm$ 0,03

Values in triplicate, expressed as mean $\pm$ standard deviation.

TPC: Total phenolic content; GAE: Gallic acid equivalent; TAE: Tannic acid equivalent; QE: Quercetin equivalent; FRS: Free radical scavenging; AAE: Ascorbic acid equivalent.

Fig. 1. Effect of red-jambo seed flour extract on glucose uptake by yeast cells.

5.2 ARTIGO 2 – PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E SENSORIAIS DE IOGURTE PROBIÓTICO DE LEITE DE BÚFALA COM JAMBO-VERMELHO

Artigo a ser traduzido e submetido à revista *Food and Bioproducts Processing* (FBP)

Fator de impacto (JCR 2023) 3,5, Qualis CAPES A1 na área de Nutrição.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo desenvolver iogurtes probióticos à base de leite de búfala incorporados com produtos de jambo-vermelho e avaliar suas características nutricionais, funcionais e sensoriais. Foram elaboradas quatro formulações contendo diferentes proporções de geleia de polpa e farinha de sementes de jambo-vermelho. Os iogurtes foram analisados quanto à composição centesimal, perfil bioativo e aceitabilidade sensorial. Os resultados demonstraram que a adição dos produtos de jambo-vermelho manteve um elevado teor de proteínas (3,2 – 4,3 g/100g) nos iogurtes, além de apresentarem compostos fenólicos (151,59 – 310,70 mg EAG/100g), taninos (138,53 – 230,85 mg EAT/100g) e flavonoides (40,50 – 278,53 mg EQ/100g), com comprovada atividade antioxidante significativa. Observou-se, ainda, manutenção da viabilidade do probiótico *Lactocaseibacillus casei* durante o armazenamento (6 – 7,5 Log UFC/g), indicando potencial efeito benéfico dos compostos bioativos sobre a estabilidade do microrganismo. Os resultados sensoriais mostraram que todas as formulações apresentaram aceitação satisfatória, com destaque para aquelas contendo geleia de jambo-vermelho, que obtiveram as maiores médias nos escores hedônicos. Dessa forma, os resultados obtidos evidenciam o potencial tecnológico e funcional do aproveitamento do jambo-vermelho na elaboração de iogurtes probióticos de leite de búfala, representando uma alternativa inovadora para o desenvolvimento de alimentos com valor agregado e possíveis benefícios à saúde.

Palavras-chave: Produtos lácteos fermentados. Fruto tropical. Compostos fenólicos. Propriedades funcionais. Aceitação sensorial.

INTRODUÇÃO

O iogurte é um produto fermentado resultante da coagulação do leite por bactérias ácido-láticas, amplamente consumido devido à sua composição nutricional e benefícios à saúde, especialmente na microbiota intestinal (COSTA et al., 2019; ANTONOPOULOU et al., 2022). O processo fermentativo aumenta a biodisponibilidade de nutrientes, reduz fatores antinutricionais e o teor de lactose, contribuindo para a digestão e o fortalecimento do sistema imunológico intestinal (GARCÍA-BURGOS et al., 2020; FAN et al., 2022).

Embora a indústria do iogurte seja dominada pelo leite bovino, cresce o interesse por alternativas, como o leite de búfala, que apresenta alta digestibilidade, menor potencial alergênico e confere valor agregado aos derivados lácteos (TRIBST et al., 2020; SERT et al., 2021; GARAVAND et al., 2022; SILVA et al., 2022). No entanto, ainda há poucas investigações sobre os derivados fermentados desse leite como fontes de compostos bioativos e antioxidantes, como os polifenóis (SHEIKH et al., 2022). Diante da demanda crescente por alimentos naturais e funcionais, o desenvolvimento de iogurtes enriquecidos surge como uma estratégia promissora para atender às exigências do mercado e promover benefícios à saúde (SILVA et al., 2023).

Nesse contexto, o jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) surge como um ingrediente de interesse, sendo um fruto tropical, que possui em sua casca e polpa, macronutrientes, vitaminas e compostos bioativos, incluindo antocianinas e flavonoides, com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (BATISTA et al., 2017; MAIA et al., 2019; BATISTA et al., 2020; MAHMOUD et al., 2021; FERREIRA et al., 2022; NUNES et al., 2022). Já suas sementes, possuem elevada concentração de compostos bioativos, como fenólicos, flavonoides e carotenoides, além de fibras solúveis e insolúveis (MUSTAQIM, 2021; PAZZINI et al., 2021).

Subprodutos de frutas, como os do jambo-vermelho, são amplamente descritos como fontes ricas em compostos bioativos, podendo impactar positivamente as propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais de iogurtes (FAZILAH et al., 2018). Até o momento, não há estudos sobre a adição de subprodutos de jambo-vermelho ao iogurte de leite de búfala. Dessa forma, este estudo objetiva avaliar os

efeitos dessa adição na qualidade do iogurte durante o armazenamento, com ênfase na atividade antioxidante, viabilidade probiótica e nas propriedades físico-químicas e sensoriais do produto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção dos frutos e do leite de búfala

O leite de búfala foi fornecido pela Fazenda Tapuio Agropecuária, localizada no município de Taipu-RN. As culturas starter de *Streptococcus salivarius* spp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (Lyofast Y472E®) foram adquiridas da Sacco Brasil, enquanto a cultura probiótica de *Lacticaseibacillus casei* (LC03®) foi fornecida pela Probiotical Italia. Os jambos-vermelhos foram adquiridos em estágio de maturação comercial de uma área de cultivo particular localizada no município do Cabo de Santo Agostinho-PE (latitude -8.3554021, longitude -35.0187217).

Obtenção da farinha de sementes e geleia de polpa de jambo-vermelho

A farinha de sementes de jambo-vermelho foi obtida após a seleção de frutos com casca vermelha arroxeadas e polpa firme, excluindo-se os frutos lesionados. Após lavagem e sanitização com solução de hipoclorito de sódio (10 ppm) por 15 minutos, os frutos foram despulpados manualmente. As sementes foram lavadas, secas em estufa de circulação e renovação de ar (Solab® - SL-102/100) a 60° por 24h e trituradas em liquidificador industrial (Bermar® - BM 31) e moinho de facas (Marconi® - MA 475) até granulometria de 100 mesh (0,110 mm), com rendimento de 49,2% e classificação “fina” (ZANOTTO & BELLAVER, 1996). A farinha foi embalada hermeticamente em sacos de polietileno (Alfa Seven®) e armazenada em temperatura ambiente.

A geleia foi preparada conforme o protocolo no Documento 138 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que trata do preparo artesanal de geleias e gelejadas (KROLOW, 2013). Os frutos sem sementes higienizados foram descongelados, triturados com 100 mL de água mineral natural em liquidificador doméstico e aquecidos a 65-70°C, adicionados de açúcar (50% do peso da polpa) e submetidos à cocção. O cozimento continuou até atingir 65-70°Brix, medida com refratômetro portátil (Modelo GT427 – Lorben

®). Ácido cítrico (0,1% do peso da polpa) dissolvido em água foi adicionado para melhorar a geleificação e preservar o sabor natural da fruta. A geleia foi envasada a 90°C em frascos esterilizados e armazenada em temperatura ambiente.

Produção dos iogurtes de leite de búfala adicionados de subprodutos de jambo-vermelho

Os iogurtes de leite de búfala foram elaborados seguindo a metodologia descrita por Menezes et al. (2022), com adaptações. O leite adicionado de 80g/L de açúcar foi aquecido a 45°C para inoculação das culturas starter (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) e probiótica (*Lactocaseibacillus casei*), nas proporções de 0,4 g/L e 0,1g/L, respectivamente. A fermentação em estufa bacteriológica (Fanem®) ocorreu a 45°C $\pm$ 2°C por aproximadamente 4 horas, monitorando-se pH e acidez até atingir pH 4,6 e acidez titulável acima de 65° Dornic, correspondendo a aproximadamente 0,65% de ácido láctico, conforme a unidade adotada pela legislação vigente (IN nº 76/2018 - MAPA). Após a fermentação, os iogurtes foram refrigerados a 4°C $\pm$ 1°C para interromper o processo fermentativo e homogeneizados manualmente para quebra do coágulo. Os produtos de jambo-vermelho foram adicionados respeitando o limite de 30% de ingredientes não-lácteos em iogurtes (BRASIL, 2007), gerando quatro formulações distintas: iogurte probiótico controle (IC), iogurte probiótico com 100g de geleia de polpa (IG), iogurte probiótico com 20 g de farinha de sementes (IF), e iogurte probiótico com 100 g de geleia e 20 g de farinha (IGF). Os iogurtes foram então homogeneizados e armazenados sob refrigeração (4°C).

Caracterização físico-química dos iogurtes

Os iogurtes foram avaliados quanto ao total de proteína, lipídeos, carboidratos, umidade, resíduo mineral fixo, pH e acidez titulável, conforme metodologia recomendada pela AOAC (2016). O valor energético (kcal/100g) foi calculado utilizando 4 kcal/g para proteínas e carboidratos e 9 kcal/g para lipídeos. O percentual de sinérese foi calculado após centrifugação (2000 rpm/20 min) de 5g de cada formulação para separação do soro (MEENA et al., 2022), utilizando a equação: (peso do soro pós centrifugação/peso do iogurte) x 100.

Viabilidade do *Lactocaseibacillus casei* nos iogurtes produzidos

O crescimento e a viabilidade de *L. casei* nos iogurtes foram avaliados nos tempos 0, 1, 2, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de armazenamento sob refrigeração.

A contagem seguiu a metodologia descrita por Menezes et al. (2022) com adaptações, utilizando a técnica de semeadura em placa (*pour plate*) com meio de cultura ágar-MRS (Merck ®). As amostras foram preparadas por diluição seriada e alíquotas de 1 mL foram transferidas para placas de Petri, nas quais foi adicionado 20 mL de ágar-MRS. Após solidificação, as placas foram incubadas a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 72 horas em estufa BOD (Tecnal ®), na ausência de oxigênio. A quantificação das colônias típicas de *L. casei* foi realizada com contador mecânico de colônias (Phoenix Luferco ®), expressando a concentração bacteriana como log UFC/mL.

AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS IOGURTES

Extração dos compostos fenólicos

Amostras de cada formulação de iogurte (5 g) foram pesadas em tubos Falcon e homogeneizadas com 5 mL de metanol/água (85:15, v/v) em agitador magnético durante 20 minutos. O resíduo obtido foi submetido ao mesmo processo de extração por mais duas vezes, totalizando três ciclos de extração, equivalente a 60 minutos de extração (CAETANO et al., 2009). As soluções obtidas nos três ciclos foram combinadas e o seu volume foi ajustado para 100 mL. Os extratos foram acondicionados em recipientes âmbar e mantidos sob refrigeração até o momento das análises posteriores.

Determinação de compostos fenólicos e flavonoides

O teor total de compostos fenólicos e taninos na farinha foi quantificado pelo método de Folin-Ciocalteu (LI et al., 2008). O extrato hidrometanólico (20 µL) de cada iogurte foi misturado com 100 µL do reagente Folin-Ciocalteu (1:10) e incubado por 3 minutos no escuro, seguido da adição de 80 µL de solução de carbonato de sódio (75 g/L) e incubação adicional por 120 minutos no escuro. As leituras de absorbância foram feitas a 735 nm para fenólicos totais e a 725 nm para taninos, utilizando ácido gálico e ácido tânico como padrões, respectivamente. Os resultados foram expressos

como mg de GAE/100 g de iogurte para fenólicos e mg de TAE/100 g de iogurte para taninos.

O teor de flavonoides foi determinado conforme Woisky & Salatino (1998). O extrato (100 µL) de cada iogurte foi misturado com 10 µL de solução de cloreto de alumínio (2% em metanol) e incubado por 1 hora. A absorbância foi medida a 420 nm e os resultados expressos em mg de equivalente de quercetina (QE)/100 g de iogurte, com base em uma curva de calibração de quercetina (10-60 µg/mL).

Atividade antioxidante dos iogurtes

A atividade antioxidante foi determinada pelos métodos DPPH, FRAP e CAT. A atividade sequestrante de radicais DPPH foi analisada conforme Brand-Williams, Cuvelier & Berset (1995), com modificações para análise em microplacas. Inicialmente obteve-se um extrato com concentração de 1mg/mL. Posteriormente, 40 µL do extrato foram adicionados a uma microplaca, seguidos de 250 µL de solução metanólica de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (0,1 mM) e deixados por 30 minutos no escuro em temperatura ambiente (25°C). C). A absorbância foi medida em espectrofotômetro (BioTek®, µQuant, Wenooski, EUA) a 517 nm, utilizando solução controle (DPPH 0,1 mM) e branco (metanol). A porcentagem de eliminação de radicais livres foi calculada seguindo a equação: Eliminação de radicais livres (SRL) (%) = $\frac{A_c - A_a}{A_c} \times 100$, A_c correspondendo à absorbância do controle (metanol) e A_a à absorbância do extrato.

O ensaio FRAP seguiu o método de Benzie & Strain (1996), com modificações. O reagente FRAP (200 µL) foi misturado com o extrato (27 µL) diluído para 1 mg/mL. A solução foi agitada e incubada a 37°C em sala escura por 30 minutos e a absorbância foi lida a 593 nm. O ácido ascórbico foi utilizado como padrão na faixa de 30 a 300 mg/L. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido ascórbico (AAE)/100 g de iogurte.

A capacidade antioxidante total (CAT) foi determinada conforme Prieto et al. (1999), em triplicata. Inicialmente, em 0,1 mL de cada extrato de iogurte diluído em metanol (1 mg/mL), foi adicionado 1 mL da solução reagente de fosfomolibdênio (60mL de ácido sulfúrico, 498 mg de fosfato de sódio e 494 mg de molibdato de amônia). A solução foi incubada a 95°C por 90 minutos antes da leitura em 695 nm de absorbância. O padrão utilizado foi o ácido ascórbico (1 mg/mL). O resultado foi expresso em percentual de capacidade antioxidante total, calculado pela seguinte

equação: $(ABE - ABC)/(ABAA - ABC) \times 100$, onde ABE corresponde à absorbância do extrato, ABC, à absorbância do controle (solução de fosfomolibdênio), e ABAA, a absorbância do padrão (ácido ascórbico).

ANÁLISE SENSORIAL DOS IOGURTES

Foram aplicados os testes de aceitação e intenção de compra, com uma amostra de 102 julgadores não treinados, de ambos os sexos, maiores de 18 anos, recrutados de forma aleatória, após aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil; Número de protocolo: 6.746.328). Os iogurtes foram produzidos no dia anterior aos testes e armazenados em jarros de vidro esterilizados previamente. Foram oferecidos aos julgadores, uma amostra de 20 mL de cada formulação de iogurte, dispostos de forma balanceada em copos plásticos brancos, codificados aleatoriamente com números de três dígitos, além de água em temperatura ambiente e as fichas de análise.

Para o teste de aceitação, os provadores foram instruídos a analisar aparência, cor, consistência, aroma, sabor e avaliação global, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). Para a intenção de compra, uma escala hedônica de 5 pontos foi empregada (1 = jamais compraria; 3 = tenho dúvidas se compraria 5 = certamente compraria). A preferência entre as amostras foi conduzida segundo delineamento de ordenação em blocos casualizados, empregando-se o teste de ordenação/preferência, com notas variando de 1 (amostra mais preferida) a 4 (amostra menos preferida).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Os valores de diferentes parâmetros foram expressos em média $\pm$ desvio padrão. Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, admitindo-se um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$). Os dados foram analisados através do software GraphPadPrism7® (GraphPad Software Inc. La Jolla, EUA). Os dados de aceitação e intenção de compra da análise sensorial foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

para a comparação entre as médias, e processados no software PAST – Paleontological Statistics®, versão 4.03. O teste de ordenação-preferência teve seus valores obtidos da tabela proposta por Christensen et al. (2006), calculadas as diferenças entre os totais de ordenação e feita a comparação de cada uma com o valor da tabela.

Resultados e Discussão

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DOS PRODUTOS DE JAMBO-VERMELHO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS, BIOATIVAS E SENSORIAIS DOS IOGURTES

Composição físico-química dos iogurtes

Os resultados da composição nutricional (Tabela 1) e dos parâmetros de sinérese, pH e acidez (Figuras 1 e 2) dos iogurtes de leite de búfala adicionados de jambo-vermelho demonstram que todas as formulações elaboradas apresentam características esperadas para iogurtes, como alto teor proteico classificados como “com creme” devido ao teor de lipídeos (BRASIL, 2007).

Tabela 1: Características físico-químicas dos iogurtes produzidos

Parâmetros	Formulações dos iogurtes			
	IC	IG	IF	IGF
Umidade (g/100g)	78,51 ± 0,51 ^a	75,08 ± 0,12 ^b	77,93 ± 0,03 ^a	75,73 ± 0,14 ^a
Cinzas (g/100g)	0,74 ± 0,01 ^a	0,84 ± 0,02 ^b	0,88 ± 0,27 ^b	1,12 ± 0,01 ^c
Proteína (g/100g)	4,3 ± 0,16 ^a	3,64 ± 0,08 ^b	3,62 ± 0,02 ^b	3,2 ± 0,43 ^c
Lipídeos (g/100g)	7,59 ± 0,02 ^a	7,54 ± 0,04 ^a	7,52 ± 0,10 ^a	7,55 ± 0,11 ^a
Carboidratos (g/100g)	8,86 ± 0,04 ^a	12,97 ± 0,13 ^b	10,05 ± 0,20 ^c	12,40 ± 0,28 ^b
Valor Energético (kcal/100g)	120,95	134,30	122,36	130,35

Valores em triplicata, expressos em média ± desvio padrão.

Médias e desvio-padrão com diferentes letras na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Formulações: IC (iogurte controle), IG (iogurte com geleia), IF (iogurte com farinha), IGF (iogurte com geleia e farinha).

Umidade

Ingredientes com alta osmolaridade, como geleias, e ricos em fibras, como farinhas de sementes de frutas, podem alterar a umidade final de iogurtes devido à interação destes ingredientes com as moléculas de água (MORAIS et al., 2024). Os iogurtes adicionados de produtos de jambo-vermelho apresentaram teor de umidade inferior ao do iogurte controle (78,51 ± 0,51) (Tabela 1).

