

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

RAFAELA DIOGO SILVEIRA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UMBU (*Spondias tuberosa*) PARA A
PRODUÇÃO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DO TIPO ESPUMANTE

PORTO ALEGRE

2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

RAFAELA DIOGO SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UMBU (*Spondias tuberosa*) PARA A
PRODUÇÃO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DO TIPO ESPUMANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre(a).

Orientadora: Prof. Dra. Juliane Elisa Welke

Coorientadora: Prof. Dra. Claudia Alcaraz Zini

PORTO ALEGRE

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Silveira, Rafaela Diogo
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UMBU (Spondias tuberosa)
PARA A PRODUÇÃO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DO TIPO
ESPUMANTE / Rafaela Diogo Silveira. -- 2023.
142 f.
Orientadora: Juliane Elisa Welke.

Coorientadora: Claudia Alcaraz Zini.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia
de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Fruta nativa. 2. espumante. 3. perfil volátil.
4. compostos fenólicos. 5. atividade antioxidante. I.
Welke, Juliane Elisa, orient. II. Zini, Claudia
Alcaraz, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RAFAELA DIOGO SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UMBU (*Spondias tuberosa*) PARA A
PRODUÇÃO DE FERMENTADO ALCOÓLICO DO TIPO ESPUMANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre(a).

Aprovado em: Porto Alegre, 10 de outubro de 2023.

Prof^a. Dr^a. Juliane Elisa Welke, UFRGS
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Claudia Alcaraz Zini, UFRGS
Coorientadora

Prof. Dr^a. Simone Hickmann Flôres – UFRGS
Examinador

Prof^a. Dr^a. Renata Dias de Mello Castanho – UFSC
Examinador

Prof. Dr^a. Anai Loreiro dos Santos – UFS
Examinador

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, seus professores, técnicos e funcionários.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Juliane Elisa Welke, e à minha coorientadora Prof^a. Dr^a. Claudia Alcaraz Zini, pela orientação, ensinamentos, dedicação, incentivo e confiança.

Aos meus colegas do Laboratório de Toxicologia de Alimentos pela parceria, apoio, cafezinhos, RUs e momentos de descontração.

Às professoras componentes da banca por terem aceito participar e contribuir para a construção final do meu trabalho.

À minha família pelo amor, educação, incentivo e apoio.

Aos meus amigos por tornarem tudo mais leve, serem a minha rede de apoio e deixarem meus dias mais especiais e engraçados.

À minha companheira, Diane Pedrini, por estar ao meu lado em todos os momentos e me incentivar a conquistar os meus sonhos.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de mestrado e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro.

A todos aqueles que contribuíram para que a realização desse trabalho fosse possível.

Muito obrigada!

*Viver e não ter a vergonha de ser feliz.
Cantar a beleza de ser um eterno aprendiz.*