A inclusão de geleias em iogurtes tende a reduzir a umidade do produto, devido à alta concentração de sólidos solúveis presentes na geleia (BEZERRIL et al., 2021). A presença de solutos, como açúcares simples e polissacarídeos nas geleias leva a uma diminuição da água livre disponível, reduzindo seu teor de umidade (MORAIS et al., 2024). Não foi identificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre a umidade do iogurte IC e o valor encontrado no iogurte IF (77,93 ± 0,03) (Tabela 1). De acordo com Pérez-Chabela et al. (2022), farinhas de sementes ou cascas de frutas, que apresentam alto teor de fibras, têm a capacidade de reter água livre na forma de gel,

contribuindo assim, para a manutenção da umidade do iogurte. Esta redução de umidade pode ser benéfica, pois prolonga a vida útil, melhora a estabilidade e previne a separação do soro, favorecendo a aceitação pelo consumidor (SAFDARI et al., 2021).

Cinzas

O resíduo mineral fixo, ou cinzas, nos iogurtes produzidos variou entre 0,74 e 1,12 g/100g (Tabela 1). De acordo com Moraes et al. (2024), o conteúdo mineral presente nas farinhas de sementes e nas geleias de frutas exerce um impacto direto nas cinzas dos iogurtes. As diferenças nos valores observados entre as várias formulações são atribuídas à adição dos produtos de jambo-vermelho, que são ricos em minerais como cálcio, potássio, ferro e magnésio (FERREIRA et al., 2022).

Proteínas

A composição nutricional dos iogurtes produzidos apresentou valores de proteína variando entre 4,3 e 3,2 g/100g, com redução significativa ($p < 0,05$) nos iogurtes contendo produtos de jambo-vermelho em comparação ao controle (Tabela 1). Essa diminuição pode estar relacionada à diluição da matriz láctea pela adição de componentes vegetais, naturalmente pobres em proteína (SILVA et al., 2023). De toda forma, os iogurtes elaborados mantiveram teores de proteína acima do que exige a legislação brasileira para iogurtes ($> 2,9$ g/100g) (BRASIL, 2007). Resultados semelhantes foram observados em estudos com a adição de produtos de uva Isabel (*Vitis labrusca* L.) em iogurtes caprinos e geleia de açaí (*Euterpe oleracea*) em iogurtes de leite de búfala (SILVA et al., 2021; SILVA et al., 2023).

Lipídeos

A gordura constitui a maior fração de sólidos totais presentes no leite de búfala, o que explica o elevado teor lipídico dos iogurtes produzidos a partir desse tipo de leite (HUANG et al., 2020). Além disso, o elevado teor de lipídeos não afeta a atividade de água, o pH ou a viabilidade bacteriana de iogurtes, tornando o leite de búfala uma base adequada para obtenção de produtos fermentados (MOHSIN et al., 2022). A incorporação de produtos de jambo-vermelho, conhecidos por serem naturalmente pobres em gordura, não apresentou impacto significativo ($p > 0,05$) no teor lipídico dos iogurtes (Tabela 1). Adicionalmente, os iogurtes elaborados devem ser classificados

como “integrais”, conforme os critérios estabelecidos pela legislação brasileira, que define esse termo para produtos lácteos com teor de lipídeos entre 3 e 5,9% (BRASIL, 2007).

Carboidratos

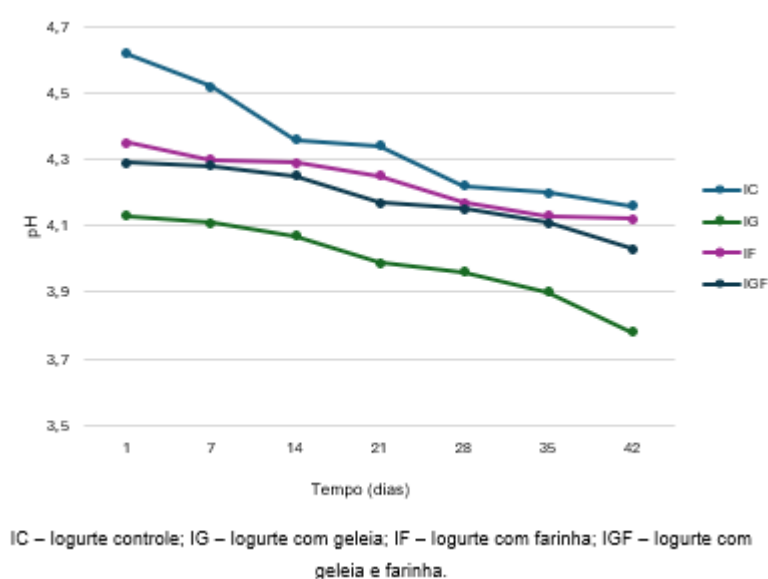
O teor de carboidratos dos iogurtes produzidos variou entre 8,86 e 12,97 g/100g, com os iogurtes IG e IGF apresentando os maiores valores, atribuídos à adição da geleia de jambo-vermelho, rica em açúcares, após a fermentação (Tabela 1). Essa observação é corroborada pelos trabalhos de Bezerril et al. (2021), que adicionaram geleia de xique-xique em iogurtes caprinos; Silva et al. (2021), que incorporaram geleia de açaí em iogurtes de leite de búfala; e Honesová et al. (2024), que acrescentaram geleias de groselha e sabugueiro em iogurtes de leite bovino.

pH, acidez titulável e sinérese

pH e acidez

Foi observada uma diminuição nos valores de pH dos iogurtes produzidos ao longo de 42 dias de armazenamento sob refrigeração, conforme apresentado na Figura 1.

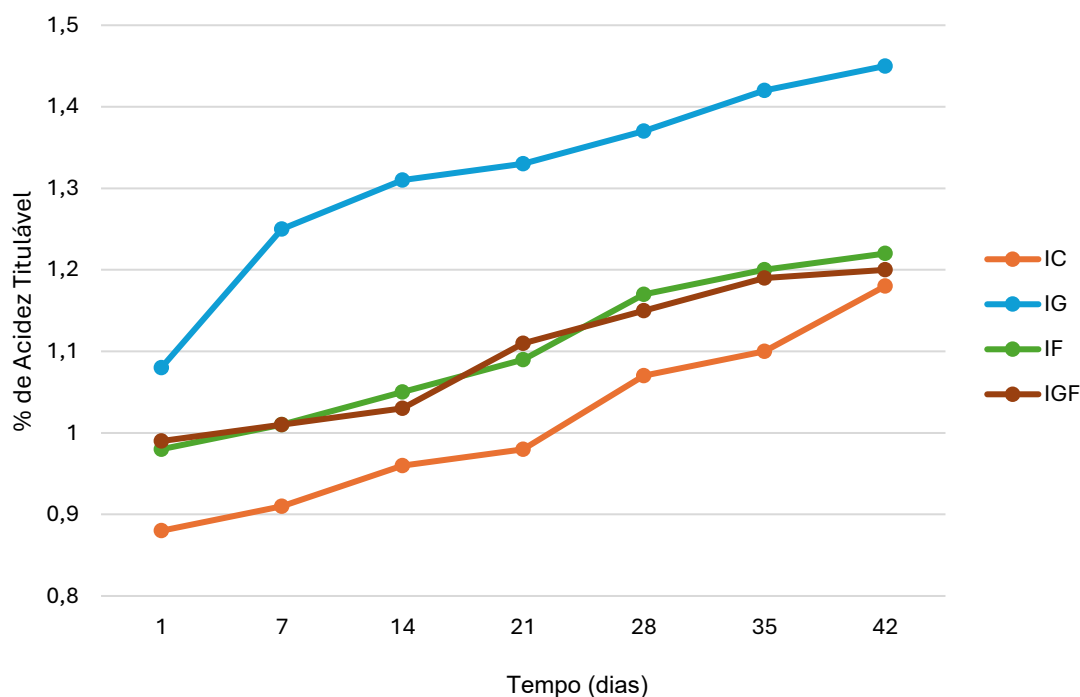
Figura 1: Variação do pH dos iogurtes em armazenamento refrigerado (4-8°C) ao longo de 42 dias



O pH das formulações apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos ao longo do tempo. A formulação IC registrou o maior pH inicial, mas exibiu uma redução consistente ao longo do período de armazenamento. Por outro lado, a formulação IG manteve o menor pH em todos os dias analisados. Já as formulações IF e IGF apresentaram comportamentos intermediários, com variações mínimas durante o armazenamento (Figura 1).

A acidez dos iogurtes acompanhou o declínio do pH ao longo do tempo (Figura 2). A formulação IG apresentou os maiores valores de acidez desde o primeiro dia até o final do armazenamento, enquanto a formulação IC se destacou como a menos ácida, com diferença significativa ($p < 0,05$). Já as formulações IF e IGF mostraram níveis de acidez semelhantes, sem variações expressivas entre elas.

Figura 2: Variação no percentual de acidez titulável dos iogurtes em armazenamento refrigerado (4-8°C) ao longo de 42 dias



IC – iogurte controle; IG – iogurte com geleia; IF – iogurte com farinha; IGF – iogurte com geleia e farinha.

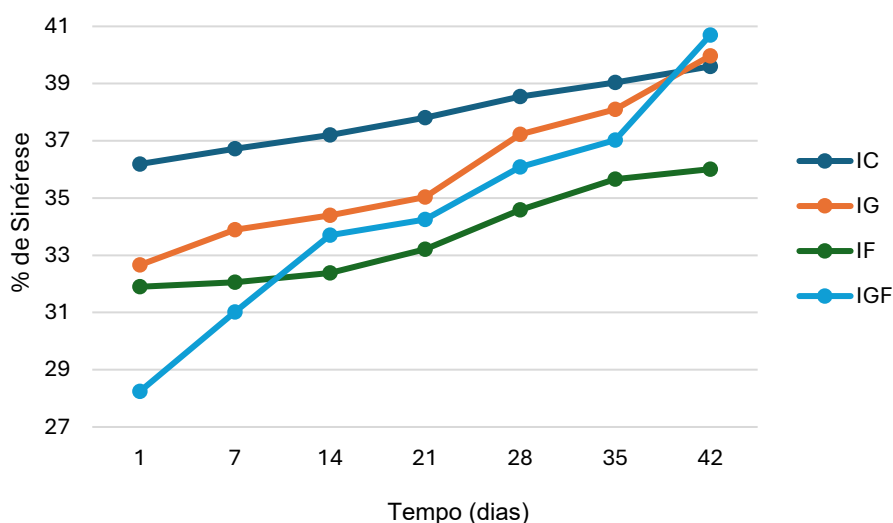
De acordo com Agkun et al. (2016), a acidificação do meio ocorre devido à ação das bactérias ácido-láticas adicionadas ao leite, que reduzem o pH desde os estágios iniciais de fermentação até o armazenamento refrigerado. A produção de ácidos orgânicos, especialmente o ácido lático, pela cepa probiótica, como resultado da degradação da lactose e outros açúcares, também contribui para a redução do pH (SILVA et al., 2022; MORAIS et al., 2024). Medeiros et al. (2015) destacam que o leite de búfala apresenta maior resistência a variações de pH, resultando em um aumento da acidez mais lento e progressivo durante a fermentação.

Segundo Silva et al. (2024), esse comportamento é esperado em iogurtes adicionados de farinha de resíduos de frutas, pois o ambiente torna-se mais favorável para a fermentação das bactérias ácido-láticas, aumentando a produção de metabólitos ácidos. Pérez-Chabela et al. (2020) relatam que coprodutos de frutas e hortaliças tendem a estimular o crescimento de bactérias ácido-láticas em iogurtes, mantendo o aumento da acidez. Moraes et al. (2024) explicam que os ácidos naturalmente presentes nas frutas podem justificar o aumento da acidez em iogurtes enriquecidos com geleias. Essas alterações estão de acordo com os estudos de Khorshidian et al. (2020), Pérez-Chabela et al. (2020), Bezerril et al. (2021), Dantas et al. (2022) e Silva et al. (2023).

Sinérese

Embora a legislação brasileira não estabeleça parâmetros específicos para sinérese em iogurtes, estima-se que percentuais de separação do soro inferiores a 39% sejam considerados satisfatórios (REVERS et al., 2016). Ao longo dos 42 dias de armazenamento, foram observadas variações nos valores de sinérese entre as formulações produzidas, como visto na Figura 3.

Figura 3: Variações no percentual de sinérese dos iogurtes em armazenamento refrigerado (4-8°C) ao longo de 42 dias



IC – iogurte controle; IG – iogurte com geleia; IF – iogurte com farinha; IGF – iogurte com geleia e farinha.

Entre os dias 1 e 35 de armazenamento, a formulação IC apresentou um desempenho inferior em termos de retenção de água, exibindo maior sinérese em comparação com as outras formulações, que não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$) durante o período. A partir do dia 28 até o dia 35, as formulações IC e IG mantiveram uma sinérese significativamente mais alta do que IF e IGF, indicando que estas últimas preservam melhor a estabilidade na retenção de água. Segundo Wang et al. (2022), as fibras solúveis presentes nas farinhas de sementes de frutas têm a capacidade de se ligar às moléculas de água, formando um gel que aumenta a viscosidade do iogurte e reduz a sinérese.

Os dados apresentados neste estudo são consistentes com os achados de Amal et al. (2016), Chakraborty et al. (2019) e Safdari et al. (2021), que também notaram redução na sinérese após a adição de produtos de mamão papaia, maçã e banana, respectivamente, em comparação com iogurtes controle, como visto nas formulações IG, IF e IGF.

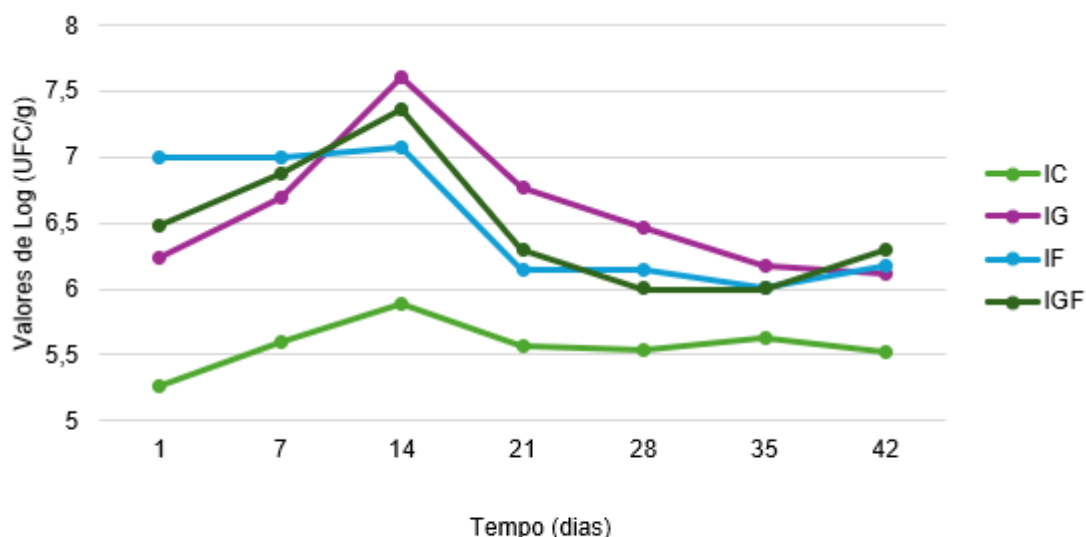
No último dia de armazenamento (dia 42), com exceção de IF, todas as formulações apresentaram percentual de sinérese acima dos 39% esperados como satisfatórios, sugerindo uma possível perda de estabilidade no final do período de armazenamento. Morais et al. (2024) acreditam que o aumento da sinérese ao fim do

armazenamento pode ser atribuído a mudanças estruturais na matriz do iogurte, envolvendo interações entre as redes proteicas de caseína e os açúcares e outros compostos presentes em geleias e farinhas de sementes. Já Gomes et al. (2022) acrescentam que a metabolização dos açúcares por bactérias probióticas, como o *Lactocaseibacillus casei*, pode intensificar a sinérese e reduzir a capacidade do iogurte de reter água em longos períodos de armazenamento.

Viabilidade das bactérias ácido-láticas

Conforme Silva et al. (2022), as bactérias ácido-láticas continuam o seu crescimento durante o armazenamento de iogurtes, sendo a quantidade de células viáveis no momento do consumo um fator crucial para os benefícios nutricionais atribuídos a esses produtos. O efeito da adição de derivados de jambo-vermelho sobre o microrganismo probiótico foi monitorado ao longo de 42 dias de armazenamento sob refrigeração. Os dados referentes à contagem de células viáveis de *Lactocaseibacillus casei* encontram-se apresentados na Figura 4.

Figura 4: Viabilidade do *Lactocaseibacillus casei* nos iogurtes de búfala adicionados de geleia de polpa e farinha de sementes de jambo-vermelho durante armazenamento refrigerado.



IC – iogurte controle; IG – iogurte com geleia; IF – iogurte com farinha; IGF – iogurte com geleia e farinha.

A contagem de células viáveis de *Lactobacillus casei* apresentou um pico de crescimento probiótico em todas as formulações no 14º dia de armazenamento (Figura 4). De acordo com Menezes et al. (2022), nas primeiras semanas de armazenamento, as condições nutricionais e ambientais na matriz láctea atingem seu ponto ideal, influenciadas pela temperatura de refrigeração ($< 10^{\circ}\text{C}$) e pela acidez do meio, o que favorece o crescimento das bactérias probióticas.

Após a segunda semana, foi observado um declínio na contagem probiótica em todas as formulações, com redução significativa ($p < 0,05$) nas formulações IG, IF e IGF. Esse decréscimo coincide com a diminuição do pH e o consequente aumento da acidez do meio. Maleki et al. (2021) relatam que o número de bactérias probióticas diminui significativamente durante o armazenamento refrigerado, especialmente em condições de maior acidez. Além disso, culturas não probióticas, como *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* contribuem para a redução de *L. casei*, especialmente nas fases finais de armazenamento (VAREDESARA et al., 2021).

Todas as formulações contendo produtos de jambo-vermelho mantiveram concentrações superiores a 6 Log UFC/g ao longo dos 42 dias de armazenamento, atingindo o nível necessário para que alimentos funcionais com probióticos ofereçam benefícios à saúde do consumidor (SHORI et al., 2022). A incorporação de geleia e farinha aos iogurtes reduziu a taxa de declínio do probiótico durante o armazenamento. Segundo Meybodi et al. (2020), polpas de frutas e farinhas de sementes atuam como agentes protetores e tamponantes, promovendo a sobrevivência das bactérias probióticas ao reduzir os efeitos das variações de pH e acidez.

OH et al. (2015) destacam que os compostos fenólicos presentes no jambo-vermelho estimulam o crescimento e a sobrevivência de bactérias probióticas, enquanto Silva et al. (2020) enfatizam que a frutose e as fibras presentes nesses produtos servem como substratos fermentáveis, favorecendo o desenvolvimento dos probióticos.

Os resultados deste estudo corroboram as observações de Silva et al. (2022), que relataram uma redução mais lenta na contagem de *L. acidophilus* em iogurtes enriquecidos com farinha de uva Isabel, evidenciando melhor preservação da viabilidade probiótica na presença de produtos derivados de frutas. Esses achados

também estão alinhados com o estudo de Varedesara et al. (2021), que observaram maior estabilidade e redução mais lenta na viabilidade de *L. casei* em iogurtes adicionados de farinha de sementes de uva.

Nesse contexto, Tyutkov et al. (2022) destacam que a adição de prebióticos constitui uma estratégia tecnológica eficaz para aumentar a resistência dos probióticos durante o armazenamento.

Avaliação do teor de compostos bioativos e atividade antioxidante dos iogurtes

A atividade antioxidante dos iogurtes produzidos foi avaliada por meio dos métodos DPPH, FRAP e CAT (Tabela 2). Essa atividade está associada à capacidade de inibir processos oxidativos induzidos por espécies reativas de oxigênio (EROs), que, em altas concentrações, podem desencadear estresse oxidativo, fenômeno com implicações negativas tanto para a saúde humana quanto para a estabilidade e vida útil de alimentos (MATEŞ et al., 2024).

Inicialmente, observa-se um aumento gradual nos valores obtidos pelos três métodos analisados, à medida que o teor de compostos bioativos nos iogurtes aumentou, evidenciando uma correlação positiva entre a concentração desses compostos e a atividade antioxidante (ZHANG et al., 2023).

Tabela 2: Atividade antioxidante e compostos bioativos dos iogurtes de leite de búfala adicionados de produtos de jambo-vermelho

Parâmetros	Formulações			
	IC	IG	IF	IGF
Compostos fenólicos totais (mg EAG/100g)	151,59 ± 0,01 ^a	170,88 ± 0,02 ^a	231,11 ± 0,00 ^b	310,70 ± 0,10 ^c
Taninos (mg EAT/100g)	138,53 ± 0,03 ^a	165,48 ± 0,02 ^a	188,37 ± 0,00 ^b	230,85 ± 0,01 ^b
Flavonoides (mg EQ/100g)	40,50 ± 0,01 ^a	59,45 ± 0,00 ^a	245,33 ± 0,04 ^b	278,53 ± 0,00 ^b
DPPH (% de SRL)	11,90 ± 0,10 ^a	13,83 ± 0,03 ^a	41,10 ± 0,02 ^b	46,20 ± 0,03 ^b
FRAP (mg EAA/100g)	8,54 ± 0,01 ^a	66,55 ± 0,06 ^b	120,12 ± 0,22 ^c	168,53 ± 0,14 ^c

CAT (% de CAT)	38,53 ± 0,05 ^a	39,73 ± 0,05 ^a	47,61 ± 0,03 ^b	58,76 ± 0,08 ^b
----------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Valores em triplicata, expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença em nível de 5% de significância. IC = iogurte controle; IG = iogurte com geleia; IF = iogurte com farinha; IGF = iogurte com geleia e farinha. EAG = equivalente de ácido gálico; EAT = equivalente de ácido tânico; EQ = equivalente de quercetina; SRL = sequestro de radical livre; EAA = equivalente de ácido ascórbico; CAT = capacidade antioxidante total.

As diferenças observadas nos resultados entre os métodos de determinação da atividade antioxidante neste estudo podem ser atribuídas aos mecanismos distintos envolvidos em cada um deles, uma vez que sofrem influência de fatores como a biodisponibilidade e/ou a estrutura de compostos fenólicos no iogurte (LANG et al., 2024).

Os resultados obtidos para a formulação IGF apresentaram valores significativamente maiores ($p < 0,05$) em comparação com as outras formulações, para todos os métodos analisados. Essa diferença pode ser explicada pela maior concentração de compostos fitoquímicos oriundos da geleia e da farinha presentes nesta formulação (SILVA et al., 2023).

Por outro lado, a atividade antioxidante observada na formulação IC, sem produtos de jambo-vermelho, pode ser atribuída aos peptídeos bioativos derivados das proteínas do leite, liberados durante o processo de fermentação. Além disso, contribuem para essa atividade as vitaminas A e E, bem como enzimas como a glutathione peroxidase, catalase e superóxido dismutase (VÁZQUEZ et al., 2015; EL-SAADONY et al., 2021). De acordo com Akan (2022), a atividade proteolítica estimulada pela presença de *Lactocaseibacillus casei* durante a fermentação dos iogurtes resulta na liberação de aminoácidos livres, que, por sua vez, formam peptídeos bioativos antioxidantes.

O teor de compostos fenólicos totais, taninos e flavonoides foi significativamente maior ($p < 0,05$) na formulação IGF em comparação com as demais formulações de iogurte. Esse resultado pode ser atribuído à maior concentração desses compostos na semente e na casca do jambo-vermelho.

Embora se observe uma perda significativa de compostos fenólicos devido à exposição ao calor durante o processamento de geleias, a extensão dessa redução é influenciada por diversos fatores como a combinação tempo-temperatura, a

composição química e a estrutura celular das frutas utilizadas. Enquanto Gao et al. (2022) afirmam que os flavonoides são os compostos mais vulneráveis ao processamento térmico em produção de geleias, Marsiglia et al. (2023) sugerem que há uma pequena estabilidade térmica nos compostos fenólicos, especialmente nos taninos, presentes em frutos da família Myrtaceae.

Conforme já reportado e discutido nesta tese, a farinha de sementes de jambo-vermelho é um coproduto rico em compostos bioativos. Omojufehinsi et al. (2024) destacam o potencial funcional da casca e da polpa do jambo-vermelho, devido à presença de flavonoides, fenóis, proantocianinas e taninos. Esse fato é corroborado por Nunes et al. (2016), que afirmam que a casca e polpa do jambo-vermelho contêm uma quantidade maior de compostos bioativos do que outros frutos da família Myrtaceae.

Besharati et al. (2022) afirmam que os taninos presentes nas pastagens consumidas por animais ruminantes, como as búfalas, podem ser metabolizados e encontrados no leite desses animais, conferindo um potencial bioativo a mais a esse produto e seus derivados. Da mesma forma, Vázquez et al. (2015), analisaram leites de diferentes espécies animais (bovino, caprino e ovino) e constataram a presença de compostos fenólicos provenientes da dieta desses animais.

No entanto, esses achados são controversos e exigem mais estudos para determinar os níveis de compostos fenólicos no leite e derivados de diferentes espécies animais, bem como os possíveis efeitos benéficos à saúde.

Análise sensorial dos iogurtes

Os resultados dos testes de aceitação sensorial e intenção de compra dos iogurtes estão expostos na Tabela 3.

Os maiores valores foram observados nas formulações IC (iogurte controle), IG (iogurte com geleia) e IGF (iogurte com geleia e farinha) situando-as entre as categorias de aceitação sensorial “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” e entre as opções de intenção de compra “tenho dúvidas se compraria” e “provavelmente compraria”.

Tabela 3: Valores médios da aceitação sensorial e intenção de compra dos iogurtes de leite de búfala adicionados de produtos de jambo-vermelho

Parâmetros	Formulações dos iogurtes			
	IC	IG	IF	IGF
Aparência	7,45 ± 1,43 ^a	7,39 ± 1,40 ^{ab}	6,81 ± 1,95 ^b	6,94 ± 1,70 ^{ab}
Cor	7,29 ± 1,48 ^a	7,34 ± 1,38 ^{ab}	6,71 ± 1,93 ^{ac}	6,87 ± 1,72 ^a
Consistência	6,75 ± 1,58 ^a	6,85 ± 1,60 ^a	6,50 ± 2,01 ^a	7,11 ± 1,67 ^a
Aroma	6,74 ± 1,77 ^a	6,71 ± 1,64 ^a	6,87 ± 1,44 ^a	6,88 ± 1,55 ^a
Sabor	6,97 ± 1,68 ^a	7,29 ± 1,55 ^{ac}	5,30 ± 2,40 ^b	6,53 ± 2,04 ^{ad}
Avaliação				
Global	7,19 ± 1,46 ^a	7,43 ± 1,25 ^{ac}	5,90 ± 2,06 ^b	6,79 ± 1,62 ^{ad}
Intenção de				
Compra	3,88 ± 1,01 ^a	4,02 ± 0,88 ^a	2,76 ± 1,26 ^b	3,50 ± 1,06 ^c

Valores expressos em média ± desvio padrão.

Médias e desvio-padrão com diferentes letras na mesma linha diferem estatisticamente entre si a 5%.

IC (iogurte controle), IG (iogurte com geleia), IF (iogurte com farinha), IGF (iogurte com geleia e farinha).

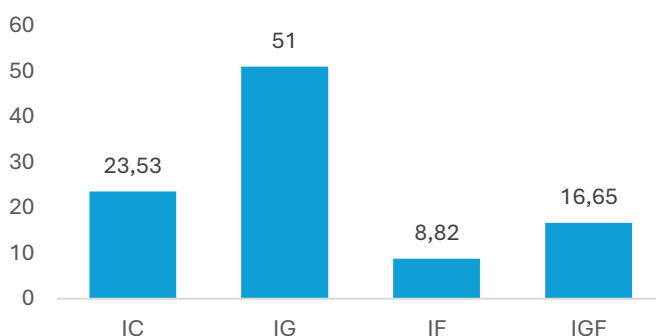
Nos parâmetros “aparência” e “cor”, a formulação IF foi a única que apresentou nota significativamente menor ($p < 0,05$) em relação ao controle (IC) e ao iogurte com geleia (IG). No entanto, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os demais tratamentos. De acordo com De Bruyne e Hekmat (2024), a utilização de farinhas amarronzadas em iogurtes pode comprometer a atratividade visual do produto para os consumidores, uma vez que o iogurte é tradicionalmente associado a uma coloração branca.

Para os critérios “consistência” e “aroma”, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as formulações. Entretanto, nos atributos “sabor” e “avaliação global”, a formulação IF obteve a menor pontuação em comparação com as demais. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para ambos os parâmetros. A formulação IGF, apesar da adição da farinha de sementes, apresentou notas superiores às da IF, sugerindo que a inclusão da geleia de polpa contribuiu para a melhora desses atributos. Segundo Honesová et al. (2024), a adição de geleias de frutas ao iogurte altera o perfil sensorial do produto devido à sua doçura característica, tornando-o mais familiar ao paladar dos consumidores, aproximando-se dos sabores que eles estão habituados a consumir.

Os resultados da ordenação de preferência geral indicaram que as formulações IC e IG foram as mais apreciadas pelos provadores, em comparação com as formulações IF e IGF. O Teste de Friedman revelou uma diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). Além disso, a Tabela de Christensen et al. (2006) confirmou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras IC e IG, bem como entre IF e IGF.

Ao considerar apenas a formulação mais preferida pelos provadores, ou seja, aquela classificada em 1º lugar no teste, a formulação IG apresentou o maior percentual (51%), seguida por IC (23,53%), IGF (16,65%) e IF (8,82%) (Figura 5).

Figura 5: Frequência (%) das formulações de iogurte de leite de búfala adicionadas de produtos de jambo-vermelho no teste de ordenação-preferência na 1ª colocação (mais preferida).



IC – iogurte controle; IG – iogurte com geleia; IF – iogurte com farinha; IGF – iogurte com geleia e farinha.

Os resultados do teste de ordenação-preferência reforçam a relação entre a aceitação sensorial e a escolha dos provadores. Conforme apresentado na Tabela 3, a amostra IF obteve os menores índices de sabor e aceitação global, o que impactou diretamente sua classificação na ordenação de preferência. Por outro lado, o iogurte adicionado de geleia, que apresentou os maiores valores para esses atributos, foi o mais bem avaliado, superando inclusive o iogurte controle. Esses achados indicam que a adição de geleia contribuiu positivamente para a aceitação e preferência do produto.

A adição dos produtos de jambo-vermelho ao iogurte de leite de búfala pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a aceitação desse produto entre consumidores que ainda não estão habituados ao consumo de derivados lácteos de búfala, especialmente os fermentados. Além de aprimorar o perfil nutricional e bioativo dos iogurtes, essa abordagem contribui para melhorias sensoriais, como sabor, consistência e coloração. Dessa forma, a incorporação dos produtos de jambo-vermelho não apenas amplia a atratividade dos iogurtes, mas também pode agregar valor ao produto, tornando-o mais competitivo no mercado (SALMAN et al., 2024; WAQAS et al., 2024).

CONCLUSÕES

Os iogurtes probióticos de leite de búfala adicionados de produtos de jambo-vermelho demonstraram elevado valor nutricional nas quatro formulações avaliadas. Além disso, apresentaram significativo potencial bioativo, evidenciado pela presença de compostos fenólicos totais, taninos e flavonoides, cujas propriedades antioxidantes forma confirmadas pelos resultados obtidos. Em relação à viabilidade probiótica, todas as formulações contendo produtos de jambo-vermelho mantiveram concentrações superiores a 6 Log UFC/g durante o armazenamento. A aceitação sensorial e a intenção de compra das formulações IG e IGF foram superiores às das formulações IC e IF, indicando que a adição da geleia de jambo-vermelho contribui positivamente para a percepção sensorial do iogurte.

Estes resultados são de grande relevância para a indústria de fermentados lácteos, pois demonstram uma nova alternativa de produção a partir do leite de búfala. A incorporação do probiótico *Lactobacillus casei* e dos produtos de jambo-vermelho resultou em um produto inovador, com alto valor agregado, possuindo características multifuncionais relacionadas à alta contagem de probióticos, além de notáveis propriedades bioativas e antioxidantes.

REFERÊNCIAS

AKAN, E. The Effect of Fermentation Time and Yogurt Bacteria on the Physicochemical, Microbiological and Antioxidant Properties of Probiotic Goat Yogurts. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 94, n. 3, p. 1-9, 2022.

- AKGUN, A., YAZICI, F., GULEC, H. A. The combined effect of probiotic cultures and incubation final pH on the quality of buffalo milk yogurt during cold storage. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 492-502, 21 dez. 2017.
- AMAL, A. M., EMAN, A. M. M.; ZIDAN, N. S. Fruit Flavored Yoghurt: Chemical, Functional and Rheological Properties. **International Journal of Environmental and Agriculture Research**, 2(5), 5766, 2016.
- ANTONOPOULOU, S., DETOPOULOU, M., FRAGOPOULOU, E., NOMIKOS, T., MIKELLIDI, A., YANNAKOULIA, M., KYRIACOU, A., MITSOU, E., PANAGIOTAKOS, D., ANASTASIOU, C. Consumption of yogurt enriched with polar lipids from olive oil by-products reduces platelet sensitivity against platelet activating factor and inflammatory indices: a randomized, double-blind clinical trial. **Human Nutrition & Metabolism**, [S.L.], v. 28, p. 200145, 2022.
- AOAC International – Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis** (20^a Ed.). AOAC International, Rockville, MD, EUA, 2016.
- BATISTA, A. G., SILVA, J. K., CAZARIN, C. B. B., BIASOTO, A. C. T., SAWAYA, A. C. H. F., PRADO, M. A., JÚNIOR, M. R. M. Red-jambo (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry): bioactive compounds in fruits and leaves. **LWT**, v. 76, p. 284-291, 2017.
- BATISTA, A. G., MENDONÇA, M. C. P., SOARES, E. S., SILVA-MAIA, J. K., DIONÍSIO, A. P., SARTORI, C. R., CRUZ-HOFLING, M. A., JÚNIOR, M. R. M. *Syzygium malaccense* fruit supplementation protects mice brain against high-fat diet impairment and improves cognitive functions. **Journal Of Functional Foods**, v. 65, p. 1-10, 2020.
- BATISTA, A. G., SILVA-MAIA, J. K., JÚNIOR, M. R. M. Bioactive Compounds of Red-Jambo Fruit (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.) Merr. & L.M. Perry). **Reference Series In Phytochemistry**, [S.L.], p. 395-407, 2020.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.
- BESHARATI, M.; MAGGIOLINO, A.; PALANGI, V.; KAYA, A.; JABBAR, M.; ESECELI, H.; PALO, P.; LORENZO, J. M. Tannin in Ruminant Nutrition: review. **Molecules**, [S.L.], v. 27, n. 23, p. 8273, 27 nov. 2022.
- BEZERRIL, F. F.; MAGNANI, M.; PACHECO, M. T. B.; SOUZA, M. F. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; LIMA, M. S.; BORGES, G. S. C.; OLIVEIRA, M. E. G.; PIMENTEL, T. C.; QUEIROGA, R. C. R. E. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. **LWT**, [S.L.], v. 139, p. 110512, mar. 2021.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, n. 281, n. 1, p. 25–30, 1995.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº46, de 23 de outubro de 2007. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2007.
- CAETANO, A. C. S.; MELO, E.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; ARAÚJO, C. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de Acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, 12(2), 155-160, 2009.
- CHAKRABORTY, C.; MUKHERJEE, S.; BISWAS, S. Evaluation of Rheological, Physicochemical, and Sensory properties of Apple fortified Yoghurt. **Indian Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 72, n. 1, p. 53-58, 28 fev. 2019.