RESUMO

Umbu (*Spondias tuberosa*) é uma fruta nativa do semiárido brasileiro (bioma Caatinga) e apresenta grande potencial econômico a ser explorado. O umbu é um fruto climatérico, de rápido amadurecimento e por isso grandes perdas são verificadas na produção desta fruta. São eminentes a falta de conhecimentos e técnicas que permitam a produção de novos produtos à base de umbu para viabilizar o uso racional deste fruto e agregar valor a esta cadeia produtiva. A produção de bebidas fermentadas a partir do umbu, especialmente vinho espumante, pode ser uma estratégia promissora, pois este produto possui alto valor agregado e tem despertado o interesse do consumidor, o que pode promover o desenvolvimento regional e melhor aproveitamento do fruto. O aroma e sabor das frutas e seus derivados são indicadores cruciais de qualidade, tendo os perfis voláteis e fenólicos um papel fundamental na percepção e aceitabilidade do consumidor. Buscando alternativas para o melhor aproveitamento do fruto do umbu, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um vinho espumante a partir da polpa do umbu. Para certificar a qualidade do produto desenvolvido foi realizada a caracterização química, perfil volátil, avaliação de compostos odor-ativos, composição fenólica, capacidade antioxidante e análise sensorial da polpa de umbu e seu respectivo vinho espumante. O vinho espumante obtido atendeu aos parâmetros da legislação brasileira para fermentados de frutas, sendo classificado como seco devido ao seu teor de açúcares redutores inferior a 3 g L⁻¹. Além disso, apresentou características físico-químicas semelhantes aos vinhos/espumantes elaborados a partir de uvas brancas. Foram identificados e quantificados 94 compostos voláteis, sendo que os terpenos foram majoritários. Trinta e sete compostos foram identificados como odor-ativos pelos avaliadores na análise por cromatografia gasosa associada a olfatomia (GC-O), dos quais 35 compostos conferiram atributos agradáveis ao aroma do espumante (frutado, floral, doce, herbáceo). Foram identificados 26 compostos fenólicos, sendo que a fração de compostos não-extraíveis está sendo realizada pela primeira vez em umbu. Ambas frações de compostos fenólicos extraíveis e não-extraíveis apresentaram atividade antioxidante contra os diferentes radicais testados. Esse também é o primeiro estudo a avaliar a capacidade antioxidante de fenólicos não-extraíveis de umbu. Na avaliação sensorial, o espumante de umbu apresentou notas acima de 5,5 para todos os atributos avaliados. A aceitação da aparência obteve uma nota de 7,5, do aroma 6,9, do sabor 6,3 e aceitação global de 6,8. Na análise de intenção de compra, 35% dos consumidores respondeu que provavelmente compraria o espumante de umbu, enquanto que 25% certamente compraria. O umbu tem potencial para ser utilizado na agroindústria e processado na forma de bebidas alcoólicas, gerando um produto de ótima qualidade em sua composição. O vinho espumante de umbu apresenta adequadas características físico-químicas e sensoriais, além de possuir significativa atividade antioxidante. A exploração dos frutos do umbuzeiro na forma de bebida alcoólica fermentada pode proporcionar às cooperativas um aumento na rentabilidade financeira. O produto é uma nova opção de investimento na área de bebidas para o semiárido nordestino, além de representar uma forma alternativa de agregar mais valor aos frutos do umbu.

Palavras-chave: fruta nativa, vinho, aroma, perfil volátil, compostos fenólicos, atividade antioxidante

ABSTRACT

Umbu (*Spondias tuberosa*) is a fruit native to the Brazilian semi-arid region (Caatinga biome) and has great economic potential to be explored. Umbu is a climacteric fruit, ripening quickly and therefore large losses are seen in the production of this fruit. There is an eminent lack of knowledge and techniques that allow the production of new umbu-based products to enable the rational use of this fruit and add value to this production chain. The production of fermented drinks from umbu, especially sparkling wine, can be a promising strategy, as this product has high added value and has aroused consumer interest, which can promote regional development and better use of the fruit. The aroma and flavor of fruits and their derivatives are crucial indicators of quality, with volatile and phenolic profiles playing a fundamental role in consumer perception and acceptability. Looking for alternatives for better use of the umbu fruit, the objective of this work was to develop a sparkling wine from the umbu pulp. To certify the quality of the developed product, chemical characterization, volatile profile, evaluation of odor-active compounds, phenolic composition, antioxidant capacity and sensory analysis of umbu pulp and its respective sparkling wine were carried out. The sparkling wine obtained met the parameters of Brazilian legislation for fermented fruit, being classified as dry due to its reducing sugar content of less than 3 g L⁻¹. Furthermore, it presented physical-chemical characteristics similar to wines/sparkling wines made from white grapes. 94 volatile compounds were identified and quantified, with terpenes being the majority. Thirty-seven compounds were identified as odor-active by the evaluators in the analysis by gas chromatography associated with olfactometry (GC-O), of which 35 compounds gave pleasant attributes to the aroma of the sparkling wine (fruity, floral, sweet, herbaceous). 26 phenolic compounds were identified, with the fraction of non-extractable compounds being carried out for the first time in umbu. Both extractable and non-extractable phenolic compound fractions showed antioxidant activity against the different radicals tested. This is also the first study to evaluate the antioxidant capacity of non-extractable phenolics from umbu. In the sensory evaluation, the umbu sparkling wine presented scores above 5.5 for all evaluated attributes. Appearance acceptance received a score of 7.5, aroma 6.9, flavor 6.3 and overall acceptance 6.8. In the purchase intention analysis, 35% of consumers responded that they would probably buy umbu sparkling wine, while 25% would certainly buy it. Umbu has the potential to be used in agribusiness and processed into alcoholic beverages, generating a product of excellent quality in its composition. Umbu sparkling wine has adequate physicochemical and sensory characteristics, in addition to having significant antioxidant activity. The exploitation of umbuzeiro fruits in the form of fermented alcoholic beverages can provide cooperatives with an increase in financial profitability. The product is a new investment option in the beverage sector for the semi-arid northeast, in addition to representing an alternative way of adding more value to umbu fruits.