- CHRISTENSEN, Z. T.; OGDEN, L. V.; DUNN, M. L.; EGGETT, D. L. Multiple comparison procedures for analysis of ranked data. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 2, 2006.
- COSTA, G. M., PAULA, M. M., BARÃO, C. E., KLOSOSKI, S. J., BONAFÉ, E. G., VISENTAINER, J. V., CRUZ, A. G., PIMENTEL, T. C. Yoghurt added with *Lactocaseibacillus casei* and sweetened with natural sweeteners and/or prebiotics: implications on quality parameters and probiotic survival. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 97, p. 139-148, 2019.
- DANTAS, D. L. S.; VIERA, V. B.; SOARES, J. K. S.; SANTOS, K. M. O.; EGITO, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, M. S.; MACHADO, N. A. F.; SOUZA, M. F. V.; CONCEIÇÃO, M. L. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. **LWT**, [S.L.], v. 158, p. 113165, mar. 2022.
- DEBRUYNE, A. N.; HEKMAT, S. The effects of fortification of yogurt with various functional flours on survival and growth of probiotic bacteria and sensory properties of the yogurt. **Nutrition & Food Science**, v. 54, n. 3, 2024.
- EL-SAADONY, M. T.; KHALIL, O. S. F.; OSMAN, A.; ALSHILAWI, M. S.; TAHA, A. E.; ABOELENIN, S. M.; SHUKRY, M.; SAAD, A. M. Bioactive peptides supplemented raw buffalo milk: biological activity, shelf life and quality properties during cold preservation. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, [S.L.], v. 28, n. 8, p. 4581-4591, ago. 2021.
- FAN, X., DU, L., XU, J., SHI, Z., ZHANG, T., JIANG, X., ZENG, X., WU, Z., PAN, D. Effect of single probiotics *Lactocaseibacillus casei* CGMCC1.5956 and *Levilactobacillus brevis* CGMCC1.5954 and their combination on the quality of yogurt as fermented milk. **LWT**, [S.L.], v. 163, p. 113530, 2022.
- FAZILAH, N. F.; ARIFF, A. B.; KHAYAT, M. E.; RIOS-SOLIS, L.; HALIM, M. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 48, p. 387-399, set. 2018.
- FERREIRA, S. L. C., JUNIOR, J. B. P., LEÃO, D. J., REIS, P. S., CHAGAS, A. V. B., SANTOS, L. O. Determination, and multivariate evaluation of the mineral composition of red jambo (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.)). **Food Chemistry**, v. 371, p. 131381, 2022.
- GAO, Y.; XIA, W.; SHAO, P.; WU, W.; CHEN, H.; FANG, X.; MU, H.; XIAO, J.; GAO, H. Impact of thermal processing on dietary flavonoids. **Current Opinion In Food Science**, [S.L.], v. 48, p. 100915, dez. 2022.
- GARAVAND, F., DALY, D. F. M., GOMEZ-MASCARAQUE, L. G. Biofunctional, structural, and tribological attributes of GABA-enriched probiotic yoghurts containing *Lactocaseibacillus paracasei* alone or in combination with prebiotics. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 129, p. 105348, 2022.
- GARCÍA-BURGOS, M., MORENO-FERNANDEZ, J., ALFÉREZ, J. M., DÍAZ-CASTRO, J., LÓPEZ-ALIAGA, I. New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 72, p. 104059, 2020.
- GOMES, E. R.; CARNEIRO, L. C. M.; STEPHANI, R.; CARVALHO, A. F.; RENHE, I. R. T.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F.; PERRONE, I. T. Effect of sugar reduction and addition of corn fibre and polydextrose on pore size and syneresis of yoghurt. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 129, p. 105298, jun. 2022.

- HONESOVÁ, S. J.; SAMKOVÁ, E.; DADÁKOVÁ, E.; HASOŇOVÁ, L.; JAROŠOVÁ, M.; REINDL, K.; BÁRTA, J. Effect of Skimmed Milk Powder and Fruit Jams Addition on the Physicochemical Characteristics of Yogurt. **Fermentation**, [S.L.], v. 10, n. 9, p. 462, 5 set. 2024.
- HUANG, R., WU, F., ZHOU, Q., WEI, W., YUE, J., XIAO, B., LOU, Z. *Lactobacillus* and intestinal diseases: mechanisms of action and clinical applications. **Microbiological Research**, [S.L.], v. 260, p. 127019, 2022.
- KHORSHIDIAN, N.; YOUSEFI, M.; MORTAZAVIAN, A. M. Fermented milk: the most popular probiotic food carrier. **Advances In Food And Nutrition Research**, [S.L.], p. 91-114, 2020.
- KROLOW, A. C. R. **Preparo artesanal de geleias e geleiadas**. Embrapa clima Temperado. Documentos, 138. 40 p., 2013.
- LANG, Y.; GAO, N.; ZANG, Z.; MENG, X.; LIN, Y.; YANG, S.; YANG, Y.; JIN, Z.; LI, B. Classification and antioxidant assays of polyphenols: a review. **Journal Of Future Foods**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 193-204, set. 2024.
- LI, H.; WONG, C.; CHENG, K.; CHEN, F. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 385-390, 2008.
- MAHMOUD, M. F., ABDELAAL, S., MOHAMMED, H. O., EL-SHAZLY, A. M., DAOUD, R., EL RAEY, M. A., SOBEH, M. *Syzygium jambos* extract mitigates pancreatic oxidative stress, inflammation and apoptosis and modulates hepatic IRS-2/AKT/GLUT4 signaling pathway in streptozotocin-induced diabetic rats. **Biomedicine & Pharmacology**, v. 142, p. 112085, 2021.
- MAIA, J. L., DANTAS, T. N. P., NETO, B. P. C., BORGES, K. C., LIMA, E. C., MATA, A. L. M. L., MEDEIROS, M. F. D., PEREIRA, C. G. Extract of spray-dried Malay apple (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry L.) skin. **Journal Of Food Process Engineering**, v. 42, n. 8, p. 1-9, 2019.
- MALEKI, M.; ARIALI, P.; SOLTANI, M. S. Fortifying of probiotic yogurt with free and microencapsulated extract of *Tragopogon Collinus* and its effect on the viability of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 3436-3448, 6 maio 2021.
- MARSIGLIA, W. I. M. L.; OLIVEIRA, L. S. C.; ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; SILVA NETO, J. M.; SANTIAGO, A. M.; MELO, B. C. A.; SILVA, F. L. H. Thermal stability of total phenolic compounds and antioxidant activities of jaboticaba peel: effect of solvents and extraction methods. **Journal Of The Indian Chemical Society**, [S.L.], v. 100, n. 5, p. 100995, maio 2023.
- MATES, L.; BANC, R.; ZAHARIE, F. A.; RUSU, M. E.; POPA, D. Mechanistic Insights into the Biological Effects and Antioxidant Activity of Walnut (*Juglans regia* L.) Ellagitannins: a systematic review. **Antioxidants**, [S.L.], v. 13, n. 8, p. 974, 10 ago. 2024.
- MEENA, L.; NEOG, R.; YASHINI, M.; SUNIL, C. K. Pineapple pomace powder (freeze-dried): effect on the texture and rheological properties of set-type yogurt. **Food Chemistry Advances**, [S.L.], v. 1, p. 100101, out. 2022.
- MEDEIROS, A. C., SOUZA, D. F., CORREIA, R. T. P. Effect of incubation temperature, heat treatment and milk source on the yoghurt kinetic acidification. **International Food Research Journal**, 22(3), 1030-1036, 2015.
- MENEZES, M. U. F. O., BEVILAQUE, G. C., XIMENES, G. N. C., ANDRADE, S. A. C., KASNOWSKI, M. C., BARBOSA, N. M. S. C. Viability of *Lactobacillus acidophilus* in whole goat milk yogurt during fermentation and storage stages: a

- predictive modeling study. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 42, p. 50922, 2022.
- MEYBODI, N. M.; MORTAZAVIAN, A. M.; ARAB, M.; NEMATOLLAHI, A. Probiotic viability in yoghurt: a review of influential factors. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 109, p. 104793, 2020.
- MOHSIN, A. Z.; MARZLAN, A. A.; MUHIALDIN, B. J.; WAI, L. K.; MOHAMMED, N. K.; HUSSIN, A. A. M. Physicochemical characteristics, GABA content, antimicrobial and antioxidant capacities of yogurt from Murrah buffalo milk with different fat contents. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 49, p. 101949, 2022.
- MORAIS, R. A.; TEIXEIRA, G. L.; MARTINS, G. A. S.; FERREIRA, S. R. S.; BLOCK, J. M. Comprehensive evaluation of the chemical profile and antioxidant potential of buritirana (*Mauritiella armata*) an underexplored fruit from Brazilian Cerrado. **Food Research International**, [S.L.], v. 179, p. 113945, mar. 2024.
- MUSTAQIM, W. A. *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.) Merr. & L.M. Perry Myrtaceae. **Ethnobotany Of Mountain Regions**, [S.L.], p. 1041-1049, 2021.
- NUNES P. C.; AQUINO, J. S.; ROCKENBAH, I. I.; STAMFORD, T. L. M. Malay apple (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry) promotes changes in lipid metabolism and a hepatoprotective effect in rats fed a high-fat diet. **Food Research International**, v. 155, p. 110994, 2022.
- OH, B.; KIM, B.; KIM, J.; KIM, J.; KOH, S.; KIM, B.; LEE, K. L.; CHUN, J. The Effect of Probiotics on Gut Microbiota during the *Helicobacter pylori* Eradication: randomized controlled trial. **Helicobacter**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 165-174, 23 set. 2015.
- OMOJUFEHINSI, M.; ANING, A.; APPIAH-OPONG, R.; LONGDET, I. Y.; LUKA, C. D. The antiproliferative activity of *Syzygium malaccense* fruit. **Tropical Journal of Natural Product Research**, v. 8, n. 9, 8432-8437, 2024.
- PAZZINI, I. A. E.; MELO, A. M.; RIBANI, R. H. Bioactive potential, health benefits and application trends of *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (Malay apple): A bibliometric review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 1155-1169, 2021.
- PÉREZ-CHABELA, M. L.; CEBOLLÓN-JUÁREZ, A.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; TOTOSAUS, A. Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 42, p. 1-8, out. 2022.
- PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidante capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Analytical Biochemistry**, v. 269, p. 337-341, 1999.
- REVERS, L. M.; DANIELLI, A. J.; ILTCHENCO, S.; ZENI, J.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J. Obtenção e caracterização de iogurtes elaborados com leites de ovelha e de vaca. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 63, n. 6, p. 747-753, dez. 2016.
- SAFDARI, Y.; VAZIFEDOOST, M.; DIDAR, Z.; HAJIROSTAMLOO, B. The effect of banana fiber and banana peel fiber on the chemical and rheological properties of symbiotic yogurt made from camel milk. **Int. J. Food Sci.**, 2021.
- SALMAN, K. H.; MEHANY, T.; ZAKI, K. G.; AL-DOURY, M. K. W. Development of functional probiotic yogurt from buffalo milk supplemented with red beetroot (*Beta vulgaris* L.) as an antioxidant, natural colorant, and starter growth stimulant. **Food Chemistry Advances**, [S.L.], v. 5, p. 100776, dez. 2024.
- SERT, D.; MERCAN, E.; KILINC, M. Development of buffalo milk ice-cream by high

- pressure-homogenization of mix: physicochemical, textural and microstructural characterization. **LWT**, [S.L.], v. 150, p. 112013, 2021.
- SHEIKH, S., SIDDIQUE, F., AMEER, K., AHMAD, R. S., HAMEED, A., EBAD, A., AHMED, I. A. M., SHIBLI, S. Effects of white mulberry powder fortification on antioxidant activity, physicochemical, microbial and sensorial properties of yogurt produced from buffalo milk. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 204-215, 15 set. 2022.
- SHORI, A. B., ALJOHANI, G. S., AL-ZAHRANI, A. J., AL-SULBI, O. S., BABA, A. S. Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. **LWT**, [S.L.], v. 153, p. 112482, 2022.
- SILVA, T. M. S., PIAZENTIN, A. C. M., MENDONÇA, C. M. N., CONVERTI, A., BOGSAN, C. S. B., MORA, D., LOIVEIRA, R. P. S. Buffalo milk increases viability and resistance of probiotic bacteria in dairy beverages under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 103, n. 9, p. 7890-7897, 2020.
- SILVA, W. B.; LOURENÇO-COSTA, V. V.; CAMPOS, H. O. B.; SANTOS, W. M.; BEZERRA, A. S.; SILVA, J. A. R.; LOURENÇO-JÚNIOR, J. B. Elaboration and Quality of Greek Yogurt (labneh) from Buffalo Milk Supplemented with Plus açai jelly (*Euterpe oleracea* Mart.). **Journal Of Agricultural Studies**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 268, 20 jan. 2021.
- SILVA, F. A., QUEIROGA, R. C. R. E., SOUZA, E. L., VOSS, G. B., BORGES, G. S. C., LIMA, M. S., PINTADO, M. M. E., VASCONCELOS, M. A. S. Incorporation of phenolic-rich ingredients from integral valorization of Isabel grape improves the nutritional, functional and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 369, p. 130957, 2022.
- SILVA, F. A.; QUEIROGA, R. C. R. E.; SOUZA, E. L.; VOSS, G. B.; PINTADO, M. M. E.; VASCONCELOS, M. A. S. Ingredients from integral valorization of Isabel grape to formulate goat yogurt with stimulatory effects on probiotics and beneficial impacts on human colonic microbiota in vitro. **Food Science And Human Wellness**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 1331-1342, jul. 2023.
- SILVA, S. M.; FERREIRA, J. C. S. Development and evaluation of the nutritional composition of gourmet yogurt through natural fermentation enriched with Brazil nuts. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. e11913244990, 2024.
- TRIBST, A. A. L., FALCADE, L. T. P., CARVALHO, N. S., JUNIOR, B. R. C. L., OLIVEIRA, M. M. Using stirring and homogenization to improve the fermentation profile and physicochemical characteristics of set yogurt from fresh, refrigerated and frozen/thawed sheep milk. **LWT**, [S.L.], v. 130, p. 109557, 2020.
- TYUTKOV, N., ZHERNYAKOVA, A., BIRCHENKO, A., EMINOVA, E., NADTOCHII, L., BARANENKO, D. Probiotics viability in frozen food products. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 50, p. 101996, 2022.
- VAREDESARA, M. S.; ARIALL, P.; HESARI, J. The effect of grape seed protein hydrolysate on the properties of stirred yogurt and viability of *Lactobacillus casei* in it. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 2180-2190, 18 fev. 2021.
- VÁZQUEZ, C. V.; ROJAS, M. G. V.; RAMÍREZ, C. A.; CHÁVEZ-SERVÍN, J. L.; GARCÍA-GASCA, T.; MARTÍNEZ, R. A. F.; GARCÍA, O. P.; ROSADO, J. L.; LÓPEZ-SABATER, C. M.; CASTELLOTE, A. I. Total phenolic compounds

in milk from different species. Design of an extraction technique for quantification using the Folin–Ciocalteu method. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 176, p. 480-486, jun. 2015.

WANG, S.; FANG, Y.; XU, Y.; ZHU, B.; PIAO, J.; ZHU, L.; YAO, L.; LIU, K.; WANG, S.; ZHANG, Q. The effects of different extraction methods on physicochemical, functional and physiological properties of soluble and insoluble dietary fiber from *Rubus chingii* Hu. fruits. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 93, p. 105081, jun. 2022.

WAQAS, M.; RAFIQ, S.; HAYAT, I.; HUSSAIN, S.; MURTAZA, A.; QAYYUM, A.; KHAN, D. Assessment of Physico-Chemical and Functional Characteristics of Yogurt Enriched with Mint Extract and Probiotics. **Journal Of Agriculture And Veterinary Science**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 399-410, 16 out. 2024.

WOISKY, R. G; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal Of Apicultural Research**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 99-105, jan. 1998.

ZHANG, Y.; LI, Y.; REN, X.; ZHANG, X.; WU, Z.; LIU, L. The positive correlation of antioxidant activity and prebiotic effect about oat phenolic compounds. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 402, p. 134231, fev. 2023.

6 CONCLUSÕES

Diante do exposto nesta Tese, à luz dos objetivos propostos, conclui-se que a farinha de sementes de jambo-vermelho configura-se como uma fonte viável de nutrientes, destacando-se pelo elevado teor de fibras e minerais, bem como pela presença de compostos fenólicos, com comprovada atividade antioxidante, antimicrobiana e hipoglicêmica. Tais achados indicam que a farinha possui potencial para ser considerada um ingrediente funcional, embora sejam necessários estudos adicionais que viabilizem sua aplicação prática, tanto na formulação de novos alimentos quanto no desenvolvimento de produtos nutracêuticos.

A adição da geleia de polpa e da farinha de sementes de jambo-vermelho em iogurtes probióticos elaborados com leite de búfala resultou em um alimento de elevado valor nutricional, com destaque para o teor proteico observado nas quatro formulações analisadas. Além disso, constatou-se um expressivo potencial bioativo, evidenciado pela presença de compostos fenólicos totais, taninos e flavonoides, cujas propriedades antioxidantes foram confirmadas pelos resultados obtidos.

Todos os iogurtes contendo produtos derivados do jambo-vermelho apresentaram contagens adequadas do probiótico *L. casei* durante o período de armazenamento, com destaque para a manutenção dos níveis populacionais após o 14º dia, sugerindo um possível efeito positivo dos produtos de jambo-vermelho na viabilidade do microrganismo. Ademais, a incorporação destes produtos contribuiu positivamente para a aceitação sensorial e para a intenção de compra dos iogurtes, especialmente nas formulações que incluíram a geleia como ingrediente.

Os resultados obtidos apresentam relevância significativa para a indústria de alimentos fermentados lácteos, uma vez que evidenciam uma alternativa promissora de inovação tecnológica a partir do aproveitamento do leite de búfala. A incorporação de produtos de jambo-vermelho ao iogurte probiótico resultou em um alimento diferenciado, com elevado valor agregado, potencial para alegação funcional e possíveis benefícios à saúde humana, relacionados tanto à viabilidade do probiótico quanto às propriedades nutricionais e bioativas conferidas pelos compostos do fruto.

REFERÊNCIAS

- ABCB – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BÚFALOS (São Paulo) (org.). **O búfalo: as quatro raças no Brasil**. (2020) As quatro raças no Brasil. Disponível em: <https://bufalo.com.br/o-bufalo/>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- ABDEL-HAMID, M., ROMEIH, E., GAMBA, R. R., NAGAL, E., SUZUKI, T., KOYANAGI, T., ENOMOTO, T. The biological activity of fermented milk produced by *Lactocaseibacillus casei* ATCC 393 during cold storage. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 91, p. 1-8, 2019.
- ABESINGHE, A. M. N. L., VIDANARACHCHI, J. K., ISLAM, N., PRAKASH, S., SILVA, K. F. S. T., BHANDARI, B., KARIM, M. A. Effects of ultrasonication on the physicochemical properties of milk fat globules of *Bubalus bubalis* (water buffalo) under processing conditions: A comparison with shear-homogenization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 59, p. 102237, 2020.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1987.
- AKAN, E. The Effect of Fermentation Time and Yogurt Bacteria on the Physicochemical, Microbiological and Antioxidant Properties of Probiotic Goat Yogurts. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 94, n. 3, p. 1-9, 2022.
- AKDENIZ, V.; AKALIN, A.S. Power ultrasound effect on physicochemical, rheological, and sensory characteristics of probiotic yoghurts. **International Dairy Journal**, [S.L.], p.105530, 2022.
- AKGUN, A., YAZICI, F., GULEC, H. A. The combined effect of probiotic cultures and incubation final pH on the quality of buffalo milk yogurt during cold storage. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 492-502, 21 dez. 2017.
- ALAM, M.; HASAN, M. M.; DEBNATH, M. K.; ALAM, A.; ZAHID, M. A.; ALIM, M. A.; RAHMAN, M. N.; MOLLA, M. M.; KHAN, M. R.; BISWAS, M. Characterization and evaluation of flour's physico-chemical, functional, and nutritional quality attributes from edible and non-edible parts of papaya. **Journal Of Agriculture And Food Research**, [S.L.], v. 15, p. 100961, mar. 2024.

ALVES-SANTOS, A. M., SILVA, M. M. de A., RODRIGUES, C. A. P., ALBUQUERQUE, T. M. R. de, SOUZA, E. L. de, NAVES, M. M. V. Prebiotic Activity of Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) Shell on Lactobacillus and Bifidobacterium Strains: a medicinal food ingredient. **Journal Of Medicinal Food**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 145-153, 1 fev. 2024.

AMAL, A. M., EMAN, A. M. M.; ZIDAN, N. S. Fruit Flavored Yoghurt: Chemical, Functional and Rheological Properties. **International Journal of Environmental and Agriculture Research**, 2(5), 5766, 2016.

ANDRADE, T. C., FREITAS, P. H. S., RIBEIRO, J. M., PINTO, P. F., SOUZA-FAGUNDES, E. M., SCIO, E., RIBEIRO, A. Avaliação da atividade antioxidante e imunomoduladora dos metabólitos primários de *Pereskia aculeata* Miller. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 17, n. 2, p. 1-19, 2021.

ANTONOPOULOU, S., DETOPOULOU, M., FRAGOPOULOU, E., NOMIKOS, T., MIKELLIDI, A., YANNAKOULIA, M., KYRIACOU, A., MITSOU, E., PANAGIOTAKOS, D., ANASTASIOU, C. Consumption of yogurt enriched with polar lipids from olive oil by-products reduces platelet sensitivity against platelet activating factor and inflammatory indices: a randomized, double-blind clinical trial. **Human Nutrition & Metabolism**, [S.L.], v. 28, p. 200145, 2022.

AOAC International – Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis** (20^a Ed.). AOAC International, Rockville, MD, EUA, 2016.

ARAÚJO, A. N. V.; SOUZA, E. L.; NASCIMENTO, D. S.; ALVES, J. M.; SAMPAIO, K. B.; SILVA, S. R. F.; ALVES, J. L. B.; ALBUQUERQUE, T. M. R. Revisiting the nutritional and functional value and health-promoting potential of *Syzygium* species. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 118, p. 106265, jul. 2024.

ARYAL, S., BANIYA, M. K., DANEKHU, K., KUNWAR, P., GURUNG, R., KOIRALA, N. Total Phenolic Content, Flavonoid Content and Antioxidant Potential of Wild Vegetables from Western Nepal. **Plants**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 96, 11 abr. 2019.

ARUMUGAM, B., PALANISAMY, U. D., CHUA, K. H., KUPPUSAMY, U. R. Protective effect of myricetin derivatives from *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry against hydrogen peroxide-induced stress in ARPE-19 cells. **Molecular Vision**, v. 25, p. 47-59, 2019.

BANADKA, A., WUDALI, N. S., AL-KHAYRI, J. M., NAGELLA, P. The role of *Syzygium samarangense* in nutrition and economy: An overview. **South African Journal of Botany**, v. 145, p. 481-492, 2022.

BANGAR, S. P., SURI, S., TRIF, M., OZOGUL, F. Organic acids production from lactic acid bacteria: a preservation approach. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 46, p. 101615, 2022.

BARAKAT, H., MOHAMED, A., GEMIEL, D. G., ATALLAH, A. A. Microstructural, Volatile Compounds, Microbiological and Organoleptical Characteristics of Low-Fat Buffalo Milk Yogurt Enriched with Whey Protein Concentrate and Ca-Caseinate during Cold Storage. **Fermentation**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 250, 2021.

BASALIUS, H., MANI, A., MICHAEL, A., MARY, S. M., LENIN, M., CHELLIAH, P., ISLAM, M. A. Green synthesis of nano-silver using *Syzygium samarangense* flower extract for multifaceted applications in biomedical and photocatalytic degradation of methylene blue. **Applied Nanoscience**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 3735-3747, 2022.

BATISTA, A. G., SILVA, J. K., CAZARIN, C. B. B., BIASOTO, A. C. T., SAWAYA, A. C. H. F., PRADO, M. A., JÚNIOR, M. R. M. Red-jambo (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry): bioactive compounds in fruits and leaves. **LWT**, v. 76, p. 284-291, 2017.

BATISTA, A. G., MENDONÇA, M. C. P., SOARES, E. S., SILVA-MAIA, J. K., DIONÍSIO, A. P., SARTORI, C. R., CRUZ-HOFLING, M. A., JÚNIOR, M. R. M. *Syzygium malaccense* fruit supplementation protects mice brain against high-fat diet impairment and improves cognitive functions. **Journal Of Functional Foods**, v. 65, p. 1-10, 2020.

BATISTA, A. G., SILVA-MAIA, J. K., JÚNIOR, M. R. M. Bioactive Compounds of Red-Jambo Fruit (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.) Merr. & L.M. Perry). **Reference Series In Phytochemistry**, [S.L.], p. 395-407, 2020.

BELDARRAIN-IZNAGA, T., VILLALOBOS-CARVAJAL, R., LEIVA-VEGA, J., ARMESTO, E. S. Influence of multilayer microencapsulation on the viability of *Lactocaseibacillus casei* using a combined double emulsion and ionic gelation approach. **Food And Bioproducts Processing**, [S.L.], v. 124, p. 57-71, 2020.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BERNARDINO, A. V. S., ROCHA, N. S., SILVA, E. M., MEDEIROS, R. A. B., SILVA JÚNIOR, E. V., SHINOHARA, N. K. S., CORTEZ, N. M. S., AZOUBEL, P. M. Effect of ultrasound on cell viability and storage of dehydrated jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) impregnated with *Lacticaseibacillus casei*. **LWT**, [S.L.], v. 139, p. 1-10, mar. 2021.

BESHARATI, M.; MAGGIOLINO, A.; PALANGI, V.; KAYA, A.; JABBAR, M.; ESECELI, H.; PALO, P.; LORENZO, J. M. Tannin in Ruminant Nutrition: review. **Molecules**, [S.L.], v. 27, n. 23, p. 8273, 27 nov. 2022.

BEZERRIL, F. F.; MAGNANI, M.; PACHECO, M. T. B.; SOUZA, M. F. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; LIMA, M. S.; BORGES, G. S. C.; OLIVEIRA, M. E. G.; PIMENTEL, T. C.; QUEIROGA, R. C. R. E. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. **LWT**, [S.L.], v. 139, p. 110512, mar. 2021.

BHINGE, S. D., BHUTKAR, M. A., RANDIVE, D. S., WADKAR, G. H., HASABE, T. S. *In vitro* hypoglycemic effects of unripe and ripe fruits of *Musa sapientum*. **Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences**, [S.L.], v. 53, n. 4, p. 1-6, 5 mar. 2018.

BORSOI, F. T.; NERI-NUMA, I. A.; OLIVEIRA, W. Q.; ARAÚJO, F. F.; PASTORE, G. M. Dietary polyphenols and their relationship to the modulation of non-communicable chronic diseases and epigenetic mechanisms: a mini-review. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, [S.L.], v. 6, p. 100155, jul. 2023.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, n. 281, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº68, de 12 de dezembro de 2006. **Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2006.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº46, de 23 de outubro de 2007. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2007.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº272, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis.** Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Instrução Normativa nº60, de 23 de dezembro de 2019. **Estabelece as listas de Padrões Microbiológicos para Alimentos.** Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº711, de 1 de julho de 2022. **Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães.** Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2022.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº724, de 1 de julho de 2022. **Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos.** Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2022.

CAETANO, A. C. S.; MELO, E.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; ARAÚJO, C. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de Acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, 12(2), 155-160, 2009.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, [s. l.], vol. 65, no. 6, p. 1248–1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P. C., RAMOS, A. M., CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CANGUSSU, L. B.; COSTA, A. L. R.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Chemical characterization and the bioaccessibility of bioactive compounds from seriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp and by-products flours. **Bioactive Carbohydrates And Dietary Fibre**, [S.L.], v. 31, p. 100404, maio 2024.

CARTAXO-FURTADO, N. A. D. E. O.; SAMPAIO, T. O.; XAVIER, M. A.; MEDEIROS, A. D. D. E.; PEREIRA, J. V. Perfil fitoquímico e determinação da atividade antimicrobiana de *Syzygium cumini* (L.) Skeels (Myrtaceae) frente a

microrganismos bucais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [S.L.], v. 17, n. 43, p. 1091-1096, 2015.

CAVALET, M. C., MENEZES FILHO, A. C. P., CASTRO, C. F. S., VENTURA, M. V. A. Avaliação anatômica do fruto de jambo amarelo (*Syzygium jambos* (L.) Alston) e análise físico-química farinácea da casca e polpa e semente. **Brazilian Journal Of Science**, [S.L.], v. 2, n. 7, p. 48-61, 13 mar. 2023.

CHAKRABORTY, C.; MUKHERJEE, S.; BISWAS, S. Evaluation of Rheological, Physicochemical, and Sensory properties of Apple fortified Yoghurt. **Indian Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 72, n. 1, p. 53-58, 28 fev. 2019.

CHEN, S.; LI, Z.; GU, Z.; BAN, X.; HONG, Y.; CHENG, L.; LI, C. A new micro-agar dilution method to determine the minimum inhibitory concentration of essential oils against microorganisms. **Journal Of Microbiological Methods**, [S.L.], v. 211, p. 106791, ago. 2023.

CHHIKARA, N., KAUR, R., JAGLAN, S., SHARMA, P., GAT, Y., PANGHAL, A. Bioactive compounds and pharmacological and food applications of *Syzygium cumini* – a review. **Food & Function**, [S.L.], v. 9, n. 12, p. 6096-6115, 2018.

CHRISTENSEN, Z. T.; OGDEN, L. V.; DUNN, M. L.; EGGETT, D. L. Multiple comparison procedures for analysis of ranked data. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 2, 2006.

COSTA, G. M., PAULA, M. M., BARÃO, C. E., KLOSOSKI, S. J., BONAFÉ, E. G., VISENTAINER, J. V., CRUZ, A. G., PIMENTEL, T. C. Yoghurt added with *Lactobacillus casei* and sweetened with natural sweeteners and/or prebiotics: implications on quality parameters and probiotic survival. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 97, p. 139-148, 2019.

COSTA, M. F., PIMENTEL, T. C., GUIMARAES, J. T., BALTHAZAR, C. F., ROCHA, R. S., CAVALCANTI, R. N., ESMERINO, E. A., FREITAS, M. Q., RAICES, R. S. L., SILVA, M. C., CRUZ, A. G. Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. **LWT**, [S.L.], v. 105, p. 371-376, 2019.

COSTA, M. P. C.; MONTEIRO, M. L. G.; FRASAO, B. S.; SILVA, V. L. M.; RODRIGUES, B. L.; CHIAPPINI, C. C. J.; CONTE-JUNIOR, C. A. Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 157-168, 2017.

DADARIO, N., PIGATTO, G. A. S., BAPTISTA, R. D. The innovation process in bubaline milk production: a case study in the city of Queiroz/SP. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 77-90, 2018.

DAI, F.; CHAU, C. Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. **Journal Of Food And Drug Analysis**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 37-42, jan. 2017.

DANTAS, C. C. S., SOUZA, E. L., CARDOSO, J. D., LIMA, L. A., OLIVEIRA, K. S., MIGLIOLO, L., DIAS, S. C., FRANCO, O. L., MAGNANI, M. Identification of a Napin-Like Peptide from *Eugenia malaccensis* L. Seeds with Inhibitory Activity Toward *Staphylococcus aureus* and *Salmonella Enteritidis*. **The Protein Journal**, [S.L.], v. 33, n. 6, p. 549-556, 2 nov. 2014.

DANTAS, D. L. S.; VIERA, V. B.; SOARES, J. K. S.; SANTOS, K. M. O.; EGITO, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, M. S.; MACHADO, N. A. F.; SOUZA, M. F. V.; CONCEIÇÃO, M. L. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. **LWT**, [S.L.], v. 158, p. 113165, mar. 2022.

DEBRUYNE, A. N.; HEKMAT, S. The effects of fortification of yogurt with various functional flours on survival and growth of probiotic bacteria and sensory properties of the yogurt. **Nutrition & Food Science**, v. 54, n. 3, 2024.

DELCOUR, A. H. Outer membrane permeability and antibiotic resistance. **Biochimica Et Biophysica Acta (Bba) - Proteins And Proteomics**, [S.L.], v. 1794, n. 5, p. 808-816, maio 2009.

DIMITRELLOU, D., KANDYLIS, P., KOURKOUTAS, Y. Assessment of Freeze-Dried Immobilized *Lactocaseibacillus casei* as Probiotic Adjunct Culture in Yogurts. **Foods**, [S.L.], v. 8, n. 9, p. 374, 2019.

DIMITRELLOU, D., SALAMOURA, C., KONTOGIANNI, A., KATSIPI, D., KANDYLIS, P., ZAKYNTINOS, G., VARZAKAS, T. Effect of Milk Type on the Microbiological, Physicochemical and Sensory Characteristics of Probiotic Fermented Milk. **Microorganisms**, [S.L.], v. 7, n. 9, p. 274, 2019.

DIMITRELLOU, D., KANDYLIS, P., LEVIC, S., PETROVIC, T., IVANOVIC, S., NEDOVIC, V., KOURKOUTAS, Y. Encapsulation of *Lactocaseibacillus casei* ATCC 393 in alginate capsules for probiotic fermented milk production. **LWT**, [S.L.], v. 116,

p. 108501, 2019.

DIOS-AVILA, N., TIRADO-GALLEGOS, J. M., RIOS-VELASCO, C., LUNA-ESQUIVEL, G., ISIORDIA-AQUINO, N., ZAMUDIO-FLORES, P. B., ESTRADA-VIRGEN, M. O., CAMBERO-CAMPOS, O. J. Physicochemical, Structural, Thermal and Rheological Properties of Flour and Starch Isolated from Avocado Seeds of Landrace and Hass Cultivars. **Molecules**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 910-925, 28 jan. 2022.

DODERO, A.; ESCHER, A.; BERTUCCI, S.; CASTELLANO, M.; LOVA, P. Intelligent Packaging for Real-Time Monitoring of Food-Quality: current and future developments. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 3532, 15 abr. 2021.

DOMINGUEZ, L. J.; DI BELLA, G.; VERONESE, N.; BARBAGALLO, M. Impact of Mediterranean Diet on Chronic Non-Communicable Diseases and Longevity. **Nutrients**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 2028, 12 jun. 2021.

EL-SAADONY, M. T.; KHALIL, O. S. F.; OSMAN, A.; ALSHILAWI, M. S.; TAHA, A. E.; ABOELENIN, S. M.; SHUKRY, M.; SAAD, A. M. Bioactive peptides supplemented raw buffalo milk: biological activity, shelf life and quality properties during cold preservation. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, [S.L.], v. 28, n. 8, p. 4581-4591, ago. 2021.

EL-SAFY, S., KHALIFA, A. M., ALMASHAD, A. A., KHALIL, A. M. M., HAMMAD, E. M.; SAMI, R., ALJAHANI, A. H., PAREEK, S., HELAL, M., ALHARTHI, S. Utilization of Jamun Fruit (*Syzygium cumini* L.) for Value Added Food Products. **Journal Of Food Quality**, [S.L.], v. 2023, p. 1-10, 27 jul. 2023.

ERKAYA-KOTAN, T. *In vitro* angiotensin converting enzyme (ACE)-inhibitory and antioxidant activity of probiotic yogurt incorporated with orange fibre during storage. **Journal of Food Science and Technology**, 57(6), 2343-2353, 2020.

FAN, X., DU, L., XU, J., SHI, Z., ZHANG, T., JIANG, X., ZENG, X., WU, Z., PAN, D. Effect of single probiotics *Lactobacillus casei* CGMCC1.5956 and *Levilactobacillus brevis* CGMCC1.5954 and their combination on the quality of yogurt as fermented milk. **LWT**, [S.L.], v. 163, p. 113530, 2022.

FAO/WHO. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder 464 milk with live lactic acid bacteria. **Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation**, 465 Cordoba, Argentina, 2002.

FARIAS, T. G. S., LADISLAU, H. F. L., STAMFORD, T. C. M., MEDEIROS, J. A. C., SOARES, B. L. M., ARNAUD, T. M. S., STAMFORD, T. L. M. Viabilities of *Lactobacillus rhamnosus* ASCC 290 and *Lactocaseibacillus casei* ATCC 334 (in free form or encapsulated with calcium alginate-chitosan) in yellow mombin ice cream. **LWT**, v. 100, p. 391-396, 2019.

FARIAS, D. P., NERI-NUMA, I. A., ARAÚJO, F. F., PASTORE, G. M. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125630, 2020.

FAUZIAH, N., NOVIYANTI, MUSTHAPA, I. The utilization of jambu bol (*syzygium malaccense* (L). Merr. & perry) stem as a new source of antioxidants. **Jurnal Ilmiah Farmako Bahari**, 10(1), 33–41, 2019.

FAZILAH, N. F.; ARIFF, A. B.; KHAYAT, M. E.; RIOS-SOLIS, L.; HALIM, M. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 48, p. 387-399, set. 2018.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Jambo - *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry. **Exotic Fruits**, p. 245-249, 2018.

FERNANDES, F. A. N., FONTELES, T. V., RODRIGUES, S., BRITO, E. S., TIWARI, B. K. Ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and phenolics from jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel: kinetics and mathematical modeling. **Journal Of Food Science And Technology**, v. 57, n. 6, p. 2321-2328, 2020.