Keywords: native fruit, wine, aroma, volatile profile, phenolic compounds, antioxidant activity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Umbuzeiro

Figura 2. Fruto umbu

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos realizados com umbu e produtos derivados

Tabela 2. Parâmetros de identidade e qualidade para bebidas fermentadas de frutas

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Umbu.....	16
3.2 Bebidas alcoólicas fermentadas	24
3.3 Perfil fenólico	26
3.4 Atividade antioxidante	28
3.5 Perfil volátil	29
3.6 Análise sensorial	30
4 ARTIGO 1	32
5 ARTIGO 2	76
6. DISCUSSÃO GERAL	131
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
REFERÊNCIAS.....	135

1 INTRODUÇÃO

Na região Nordeste do Brasil há uma alta produção de produtos tropicais, nativos e exóticos devido às condições edafoclimáticas (DE SOUZA, M. M. B. *et al.*, 2020). O consumo de frutas nativas da biodiversidade brasileira representa uma importante fonte de vitaminas e pode influenciar no cenário político nacional na diversificação da dieta e obtenção de alimentos (TUTWILER; PADULOSI; HUNTER, 2017). O bioma da Caatinga ocupa 70% do Nordeste brasileiro com uma área de 800.000 Km², e compreende nove estados brasileiros: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. As principais frutas nativas da região são o umbu, maracujá da Caatinga, jenipapo e caju.

O umbu (*Spondias tuberosa*) destaca-se por ter se adaptado às adversidades climáticas da região nordeste, possui raízes tuberosas que armazenam água para a época de estiagem, e por essa característica é também chamado de “árvore sagrada do Sertão”. O período de floração e frutificação ocorre durante o período de ausência de chuvas na região semiárida. O umbu é considerado um símbolo de resistência cultural pelos agricultores familiares, a prática de coleta dos frutos é passada de geração em geração. O extrativismo do fruto do umbuzeiro apresenta grande importância para as populações rurais, garantindo uma fonte de renda extra (BARRETO & CASTRO, 2010; COSTA, 2011).

O umbu pertence à família *Anacardiaceae* e apresenta alta diversidade genética, e relevante valor comercial para o mercado interno, sendo bastante promissor devido à expansão do consumo *in natura*, polpas, geleias, conservas, sorvetes e bebidas. Em 2019 foram geradas 8.544 toneladas de umbu no Brasil, enquanto que em 2020 a produção subiu para 9.467 toneladas no Brasil (IBGE, 2020).

O umbu é um fruto climatérico, de rápido amadurecimento e por isso enormes perdas são verificadas na produção desta fruta. Este fato justifica a necessidade de desenvolvimento de novos produtos para o seu aproveitamento integral, como por exemplo, as bebidas alcoólicas fermentadas (MERLINO *et al.*, 2021). Pesquisas têm sido desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Semiárido (Petrolina, Pernambuco), parceira deste projeto, para o melhor aproveitamento dos frutos, principalmente para a fabricação de doces e de suco concentrado, e no aproveitamento do xilopódio de plantas jovens cultivadas em viveiros para a fabricação de pickles (ARAÚJO *et al.*, 2009). Até o presente momento, os estudos realizados com o fruto umbu foram

focados na sua caracterização físico-química, atividade antioxidante, composição fenólica total e de carotenoides (CANGUSSU *et al.*, 2021; DE ASSIS *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2020).