FERREIRA, S. L. C., JUNIOR, J. B. P., LEÃO, D. J., REIS, P. S., CHAGAS, A. V. B., SANTOS, L. O. Determination, and multivariate evaluation of the mineral composition of red jambo (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.)). **Food Chemistry**, v. 371, p. 131381, 2022.

FIDELIS, M.; SANTOS, J. S.; ESCHER, G. B.; ROCHA, R. S.; CRUZ, A. G.; CRUZ, T. M.; MARQUES, M. B.; NUNES, J. B.; CARMO, M. A. V.; ALMEIDA, L. A. Polyphenols of jabuticaba [*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O.Berg] seeds incorporated in a yogurt model exert antioxidant activity and modulate gut microbiota of 1,2-dimethylhydrazine-induced colon cancer in rats. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 334, p. 127565, jan. 2021.

FIGUEIRÔA, E. O., SILVA, L. C. N., MELO, C. M. L., NEVES, J. K. A. L., SILVA, N. H., PEREIRA, V. R. A., CORREIA, M. T. S. Evaluation of

Antioxidant, Immunomodulatory, and Cytotoxic Action of Fractions from *Eugenia uniflora*L. And *Eugenia malaccensis*L.: correlation with polyphenol and flavanoid content. **The Scientific World Journal**, [S.L.], v. 2013, p. 1-7, 2013.

FONTAN, R. C. I., SAMPAIO, V. S., SOUZA JUNIOR, E. C., PEREIRA, R. G., RODRIGUES, L. B., GONÇALVES, G. R. F., GANDOLFI, O. R. R., BONOMO, R. C. F. Composition and thermophysical properties of Malay Rose apple pulp. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 1067-1073, 2018.

FRAUCHES, N. S., AMARAL, T. O., LARGUEZA, C. B. D., TEODORO, A. J. Brazilian *Myrtaceae* Fruits: A Review of Anticancer Properties. **British Journal of Pharmaceutical Research**, v. 12, p. 1-15, 2016.

FU, J., ZHANG, L., LI, W., ZHANG, Y., ZHANG, Y., LIU, F., ZOU, L. Application of metabolomics for revealing the interventional effects of functional foods on metabolic diseases. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 367, p. 130697, 2022.

FUCHS, M., TURCHIULI, C., BOHIN, M., CUVELIER, M. E., ORDONNAUD, C., PEYRAT-MAILLARD, M. N., DUMOULIN, E. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 1, p. 27-35, 2006.

GAO, Y.; XIA, W.; SHAO, P.; WU, W.; CHEN, H.; FANG, X.; MU, H.; XIAO, J.; GAO, H. Impact of thermal processing on dietary flavonoids. **Current Opinion In Food Science**, [S.L.], v. 48, p. 100915, dez. 2022.

GARAVAND, F., DALY, D. F. M., GOMEZ-MASCARAQUE, L. G. Biofunctional, structural, and tribological attributes of GABA-enriched probiotic yoghurts containing *Lactocaseibacillus paracasei* alone or in combination with prebiotics. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 129, p. 105348, 2022.

GARCÍA-BURGOS, M., MORENO-FERNANDEZ, J., ALFÉREZ, J. M., DÍAZ-CASTRO, J., LÓPEZ-ALIAGA, I. New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 72, p. 104059, 2020.

GARCIA-CEJA, A., MANI-LÓPEZ, E., PALOU, E., LÓPEZ-MALO, A. Viability during refrigerated storage in selected food products and during simulated gastrointestinal conditions of individual and combined lactobacilli encapsulated in alginate or alginate-chitosan. **Food Science and Technology**, v.63, n. 1, p. 482-489, 2015.

GAWANDE, H., ARORA, S., SINGH, A. K., SHARMA, V. Process optimization for production of spray-dried buffalo milk protein co-precipitate with enhanced solubility. **Applied Food Research**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 100062, 2022.

GIBBERT, L., BERTIN, R., KRUGER, C. H. A brief review of the species *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.) Merr. & L.M. Perry as source of bioactive compounds. **Visão Acadêmica**, v. 18, n. 4, p. 140-152, 2017.

GKITSAKI, I., POTSAKI, P., DIMOU, I., LASKARI, Z., KOUTELIDAKIS, A., GIAOURIS, E. Development of a functional Greek sheep yogurt incorporating a probiotic *Lactobacillus rhamnosus* wild-type strain as adjunct starter culture. **Heliyon**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1-12, jan. 2024.

GOLDMEYER, B., PENNA, N. G., MELO, A., ROSA, C. S. Características físico-químicas e propriedades funcionais tecnológicas do bagaço de mirtilo fermentado e suas farinhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 980-987, dez. 2014.

GOMES, E. R.; CARNEIRO, L. C. M.; STEPHANI, R.; CARVALHO, A. F.; RENHE, I. R. T.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F.; PERRONE, I. T. Effect of sugar reduction and addition of corn fibre and polydextrose on pore size and syneresis of yoghurt. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 129, p. 105298, jun. 2022.

GOUDA, A. S., ADBELRUHMAN, F. G., ALENEZI, H. S., MÉGARBANE, B. Theoretical benefits of yogurt-derived bioactive peptides and probiotics in COVID-19 patients – A narrative review and hypotheses. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, [S.L.], v. 28, n. 10, p. 5897-5905, 2021.

GUIMARÃES, D. H. P., SILVA, F. R. S. R., LÊNTHOLA, N. M. Iogurte elaborado à base de leite de búfala sabor queijo com geleia de goiaba. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 57-61, mar. 2015.

GUIMARÃES, J. T., BALTHAZAR, C. F., SCUDINO, C., PIMENTEL, T. C., ESMERINO, E. A., ASHOKKUMAR, M., FREITAS, M. Q., CRUZ, A. G. High-intensity ultrasound: a novel technology for the development of probiotic and

prebiotic dairy products. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 57, p. 12-21, 2019.

HARAN, J. P.; MCCORMICK, B. A. Aging, Frailty, and the Microbiome—How Dysbiosis Influences Human Aging and Disease. **Gastroenterology**, [S.L.], v. 160, n. 2, p. 507-523, 2021.

HONESOVÁ, S. J.; SAMKOVÁ, E.; DADÁKOVÁ, E.; HASOŇOVÁ, L.; JAROŠOVÁ, M.; REINDL, K.; BÁRTA, J. Effect of Skimmed Milk Powder and Fruit Jams Addition on the Physicochemical Characteristics of Yogurt. **Fermentation**, [S.L.], v. 10, n. 9, p. 462, 5 set. 2024.

HUANG, L., ABDEL-HAMID, M., ROMEIH, E., ZENG, Q., YANG, P., WALKER, G., LI, L. Textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt as affected by polydextrose. **International Journal Of Food Properties**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 1-8, 2020.

HUANG, R., WU, F., ZHOU, Q., WEI, W., YUE, J., XIAO, B., LOU, Z. *Lactobacillus* and intestinal diseases: mechanisms of action and clinical applications. **Microbiological Research**, [S.L.], v. 260, p. 127019, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM**. Rio de Janeiro, v. 51, p. 1-12, 2023.

ICHIMURA, T., OSADAM T., YONEKURA, K., HORIUCHI, H. A new method for producing superior set yogurt, focusing on heat treatment and homogenization. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 105, n. 4, p. 2978-2987, 2022.

IKEDA, M.; MELO, A. M.; COSTA, B. P.; BARBI, R. C. T.; RIBANI, R. H. Nutritional and bioactive composition of achachairu (*Garcinia humilis*) seed flour: a potential ingredient at three stages of ripening. **LWT**, [S.L.], v. 152, p. 112251, dez. 2021.

INADA, K. O. P., OLIVEIRA, A. A., REVORÊDO, T. B., MARTINS, A. B. N., LACERDA, E. C. Q., FREIRE, A. S., BRAZ, B. F., SANTELLI, R. E., TORRES, A. G., PERRONE, D. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 17, p. 422-433, ago. 2015.

ISMAIL, S. A., HASSAN, A. A., NOUR, S. A., EL-SAYED, H. S. The production of stirred yogurt fortified with prebiotic xylooligosaccharide, probiotic and synbiotic microcapsules. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, [S.L.], v. 50, p. 102729, jul. 2023.

JOSHI, U., LIU, C., SATHE, S. K. Functional properties of select seed flours. **LWT - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 60, n. 1, p. 325-331, jan. 2015.

JOUKI, M., KHAZAEI, N., RASHIDI-ALAVIJEH, S., AHMADI, S. Encapsulation of *Lactocaseibacillus casei* in quince seed gum-alginate beads to produce a functional synbiotic drink powder by agro-industrial by-products and freeze-drying. **Food Hydrocolloids**, [S.L.], v. 120, p. 106895, 2021.

KANG, B. B., CHIANG, B. H. A novel phenolic formulation for treating hepatic and peripheral insulin resistance by regulating GLUT4-mediated glucose uptake. **Journal Of Traditional And Complementary Medicine**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 195-205, mar. 2022.

KHORSHIDIAN, N.; YOUSEFI, M.; MORTAZAVIAN, A. M. Fermented milk: the most popular probiotic food carrier. **Advances In Food And Nutrition Research**, [S.L.], p. 91-114, 2020.

KIM, T., KIM, J., OH, S. Grapefruit Seed Extract as a Natural Food Antimicrobial: a review. **Food And Bioprocess Technology**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 626-633, 19 fev. 2021.

KROLOW, A. C. R. **Preparo artesanal de geleias e geleiadas**. Embrapa clima Temperado. Documentos, 138. 40 p., 2013.

KUMAR, M., KAPOOR, S., DHUMAL, S., TKACZEWSKA, J., CHANGAN, S., SAURABH, V., MEKHEMAR, M., RADHA, RAIS, N., SATANKAR, V. Guava (*Psidium guajava* L.) seed: a low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 386, p. 1-16, ago. 2022.

LANG, Y.; GAO, N.; ZANG, Z.; MENG, X.; LIN, Y.; YANG, S.; YANG, Y.; JIN, Z.; LI, B. Classification and antioxidant assays of polyphenols: a review. **Journal Of Future Foods**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 193-204, set. 2024.

LARROSA, A. P. Q., OTERO, D. M. Flour made from fruit by-products: characteristics, processing conditions, and applications. **Journal Of Food Processing And Preservation**, [S.L.], v. 45, n. 5, p. 1-22, 4 mar. 2021.

LEYLAK, C., OZDEMIR, K. S., GURAKAN, G. C., OGEL, Z. B. Optimisation of spray drying parameters for *Lactobacillus acidophilus* encapsulation in whey and gum Arabic: its application in yoghurt. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 112, p. 104865, 2021.

LI, H.; WONG, C.; CHENG, K.; CHEN, F. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 385-390, 2008.

LI, H., ZHANG, T., LI, C., ZHENG, S., LI, H., YU, J. Development of a microencapsulated synbiotic product and its application in yoghurt. **LWT**, [S.L.], v. 122, p. 109033, 2020.

LI, Y., WU, B., CHEN, J., VEERAPERUMAL, S., WEI, J., TAN, K., ZHONG, S., CHEONG, K. Prebiotic characteristics of added-value polysaccharides from jackfruit peel waste during in vitro digestion and fecal fermentation. **LWT**, [S.L.], v. 187, p. 1-9, set. 2023.

LIMA, N. P., MELO, N. M. V., NASCIMENTO, L. C. S., FILHO, J. M. M. Physical-chemical and sensorial analysis of yogurts produced with buffalo milk, goat and cow. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 5184-5192, 2020.

MAHMOUD, M. F., ABDELAAL, S., MOHAMMED, H. O., EL-SHAZLY, A. M., DAOUD, R., EL RAEY, M. A., SOBEH, M. *Syzygium jambos* extract mitigates pancreatic oxidative stress, inflammation and apoptosis and modulates hepatic IRS-2/AKT/GLUT4 signaling pathway in streptozotocin-induced diabetic rats. **Biomedicine & Pharmacology**, v. 142, p. 112085, 2021.

MAIA, J. L., DANTAS, T. N. P., NETO, B. P. C., BORGES, K. C., LIMA, E. C., MATA, A. L. M. L., MEDEIROS, M. F. D., PEREIRA, C. G. Extract of spray-dried Malay apple (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry L.) skin. **Journal Of Food Process Engineering**, v. 42, n. 8, p. 1-9, 2019.

MAISARAH, A. M. Proximate Analysis, Antioxidant and Anti Proliferative Activities of Different Parts of *Carica papaya*. **Journal Of Tissue Science & Engineering**, [S.L.], v. 05, n. 01, p. 1-10, 2014.

MALEKI, M.; ARIALI, P.; SOLTANI, M. S. Fortifying of probiotic yogurt with free and microencapsulated extract of *Tragopogon Collinus* and its effect on the viability of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 3436-3448, 6 maio 2021.

MANZOOR, M., SINGH, J., GANI, A. Characterization of apple (*Malus domestica*) seed flour for its structural and nutraceutical potential. **LWT**, [S.L.], v. 151, p. 1-9, nov. 2021.

MAPPASOMBA, M., MALAKA, M. H., HAMSIDI, R., ZULBAYU, L. O. M. A., SAHIDIN, S. Antibacterial activity and phytochemical screening of some medicinal plants in Kendari City. **Pharmauho: Jurnal Farmasi, Sains, dan Kesehatan**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 20-27, 22 abr. 2020.

MARCHETTI, P., MOTTOLA, A., TANTILLO, G., CASTRICA, M., DI PINTO, A. Short communication: detection of undeclared presence of bovine milk in buffalo yogurt. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 104, n. 4, p. 4056-4061, 2021.

MARINI, T., GALLINA, D. A., NABESHIMA, E. H., PONEZI, A. N., ANAYA, K., ANTUNES, A. E. C., PACHECO, M. T. B. Development of probiotic yoghurts with high protein content by ultrafiltration. **Nfs Journal**, [S.L.], v. 29, p. 16-25, 2022.

MARSIGLIA, W. I. M. L.; OLIVEIRA, L. S. C.; ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; SILVA NETO, J. M.; SANTIAGO, A. M.; MELO, B. C. A.; SILVA, F. L. H. Thermal stability of total phenolic compounds and antioxidant activities of jaboticaba peel: effect of solvents and extraction methods. **Journal Of The Indian Chemical Society**, [S.L.], v. 100, n. 5, p. 100995, maio 2023.

MATES, L.; BANC, R.; ZAHARIE, F. A.; RUSU, M. E.; POPA, D. Mechanistic Insights into the Biological Effects and Antioxidant Activity of Walnut (*Juglans regia* L.) Ellagitannins: a systematic review. **Antioxidants**, [S.L.], v. 13, n. 8, p. 974, 10 ago. 2024.

MEENA, L.; NEOG, R.; YASHINI, M.; SUNIL, C. K. Pineapple pomace powder (freeze-dried): effect on the texture and rheological properties of set-type yogurt. **Food Chemistry Advances**, [S.L.], v. 1, p. 100101, out. 2022.

MEJARES, C. T., HUPPERTZ, T., CHANDRAPALA, J. Thermal processing of buffalo milk – A review. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 129, p. 105311, 2022.

MEDEIROS, A. C., SOUZA, D. F., CORREIA, R. T. P. Effect of incubation temperature, heat treatment and milk source on the yoghurt kinetic acidification. **International Food Research Journal**, 22(3), 1030-1036, 2015.

MELO, N. F. C. B., SOARES, B. L. M., DINIZ, K. M., LEAL, C. F., CANTO, D., FLORES, M. A. P., TAVARES-FILHO, J. H. C., GALEMBECK, A., STAMFORD, T. L. M., ARNAUD, T. M. S., STAMFORD, T. C. M. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 56-66, 2018.

MELO, P. E. F.; SILVA, A. P. M.; MARQUES, F. P.; RIBEIRO, P. R. V.; SOUZA FILHO, M. S. M.; BRITO, E. S.; LIMA, J. R.; AZEREDO, H. M. C. Antioxidant films from mango kernel components. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 487-495, 2019.

MELO, N. F. C. B., PINTADO, M. M. E., MEDEIROS, J. A. C., GALEMBECK, A., VASCONCELOS, M. A. S., XAVIER, V. L., LIMA, M. A. B., STAMFORD, T. L. M., ARNAUD, T. M. S., FLORES, M. A. P., STAMFORD, T. C. M. Quality of postharvest strawberries: comparative effect of fungal chitosan gel, nanoparticles and gel enriched with edible nanoparticles coatings. **International Journal of Food Studies**, v. 9, n. 2, 2020.

MELO, A. M., BARBI, R. C. T., COSTA, B. P., IKEDA, M., CARPINÉ, D., RIBANI, R. H. Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) through production of flour with bioactive properties. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 45, p. 1-9, fev. 2022.

MENDES, M. O., MORAIS, M. F., RODRIGUES, J. F. A2A2 milk: brazilian consumers opinions and effect on sensory characteristics of petit suisse and minas cheeses. **LWT**, [S.L.], v. 108, p. 207-213, jul. 2019.

MENDES, R. F., BELLOZI, P. M. Q., CONEGUNDES, J. L. M., FERNANDES, M. F., PINTO, N. C. C., SILVA, J. M., COSTA, J. C., CHEDIER, L. M., DIAS, A. C. P., SCIO, E. In vivo anti-inflammatory and antinociceptive effects, and in

vitro antioxidant, antiglycant and anti-neuroinflammatory actions of *Syzygium malaccense*, **An Acad Bras Cienc**, v. 93, n. 4, p. 1-19, 2021.

MENEZES, M. U. F. O., BEVILAQUE, G. C., XIMENES, G. N. C., ANDRADE, S. A. C., KASNOWSKI, M. C., BARBOSA, N. M. S. C. Viability of *Lactobacillus acidophilus* in whole goat milk yogurt during fermentation and storage stages: a predictive modeling study. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 42, p. 50922, 2022.

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. Energy Value of Foods: Basis and Derivation. **Agriculture Handbook**, n. 74, ARS United States Department of Agriculture, Washington DC, 1973.

MEYBODI, N. M., MORTAZAVIAN, A. M., ARAB, M., NEMATOLLAHI, A. Probiotic viability in yoghurt: a review of influential factors. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 109, p. 104793, 2020.

MINERVINO, A. H. H., ZAVA, M., VECCHIO, D., BORGHESE, A. Bubalus bubalis: a short story. **Frontiers In Veterinary Science**, [S.L.], v. 7, p. 1-15, 2020.

MINERVINI, F.; NEJATI, F. *Lactocaseibacillus casei* Group. **Encyclopedia Of Dairy Sciences**, [S.L.], p. 275-286, 2022.

MIRONEASA, S., IUGA, M., ZAHARIA, D., MIRONEASA, C. Rheological analysis of wheat flour dough as influenced by grape peels of different particle sizes and addition ratios. **Food and Bioprocess Technology**, 12, 228–245, 2019.

MOHSIN, A. Z., MARZLAN, A. A., MUHIALDIN, B. J., WAI, L. K., MOHAMMED, N. K., HUSSIN, A. A. M. Physicochemical characteristics, GABA content, antimicrobial and antioxidant capacities of yogurt from Murrah buffalo milk with different fat contents. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 49, p. 101949, 2022.

MORAIS, R. A.; TEIXEIRA, G. L.; MARTINS, G. A. S.; FERREIRA, S. R. S.; BLOCK, J. M. Comprehensive evaluation of the chemical profile and antioxidant potential of buritirana (*Mauritiella armata*) an underexplored fruit from Brazilian Cerrado. **Food Research International**, [S.L.], v. 179, p. 113945, mar. 2024.

MOTOLO, G. S.; FRANCO, J. R.; LOSSOLLI, N. A. B.; JUNIOR, G. N.; DANTAS, A. Produção leiteira de bubalinos e suas particularidades em comparação aos de bovinos. **Brazilian Journal Of Implantology And Health Sciences**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 1147-1157, 13 mar. 2024.

MUSTAQIM, W. A. *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.) Merr. & L.M. Perry Myrtaceae. **Ethnobotany Of Mountain Regions**, [S.L.], p. 1041-1049, 2021.

NARWAL, S., KUMAR, D., SHEORAN, S., VERMA, R. P. S., GUPTA, R. K. Hulless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products. **Journal of food science and technology** 54: 2638-2644.

NASCIMENTO, P. C. A., LOPES, M. M. A., STAMFORD, T. C. M., LEÃO, V. L. X. S., RIBEIRO, M. A., VASCONCELOS, M. A. S. Effects of thermal processing on nutritional composition and toxicity of jackfruit seeds. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 54, n. 4, p. 1-7, 2024.

NASCIMENTO-SILVA, N. B. R., BASTOS, R. P., SILVA, F. A. Jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels): a review on its nutrients, bioactive compounds and health benefits. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 109, p. 1-9, jun. 2022.

NAVES, M. M. V., ALVES-SANTOS, A. M., SUGIZAKI, C. S. A., FERESIN, R. G. Prebiotic Properties of Fruit By-Products and Their Metabolic Benefits. **Nutraceuticals From Agri-Food By-Products**, [S.L.], p. 45-68, 11 set. 2023.

NEGLO, D., TETTEY, C. O., ESSUMAN, E. K., KORTEI, N. K., BOAKYE, A. A., HUNKPE, G., AMARH, F., KWASHIE, P., DEVI, W. S. Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. **Scientific African**, [S.L.], v. 11, p. 1-8, mar. 2021.

NEPA – UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**, 4th ed. Campinas, São Paulo, Brasil, 2011.

NGUYEN, N. M. P.; LE, T. T.; VISSENAEEKENS, H.; GONZALES, G. B.; VAN CAMP, J.; SMAGGHE, G.; RAES, K. In vitro antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. **International Journal Of Food Science & Technology**, [S.L.], v. 54, n. 4, p. 1169-1178, 4 jan. 2019.

NUNES, P. C.; AQUINO, J. S.; ROCKENBACH, I. I.; STAMFORD, T. L. M. Physico-Chemical Characterization, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Malay Apple [*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (L.) Merr. & L.M. Perry]. **Plos One**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1-11, 2016.

NUNES P. C., AQUINO, J. S., ROCKENBAH, I. I., STAMFORD, T. L. M. Malay apple (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry) promotes changes in lipid metabolism and a hepatoprotective effect in rats fed a high-fat diet. **Food Research International**, v. 155, p. 110994, 2022.

NYANZI, R., JOOSTE, P. J., BUYS, E. M. Invited review: probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 104, n. 1, p. 1-19, 2021.

OH, B.; KIM, B.; KIM, J.; KIM, J.; KOH, S.; KIM, B.; LEE, K. L.; CHUN, J. The Effect of Probiotics on Gut Microbiota during the *Helicobacter pylori* Eradication: randomized controlled trial. **Helicobacter**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 165-174, 23 set. 2015.

OLIVEIRA, F. L., ARRUDA, T. Y. P., MORZELLE, M. C., PEREIRA, A. P. A., CASAROTTI, S. N. Fruit by-products as potential prebiotics and promising functional ingredients to produce fermented milk. **Food Research International**, [S.L.], v. 161, p. 111841, 2022.

OMOJUFEHINSI, M.; ANING, A.; APPIAH-OPONG, R.; LONGDET, I. Y.; LUKA, C. D. The antiproliferative activity of *Syzygium malaccense* fruit. **Tropical Journal of Natural Product Research**, v. 8, n. 9, 8432-8437, 2024.

PADOVANI, R. M., AMAYA-FARFÁN, J., COLUGNATI, F. A. B., DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

PAN, L-H., LIU, F., LUO, S-Z, LUO, J-P. Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of setyogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. **LWT**, v. 115, p. 1-8, 2019.

PANTOJA, L. S. G., AMANTE, E. R., RODRIGUES, A. M. C., SILVA, L. H. M. World scenario for the valorization of byproducts of buffalo milk production

chain. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 364, p. 132605, 2022.

PATEL, K. K., SUREKHA, D. B., TRIPATHI, M., ANJUM, M. M., MUTHU, M. S., TILAK, R., AGRAWAL, A. K., SINGH, S. Antibiofilm Potential of Silver Sulfadiazine-Loaded Nanoparticle Formulations: a study on the effect of dnase-i on microbial biofilm and wound healing activity. **Molecular Pharmaceutics**, [S.L.], v. 16, n. 9, p. 3916-3925, 18 jul. 2019

PAZZINI, I. A. E., MELO, A. M., RIBANI, R. H. Bioactive potential, health benefits and application trends of *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (Malay apple): A bibliometric review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 1155-1169, 2021.

PELLEGRINI, M.; LUCAS-GONZALES, R.; RICCI, A.; FONTECHA, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 111, p. 38-46, jan. 2018.

PEREIRA, J. A., PINTO, S. S., DIAS, C. O., VIEIRA, M. P. T., RIBEIRO, D. H. B., AMBONI, R. D. M. C., FRITZEN-FREIRE, C. B. Potentially symbiotic fermented milk: a preliminary approach using lactose-free milk. **LWT**, [S.L.], v. 118, p. 108847, 2020.

PÉREZ-CHABELA, M. L.; CEBOLLÓN-JUÁREZ, A.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; TOTOSAUS, A. Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 42, p. 1-8, out. 2022.

PIEKARSKI-BARCHIK, P.; ÁVILA, S.; FERREIRA, S. M. R.; SANTOS, N. C. S.; MARQUES, F. A.; SANTOS, M. P. DOS; GRASSI, M. T.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G. Mineral Content, Antioxidant Activity and Essential Oil of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. Leaves: plant from south american biodiversity. **Chemistry & Biodiversity**, [S.L.], v. 18, n. 8, p. 21-27, 22 jun. 2021.

PIEREZAN, M. D., MELO, A. P. Z., CHACON, W. D. C., BIDIM, M. F., VALENCIA, G. A., PIMENTEL, T. C., VERRUCK, S. Recent Advances on Emerging Carbohydrates-Based Prebiotics and its Potential Food Sources:

marine algae, seaweeds, tropical fruits, and agri :food wastes. **Starch - Stärke**, [S.L.], v. 76, n. 1-2, p. 1-12, 29 abr. 2023.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidante capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Analytical Biochemistry**, v. 269, p. 337–341, 1999.

PIMENTEL, T. C. BRANDÃO, L. R., OLIVEIRA, M. P., COSTA, W. K. A., MAGNANI, M. Health benefits and technological effects of *Lactocaseibacillus casei*-01: an overview of the scientific literature. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 114, p. 722-737, 2021.

PITCHAIPILLAI, R.; PONNIAH, T. In Vitro Antidiabetic Activity of Ethanolic Leaf Extract of *Bruguiera Cylindrica* L. – Glucose Uptake by Yeast Cells Method. **Int. Biol. Biomed. J.**, v. 2, n. 4, p. 171-175, 2016.

PRASNIEWSKI, A., SILVA, C., AYRES, B. R. B., SILVA, E. A., PILAU, E. J., NANI, B. D., ROSALEN, P. L., OLDONI, T. L. C. Characterization of phenolic compounds by UHPLC-QTOF-MS/MS and functional properties of *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry leaves. **South African Journal of Botany**, v. 139, p. 418-426, 2021.

RADDATZ, G. C., PINTO, V. S., ZEPKA, L. Q., BARIN, J. S., CICHOSKI, A. J., SILVA, C. B., LOZANO-SANCHEZ, J., CRUZ, A. G., MENEZES, C. R. Use of red onion (*Allium cepa* L.) residue extract in the co-microencapsulation of probiotics added to a vegan product. **Food Research International**, [S.L.], v. 161, p. 111854, 2022.

RADDATZ, G. C., FONSECA, V. R., CICHOSKI, A. J., ZEPKA, L. Q., JACOB-LOPES, CAMPAGNOL, P. C. B., WAGNER, R., MULLER, E. I., FLORES, E. M. M., SILVA, C. B., MENEZES, C. R. Viability and stability evaluation of *Lactocaseibacillus casei* LC03 co-encapsulated with red onion (*Allium cepa* L.) peel extract. **LWT**, [S.L.], v. 153, p. 112434, 2022.

RAJAN, M.; GUEDES, T. J. F. L.; BARBOSA, P. F.; ARAÚJO, H. C. S.; NARAIN, N. Development on chemical characteristics including the bioactive compounds and antioxidant activity during maturation of jambolan (*Syzygium cumini* L.) fruit. **Food Measure**, 17, 2247–2260, 2023.

RANA, Z. H., ALAM, M. K., AKHTARUZZAMAN, M. Nutritional Composition, Total

Phenolic Content, Antioxidant and α -Amylase Inhibitory Activities of Different Fractions of Selected Wild Edible Plants. **Antioxidants**, [S.L.], v. 8, n. 7, p. 203-209, 1 jul. 2019.

REVERS, L. M.; DANIELLI, A. J.; ILTCHENCO, S.; ZENI, J.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J. Obtenção e caracterização de iogurtes elaborados com leites de ovelha e de vaca. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 63, n. 6, p. 747-753, dez. 2016.

RIGUETO, C. V. T., NAZARI, M. T., EVARISTO, L. M., ROSSETTO, M., DETTMER, A., GERALDI, C. A. Q., PICCIN, J. S. Influência da temperatura de secagem de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry) em camada de espuma. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 1-14, 2020.

RINALDI, L., RIOUX, L-E., BRITTEN, M., TURGEON, S. L. *In vitro* bioaccessibility of peptides and amino acids from yogurt made with starch, pectin, or β -glucan. **International Dairy Journal**, v. 46, p. 39-45, 2015.

ROMUALDO, G. R., SOUZA, I. P., SOUZA, L. V., PRATA, G. B., FRAGA-SILVA, T. F. C., SARTORI, A., BORGUINI, R. G., SANTIAGO, M. C., P. A., FERNANDES, A. A. H., COGLIATI, B., BARBISAN, L. F. Beneficial effects of anthocyanin-rich peels of Myrtaceae fruits on chemically-induced liver fibrosis and carcinogenesis in mice. **Food Research International**, v. 139, p. 109964, 2021.

RUIZ, GABRIEL PALERMO; CAMARA, HENRIQUE; FAZOLINI, NARAYANA P.B.; MORI, MARCELO A.. Extracellular miRNAs in redox signaling: health, disease and potential therapies. **Free Radical Biology And Medicine**, [S.L.], v. 173, p. 170-187, set. 2021.

RUMPF, J., BURGER, R., SCHULZE, M. Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. **International Journal of Biological Macromolecules**, 223, 123470, 2023.

RYAN, J., HUTCHINGS, S. C., FANG, Z., BANDARA, N., GAMLATH, S., AJLOUNI, S., RANADHEERA, C. S. Microbial, physico-chemical and sensory characteristics of mango juice-enriched probiotic dairy drinks. **International Journal of Dairy Technology**, 73(1), 182-190, 2020.

SAEED, M. K., ZAHRA, N., SAEED, A., ABIDI, S. H. I., SYED, Q. *Syzygium Cumini* L. Seed A Potent Source of Fiber, Protein and Natural Antioxidants. **Lahore**

Garrison University Journal Of Life Sciences, [S.L.], v. 6, n. 03, p. 252-267, 15 set. 2022.

SAFDARI, Y., VAZIFEDOOST, M., DIDAR, Z., HAJIROSTAMLOO, B. The effect of banana fiber and banana peel fiber on the chemical and rheological properties of symbiotic yogurt made from camel milk. **Int. J. Food Sci.**, 2021.

SALMAN, K. H.; MEHANY, T.; ZAKI, K. G.; AL-DOURY, M. K. W. Development of functional probiotic yogurt from buffalo milk supplemented with red beetroot (*Beta vulgaris* L.) as an antioxidant, natural colorant, and starter growth stimulant. **Food Chemistry Advances**, [S.L.], v. 5, p. 100776, dez. 2024.

SAMEER, B., GANGULY, S., KHETRA, Y., SABIKHI, L. Development and Characterization of Probiotic Buffalo Milk Ricotta Cheese. **LWT**, [S.L.], v. 121, p. 108944, 2020.

SANI, A. N. M., ADZAHAN, N. M., ISMAIL-FITRY, M. R. Valorization of malaysian tropical fruit seeds: a review of their nutrition, bioactivity, processing and food application. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 50, p. 1-12, dez. 2022.

SANTOS, J. S., DEOLINDO, C. T. P., HOFFMANN, J. F., CHAVES, F. C., PRADO-SILVA, L., SANT'ANA, A. S., AZEVEDO, L., CARMO, M. A. V., GRANATO, D. Optimized *Camellia sinensis* var. *sinensis*, *Ilex paraguariensis* and *Aspalathus linearis* blend presentes high antioxidante and antiproliferative activities in a beverage model. **FoodChemistry**, v. 254, p. 348-358, 2018.

SANTOS, L. F., BIDUSKI, B., LOPES, S. T., BERTOLIN, T. E., SANTOS, L. R. Brazilian native fruit pomace as a source of bioactive compounds on starch-based films: antimicrobial activities and food simulator release. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 242, p. 1-7, jul. 2023.

SANTOS, G. P., MIRANDA, B. M., DI-MEDEIROS, M. C. B., ALMEIDA, v. O., FERREIRA, R. D., MORAIS, D. A. B., QUEIROZ, D. L. A., LELES, M. I. G., LIÃO, L. M., FERNANDES, K. F. The potential exploitation of the Malay-red apple (*Syzygium malaccense*) seed as source of a phosphorylated starch. **Carbohydrate Research**, [S.L.], v. 535, p. 1-15, jan. 2024.

SERT, D., MERCAN, E., KILINC, M. Development of buffalo milk ice-cream by high pressure-homogenization of mix: physicochemical, textural and microstructural characterization. **LWT**, [S.L.], v. 150, p. 112013, 2021.

SHANOOBA P. M.; TUNGARE, K.; SUNARIWAL, S.; SONAWANE, S. Extraction and Characterization of Polyphenols from *Artocarpus heterophyllus* and Its Effect on Oxidative Stability of Peanut Oil. **International Journal Of Fruit Science**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 1134-1155, 11 jun. 2020.

SHEIKH, S., SIDDIQUE, F., AMEER, K., AHMAD, R. S., HAMEED, A., EBAD, A., AHMED, I. A. M., SHIBLI, S. Effects of white mulberry powder fortification on antioxidant activity, physicochemical, microbial and sensorial properties of yogurt produced from buffalo milk. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 204-215, 15 set. 2022.

SHINDE, J., TALDONE, T., BARLETTA, M., KUNAPARAJU, N., HU, B., KUMAR, S. Alpha-glucosidase inhibitory activity of *Syzygium cumini* (Linn.) Skeels seed kernel in vitro and in Goto-Kakizaki (GK) rats. **Carbohydr Res**, v. 343, n. 7, p. 1278-1281, 2008.

SHINOHARA, N. K. S., SILVA, A. V., COSTA, W. C. N., PADILHA, M. R. F., MONTEIRO, M. N. Diversidade frutífera encontrada no cemitério de Santo Amaro, Recife, Pernambuco, e seu valor nutricional. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v.15, n.2, p.173-197, 2018.

SHORI, A. B.; PENG, C. W. Physicochemical analysis, proteolysis activity and exopolysaccharides production of herbal yogurt fortified with plant extracts. **International Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 227-236, 2020.

SHORI, A. B., ALBALAWI, A., AL ZHRANI, A. J., AL-SULBI, O. S., BABA, A. S. Microbial analysis, antioxidant activity, and sensory properties of yoghurt with different starter cultures during storage. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 126, p. 105267, 2022.

SHORI, A. B., ALJOHANI, G. S., AL-ZHRANI, A. J., AL-SULBI, O. S., BABA, A. S. Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. **LWT**, [S.L.], v. 153, p. 112482, 2022.

SILVA, L. C. N., JÚNIOR, C. A. S., SOUZA, R. M., MACEDO, A. J., SILVA, M. V., CORREIA, M. T. S. Comparative analysis of the antioxidant and DNA protection capacities of *Anadenanthera colubrina*, *Libidibia ferrea* and *Pityrocarpa moniliformis* fruits. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, n. 1, p. 2222-2228, 2011.

SILVA, F. A., OLIVEIRA, M. E. G., FIGUEIREDO, R. M. F., SAMPAIO, K. B., SOUZA, E. L., OLIVEIRA, C. E. V., PINTADO, M. M. E., QUEIROGA, R. C. R. E. Effect of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food & Function**, v. 7, p. 1-30, 2017.

SILVA, T. M. S., PIAZENTIN, A. C. M., MENDONÇA, C. M. N., CONVERTI, A., BOGSAN, C. S. B., MORA, D., LOIVEIRA, R. P. S. Buffalo milk increases viability and resistance of probiotic bacteria in dairy beverages under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 103, n. 9, p. 7890-7897, 2020.