É considerado fermentado de fruta a bebida que possuir graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica do mosto, suco integral ou concentrado, ou polpa (MAPA, 2009). Há diversos estudos sobre a utilização frutas para a elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas, como: pera (YANG, H. *et al.*, 2019), kiwi (LIU *et al.*, 2020), manga (PATEL *et al.*, 2021), abacaxi (RODA *et al.*, 2017), laranja (HU *et al.*, 2018) e pêssego (DAVIDOVIĆ *et al.*, 2013), ameixa (MILJIĆ *et al.*, 2017).

As frutas nativas, bem como os seus respectivos produtos são fonte de compostos bioativos, como os compostos fenólicos e os carotenoides (ZERAİK *et al.*, 2016). Os compostos fenólicos podem ser classificados como livres (extraídos de maneira convencional com a utilização de solventes orgânicos) e ligados (permanecem nos resíduos das extrações convencionais, sendo liberados apenas após hidrólise química ou enzimática). Assim como os fenólicos livres, os compostos ligados também possuem atividade antioxidante, antiproliferativa, anti-inflamatória, entre outras (PÉREZ-JIMÉNEZ; DÍAZ-RUBIO; SAURA-CALIXTO, 2013). O principal método analítico utilizado para quantificação de compostos fenólicos é cromatografia líquida com detecção por absorção ultravioleta (UV) e/ou arranjo de diodos (DAD), e para a identificação o mais utilizado é a espectrometria de massas (MS) (HARRISON; CURLEY, 2016).

A atividade antioxidante relacionada à presença de compostos é comumente mensurada através de métodos *in vitro* diretos, indiretos ou baseados na reação da sonda competitiva. Ao avaliar a atividade antioxidante, é altamente recomendado utilizar pelo menos dois métodos que apresentem mecanismos de reação diferentes, com um deles utilizando o radical peroxil, devido sua prevalência nos sistemas biológicos e outro utilizando o mecanismo de redução, como o ABTS⁺, por exemplo (RONALD & XIANLI, 2005).

O perfil volátil desempenha um papel fundamental na determinação da aceitabilidade dos produtos pelos consumidores. O aroma é uma mistura complexa de compostos voláteis e cada fruta tem um aroma distinto, que depende dessa combinação de voláteis, a concentração e o limite de percepção de cada composto (EL HADI *et al.*, 2013). O umbu possui aroma refrescante e gosto azedo. A cromatografia gasosa (GC) acoplada à espectrometria de massas (MS) é a técnica mais utilizada para a caracterização

do perfil volátil de matrizes alimentares e bebidas (STRĄCZYŃSKI; LIGOR, 2018). Enquanto que, a avaliação dos compostos odor-ativos, que desempenham um papel fundamental no aroma e sabor, pode ser feita usando a GC associada a olfatométrica (GC-O) (WELKE *et al.*, 2021).

Ressalta-se, portanto, que a caracterização de frutas nativas, como o umbu, é importante para avaliar o seu potencial para o desenvolvimento de novos produtos, de modo a valorizar a produção local e o aproveitamento integral dos frutos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial do fruto umbu (*Spondias tuberosa*) do bioma Caatinga para a produção de fermentado alcoólico do tipo espumante.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as características físico-químicas da polpa de umbu, do vinho base e do fermentado alcoólico do tipo espumante;
- Determinar o perfil de compostos fenólicos (extraíveis e não-extraíveis) do umbu;
- Verificar a atividade antioxidante das frações de fenólicos extraíveis e não-extraíveis da polpa de umbu por diferentes métodos;
- Caracterizar o perfil volátil e os compostos odor-ativos da polpa de umbu e fermentado alcoólico do tipo espumante;
- Avaliar a aceitabilidade do consumidor através de análise sensorial do fermentado alcoólico do tipo espumante.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Umbu