SILVA, W. B.; LOURENÇO-COSTA, V. V.; CAMPOS, H. O. B.; SANTOS, W. M.; BEZERRA, A. S.; SILVA, J. A. R.; LOURENÇO-JÚNIOR, J. B. Elaboration and Quality of Greek Yogurt (Iabneh) from Buffalo Milk Supplemented with Plus açai jelly (Euterpe oleracea Mart.). **Journal Of Agricultural Studies**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 268, 20 jan. 2021.

SILVA, F. A., QUEIROGA, R. C. R. E., SOUZA, E. L., VOSS, G. B., BORGES, G. S. C., LIMA, M. S., PINTADO, M. M. E., VASCONCELOS, M. A. S. Incorporation of phenolic-rich ingredients from integral valorization of Isabel grape improves the nutritional, functional and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 369, p. 130957, 2022.

SILVA, F. A.; QUEIROGA, R. C. R. E.; SOUZA, E. L.; VOSS, G. B.; PINTADO, M. M. E.; VASCONCELOS, M. A. S. Ingredients from integral valorization of Isabel grape to formulate goat yogurt with stimulatory effects on probiotics and beneficial impacts on human colonic microbiota in vitro. **Food Science And Human Wellness**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 1331-1342, jul. 2023.

SILVA, S. M.; FERREIRA, J. C. S. Development and evaluation of the nutritional composition of gourmet yogurt through natural fermentation enriched with Brazil nuts. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. e11913244990, 2024.

SINGH, PRITEE; ROY, T.K.; KANUPRIYA, C.; TRIPATHI, P.C.; KUMAR, PRAKASH; SHIVASHANKARA, K.S. Evaluation of bioactive constituents of *Garcinia indica* (kokum) as a potential source of hydroxycitric acid, anthocyanin, and phenolic compounds. **LWT**, [S.L.], v. 156, p. 112999, 2022.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with

Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal Of Enology And Viticulture**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOBEH, M., ESMAT, A., PETRUK, G., ABDELFAHATTAH, M. A. O., DMIRIEH, M., MONTI, D. M., ABDEL-NAIM, A. B., WINK, M. Phenolic compounds from *Syzygium jambos* (Myrtaceae) exhibit distinct antioxidant and hepatoprotective activities in vivo. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 41, p. 223-231, 2018.

SOWNDHARARAJAN, K., SIDDHURAJU, P., MANIAN, S. Antioxidant and free radical scavenging capacity of the underutilized legume *Vigna vexillate* (L.) A. Rich. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 2, p. 160-165, 2011.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Versão 4. Unicamp, São Paulo, 2011.

TAK, Y.; KAUR, M.; JAIN, M. C.; SAMOTA, M. K.; MEENA, N. K.; KAUR, G.; KUMAR, R.; SHARMA, D.; LORENZO, J. M.; AMAROWICZ, R. Jamun Seed: a review on bioactive constituents, nutritional value and health benefits. **Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences**, [S.L.], v. 72, n. 3, p. 211-228, 5 set. 2022.

TAMI, S. H. ALY, E., DARWISH, A. A., MOHAMED, E. S. Buffalo stirred yoghurt fortified with grape seed extract: new insights into its functional properties. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 47, p. 101752, 2022.

TARIFA, M. C., PIQUERAS, C. M., GENOVESE, D. B., BRUGNONI, L. I. Microencapsulation of *Lactocaseibacillus casei* and *Lactobacillus rhamnosus* in pectin and pectin-inulin microgel particles: effect on bacterial survival under storage conditions. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 179, p. 457-465, 2021.

THEAGARAJAN, R., NARAYANASWAMY, L. M., DUTTA, S., MOSES, J. A., CHINNASWAMY, A. Valorisation of grape pomace (cv. Muscat) for development of functional cookies. **International Journal Of Food Science & Technology**, [S.L.], v. 54, n. 4, p. 1299-1305, 7 fev. 2019.

THOMPSON, P. T.; BOAMAH, V. E.; BADU, M. In-vitro antioxidant, antimicrobial and phytochemical properties of extracts from the pulp and seeds of the African baobab fruit (*Adansonia digitata* L.). **Heliyon**, [S.L.], v.

10, n. 8, p. 29-36, abr. 2024.

TRIBST, A. A. L., FALCADE, L. T. P., CARVALHO, N. S., JUNIOR, B. R. C. L., OLIVEIRA, M. M. Using stirring and homogenization to improve the fermentation profile and physicochemical characteristics of set yogurt from fresh, refrigerated and frozen/thawed sheep milk. **LWT**, [S.L.], v. 130, p. 109557, 2020.

TUKIRAN, D. O. P. D. Antibacterial activity of methanol extracts of the jambu-bol plants (*Syzygium malaccense*) against *Escherichia coli* bacteria. **UNESA Journal of Chemistry**, 8(2), 67–73, 2019.

TYUTKOV, N., ZHERNYAKOVA, A., BIRCHENKO, A., EMINOVA, E., NADTOCHII, L., BARANENKO, D. Probiotics viability in frozen food products. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 50, p. 101996, 2022.

UDDIN, A. B. M. N., HOSSAIN, F., ALI REZA, A. S. M., NASRIN, M. S., ALAM, A. H. M. K. Traditional uses, pharmacological activities, and phytochemical constituents of the genus *Syzygium*: A review. **Food Science and Nutrition**, v. 10, p. 1789-1819, 2022.

VADU, S., MODI, N. R., PRAJAPATI, M. A REVIEW ON PHYTOCHEMISTRY AND TRADITIONAL THERAPEUTIC BENEFITS OF *SYZYGIUM MALACCENSE* (L.). **International Association of Biologicals and Computational digest**, v. 2, n. 1, p. 275-286, 2023.

VAREDESARA, M. S.; ARIALL, P.; HESARI, J. The effect of grape seed protein hydrolysate on the properties of stirred yogurt and viability of *Lactobacillus casei* in it. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 2180-2190, 18 fev. 2021.

VASCONCELOS, K. M. C. S. G.; COSTA, J. G.; PAVÃO, J. M. S. J.; FONSECA, S. A.; MIRANDA, P. R. B.; MATOS-ROCHA, T. J.; FREITAS, J. D.; SOUSA, J. S.; MELO, I. S. V.; SANTOS, A. F.. Evaluation of nutritional composition of flour residue of mangaba processing. **Brazilian Journal Of Biology**, [S.L.], v. 83, p. 1-9, 2023.

VÁZQUEZ, C. V.; ROJAS, M. G. V.; RAMÍREZ, C. A.; CHÁVEZ-SERVÍN, J. L.; GARCÍA-GASCA, T.; MARTÍNEZ, R. A. F.; GARCÍA, O. P.; ROSADO, J.

L.; LÓPEZ-SABATER, C. M.; CASTELLOTE, A. I. Total phenolic compounds in milk from different species. Design of an extraction technique for quantification using the Folin–Ciocalteu method. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 176, p. 480-486, jun. 2015.

VUOLO, M. M., BATISTA, A. G., BIASOTO, A. C. T., CORREA, L. C., JUNIOR, M. R. M., LIU, R. H. Red-jambo peel extract shows antiproliferative activity against HepG2 human hepatoma cells. **Food Research International**, [S.L.], v. 124, p. 93-100, 2019.

WANDERLEY, R. O. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, F. S.; SILVA, A. P. F.; PAIVA, Y. F.; MOURA, H. V.; SILVA, E. T. V.; CARVALHO, A. J. B. A.; LIMA, M. S. Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours. **LWT**, [S.L.], v. 189, p. 115514, nov. 2023.

WANG, S.; FANG, Y.; XU, Y.; ZHU, B.; PIAO, J.; ZHU, L.; YAO, L.; LIU, K.; WANG, S.; ZHANG, Q. The effects of different extraction methods on physicochemical, functional and physiological properties of soluble and insoluble dietary fiber from *Rubus chingii* Hu. fruits. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 93, p. 105081, jun. 2022.

WAQAS, M.; RAFIQ, S.; HAYAT, I.; HUSSAIN, S.; MURTAZA, A.; QAYYUM, A.; KHAN, D. Assessment of Physico-Chemical and Functional Characteristics of Yogurt Enriched with Mint Extract and Probiotics. **Journal Of Agriculture And Veterinary Science**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 399-410, 16 out. 2024.

WOISKY, R. G; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal Of Apicultural Research**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 99-105, jan. 1998.

XAVIER, V. L.; FEITOZA, G. S.; BARBOSA, J. M. L.; ARAÚJO, K. S.; SILVA, M. V.; CORREIA, M. T. S.; SOUZA, M. P.; CUNHA, M. G. C. Nutritional and technological potential of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. **An Acad Bras Ciênc**, 94, 1, 2022.

XU, W., LI, J., CHEN, J., XU, J., ZHENG, D., WU, M., MU, Y., HUANG, X., LI, L. Discovery, preparation, and characterization of lipid-lowering alkylphenol derivatives from *Syzygium jambos* fruit. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 396, p. 133668, dez. 2022.

YAMAMOTO, N., UEDA-WAKAGI, M., SATO, T., KAWASAKI, K., SAWADA, K.,

KAWABATA, K., AKAGAWA, M., ASHIDA, H. Measurement of Glucose Uptake in Cultured Cells. **Current Protocols In Pharmacology**, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 1-11, dez. 2015.

ZAHID, H. F., RANADHEERA, C. S., FANG, Z., AJLOUNI, S. Utilization of Mango, Apple and Banana Fruit Peels as Prebiotics and Functional Ingredients. **Agriculture**, [S.L.], v. 11, n. 7, p. 1-10, 24 jun. 2021.

ZEKRUMAH, M.; BEGUA, P.; RAZAK, A.; WAHAB, J.; MOFFO, N.; IVANE, A.; OMAN, M.; ELRASHIED, H.; ZOU, X.; ZHANG, D. Role of dietary polyphenols in non-communicable chronic disease prevention, and interactions in food systems: an overview. **Nutrition**, [S.L.], v. 112, p. 112034, ago. 2023.

ZHANG, Y., COLLI, L., BARKER, J. S. F. Asian water buffalo: domestication, history, and genetics. **Animal Genetics**, [S.L.], v. 51, n. 2, p. 177-191, 2020.

ZHANG, Y.; MENG, L.; AI, M.; QIAO, Y.; LIU, G.; FAN, X.; LV, X.; FENG, Z. Nutrient requirements of *Lactocaseibacillus casei* Shirota and their application in fermented milk. **LWT**, [S.L.], v. 118, p. 108735, 2020.

ZHANG, Y.; LI, Y.; REN, X.; ZHANG, X.; WU, Z.; LIU, L. The positive correlation of antioxidant activity and prebiotic effect about oat phenolic compounds. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 402, p. 134231, fev. 2023.

ZICARELLI, L., DI PALO, R., NAPOLANO, R., TONHATI, H., DE CARLO, E., GAGLIARDI, R., DI LUCCIA, A., LA GATTA, B. Influence of α S1-casein and κ -casein polymorphism on the curd yield of Italian Mediterranean buffalo (*Bubalus bubalis* L.) milk. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 100, p. 104559, 2020.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE – CCS
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS-Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **“Desenvolvimento de iogurte de búfala adicionado de geleia de polpa e da farinha de resíduos de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*): caracterização nutricional, tecnológica e funcional”**, que está sob a responsabilidade do pesquisador Pedro César Andrade do Nascimento (Rua Cento e sete, nº 135, Jardim Maranguape, Paulista-PE, CEP:53442-100, Fone: (81) 997587578, e-mail: Pedro.cesarn@ufpe.br). A pesquisa está sob a orientação da Prof.^a. Dr.^a. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos, Fone: (81) 986923615, e-mail: margarida.vasconcelos@ufpe.br.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou se recusar. Caso não aceite participar ou deseje retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, não haverá nenhuma penalidade, desistir é um direito seu.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Esta pesquisa consiste na utilização de leite de búfala, matriz láctea com consumo crescente no mercado, e o jambo-vermelho, fruta tropical muito apreciada na nossa região. O objetivo é desenvolver formulações de iogurtes de búfala, adicionados de geleia de polpa e farinha de sementes do jambo-vermelho. A metodologia é composta pela elaboração das formulações de iogurte; caracterização físico-química e reológica, análise microbiológica e análise sensorial dos iogurtes através dos testes de aceitação, de intenção de compra e de ordenação/preferência. A sua participação ocorrerá da seguinte maneira:

- a) Cada participante receberá quatro amostras codificadas de iogurte, juntamente com ficha de avaliação da amostra, copo com água mineral. Os participantes receberão um formulário para cada produto, contendo 3 quesitos cada um. Os quesitos apresentam subitens, que totalizam 11 pontos a serem respondidos. A análise de cada produto levará em torno de 15 minutos para ser completada.
- b) A degustação ocorrerá em local apropriado, com iluminação e temperatura controlada de 26 ± 1 °C, em cabines individuais com cadeira e mesa, respeitando o intervalo de 2 horas antes ou depois da refeição.
- c) Um risco inerente à análise sensorial em si, consiste em processos alérgicos ou possíveis desconfortos derivados de intolerância que o participante possua

a algum dos ingredientes da amostra. Desta forma, os provadores serão questionados previamente se estão acostumados a consumir fermentados lácteos e se possuem alguma intolerância a estes produtos, bem como serão orientados quanto aos prováveis desconfortos, sendo neste último caso confirmativo, considerados isentos da participação na avaliação sensorial. Serão garantidos todos os cuidados necessários à participação de acordo com os direitos individuais e respeito ao bem-estar físico e psicológico.

- d) Não haverá benefícios diretos aos participantes por realizarem a análise sensorial. Como benefícios indiretos, os participantes contribuirão para o desenvolvimento da pesquisa na área de aproveitamento de resíduos e alimentos funcionais, sendo parte fundamental para a finalização deste trabalho. O iogurte é um alimento que apresenta propriedades favoráveis para a saúde humana, com dados comprovados cientificamente. A inovação de um iogurte a partir de leite de búfala, não somente agrega valor, como também aumenta o valor nutricional do alimento. O fato do jambo-vermelho ser uma fruta tropical muito consumida e apreciada na região Nordeste torna o produto mais chamativo ao público. A análise sensorial é uma etapa fundamental para identificação do potencial de produtos alimentícios a serem lançados no mercado, pois as respostas dos participantes atuam como guia para a melhora desses produtos com composição diferenciada.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (formulários) ficarão armazenados em pastas de arquivos e no computador pessoal, sob a responsabilidade do orientador, no endereço Av. Professor Moraes Rêgo, 1235, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50670-901 (Departamento de Ciências Médicas), pelo período mínimo de 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br.**

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **“Desenvolvimento de iogurte de búfala adicionado de geleia de polpa e da farinha de resíduos de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*): caracterização nutricional, tecnológica e funcional”**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.

(02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Você está recebendo 4 amostras de iogurte de búfala com diferentes proporções de geleia de polpa e farinha de sementes de jambo-vermelho. Por favor, prove cada uma das amostras da esquerda para a direita, bebendo água entre as amostras. Após a degustação, atribua notas para cada característica avaliada.

TESTE DE ACEITAÇÃO

Avalie quanto aos quesitos aparência, cor, consistência, aroma, sabor e avaliação global, o quanto você gostou ou desgostou do produto:

- 9 Gostei muitíssimo (adorei)
- 8 Gostei muito
- 7 Gostei moderadamente
- 6 Gostei ligeiramente
- 5 Nem gostei/Nem desgostei
- 4 Desgostei ligeiramente
- 3 Desgostei moderadamente
- 2 Desgostei muito
- 1 Desgostei muitíssimo (detestei)

Códigos				
	_____	_____	_____	_____
Aparência				
Cor				
Consistência				
Aroma				
Sabor				
Avaliação Global				

TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

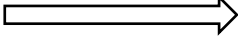
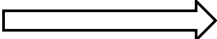
Por favor, avalie a sua intenção de compra, caso estes produtos estivessem à venda:

- 5 Certamente compraria
 4 Provavelmente compraria
 3 Tenho dúvidas se compraria
 2 Provavelmente não compraria
 1 Jamais compraria

Códigos	_____	_____	_____	_____
Nota				

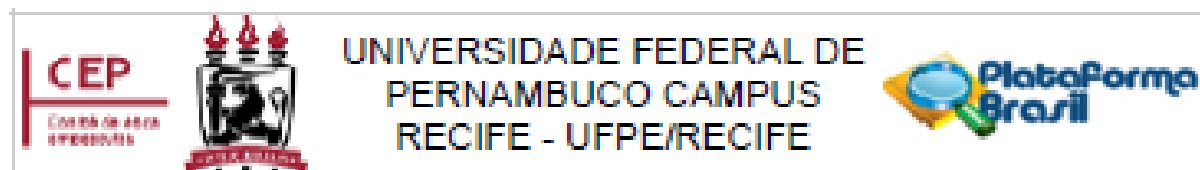
TESTE DE ORDENAÇÃO-PREFERÊNCIA

Após avaliar as 4 amostras, indique qual delas você prefere, seguindo a ordem:

Mais preferida			Menos preferida
1° lugar	2° lugar	3° lugar	4° lugar
_____	_____	_____	_____

Observações:

Obrigado por sua participação!



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE BÚFALA ADICIONADO DE GELEIA DE POLPA E DA FARINHA DE RESÍDUOS DE JAMBO-VERMELHO (*Syzygium malaccense*): caracterização nutricional, tecnológica e funcional

Pesquisador: PEDRO CESAR ANDRADE DO NASCIMENTO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 77395724.4.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.746.328

Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa de doutorado do aluno PEDRO CESAR ANDRADE DO NASCIMENTO, da Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, orientado pela Profª. Drª. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos e coorientado pela Profª. Drª. Patrícia Moreira Azoubel. A pesquisa irá desenvolver iogurtes de leite de búfala, adicionados de geleia de polpa e farinha de sementes de jambovermelho (*Syzygium malaccense*), além de caracterizar nutricional e tecnologicamente os iogurtes obtidos. Os iogurtes serão avaliados quanto às suas características físico-químicas e reológicas, além de sua qualidade microbiológica e sensorial. A avaliação sensorial dos iogurtes produzidos ocorrerá por testes afetivos de aceitação, intenção de compra e o método JAR (Just About Right). O desenvolvimento deste produto possibilitará um maior aproveitamento e valorização integral do jambó-vermelho na elaboração de produtos ricos em nutrientes e fitoquímicos. Do mesmo modo, permite a utilização de uma nova matriz láctea para elaboração de produtos fermentados, passíveis de aplicação no mercado, contribuindo para o fortalecimento da economia circular através de uma produção de alimentos sustentável.

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.746-800
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2128-8588 Fax: (81)2128-3183 E-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br