O Nordeste brasileiro destaca-se pela produção de diversos produtos tropicais, exóticos e nativos, devido às condições edafoclimáticas (clima, relevo, litologia, temperatura, umidade, solo, radiação, vento, composição e precipitação pluvial) do local (DE SOUZA, *et al.*, 2020). *Spondias tuberosa* Arruda, também conhecida como umbuzeiro (Figura 1) é uma espécie vegetal endêmica do bioma da Caatinga, região semiárida do Nordeste brasileiro, que dá origem ao fruto umbu de coloração amarelada/esverdeada, com forte aroma e acidez. O umbu (*Spondias tuberosa*, Figura 1) pertence à família Anacardiaceae, apresenta alta diversidade genética, e apresenta três estádios de maturidade (verde, intermediário e maduro) que é determinado pelos pigmentos clorofila, responsável pela coloração verde, e carotenoides, responsáveis pela coloração amarelo esverdeado quando maduro (DE SOUSA GALVÃO *et al.*, 2011). Sua polpa é rica em ácido ascórbico, minerais, taninos e compostos fenólicos, apresenta teor de sólidos solúveis de aproximadamente 9,5° Brix, pH entre 2,5 e 3,0 e acidez em ácido cítrico de 1,2%. É também fonte de vitaminas solúveis (B1, B2, B3, A e C) e minerais como cálcio, fósforo e ferro. O peso da fruta varia de 8 a 23g, sendo 22% de casca, 68% de polpa e 10% de semente (VIDIGAL *et al.*, 2011).

Figura 1. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) (EMBRAPA, 2014)



Figura 2. Fruto Umbu (EMBRAPA, 2015; RIBEIRO, L. de O. *et al.*, 2019)



O umbu tem um importante valor comercial para o mercado interno, é uma fruta de grande importância para o bioma da Caatinga, sendo considerado um produto do extrativismo que possui um papel relevante para a renda da população local, e bastante promissor devido à expansão do consumo *in natura*, polpas, geleias, conservas, sorvetes e bebidas. A safra dura cerca de quatro meses, de Janeiro a Abril, ou de Dezembro a Março. Por ser uma fruta climatérica, ela não pode ser armazenada por longos períodos, e a sua vida útil pós-colheita é de três dias em temperatura ambiente (MEDEIROS TEODOSIO *et al.*, 2021). Em 2019 foram produzidas 8.544 toneladas de umbu no Brasil, sendo 5.522 toneladas produzidas no estado da Bahia, o maior produtor nacional. Em 2020 houve um aumento na produção, chegando a 9.467 toneladas no Brasil, sendo que 5.513 toneladas foram produzidas na Bahia (IBGE, 2020). O umbu vem sendo encontrado em mercados das regiões Sul e Sudeste, o que também aumenta o interesse de comércio no mercado externo (DE SOUZA, M. M. B. *et al.*, 2020). Os estudos com umbu e produtos derivados presentes na literatura são focados na caracterização físico-química, atividade antioxidante e fenólicos totais (Tabela 1).

A Embrapa Semiárido, localizada em Petrolina/PE, tem como uma das áreas de pesquisa as frutas nativas do bioma Caatinga, incluindo o umbu que vem sendo estudado desde 1986, quando a empresa iniciou os trabalhos de pesquisa para multiplicar e manejar a espécie. A Embrapa Semiárido conta com um banco de germoplasma de umbuzeiros contendo mais de 70 acessos, e, a partir disso, vem sendo realizadas pesquisas de caracterização morfológica para detalhar a variabilidade existente, realizar melhoramento genético, e avaliar a possibilidade de uso comercial, principalmente para o processamento. Recentemente, a Embrapa desenvolveu quatro cultivares de umbuzeiro (BRS 48, BRS 52, BRS 55 e BRS 68), cujas características (ex.: sólidos solúveis 10 - 12°

Brix) atendem as demandas da cadeia produtiva para o processamento de doces, geleias, sucos, picolés, sorvetes, compotas e bebidas (EMBRAPA, 2020). A Embrapa tem buscado parceiros para o aprofundamento das pesquisas com o umbuzeiro, com o consequente desenvolvimento de tecnologias e produtos de base socioecológica, tendo impacto na geração de renda e emprego, e na recuperação e preservação das áreas degradadas. Neste sentido, estudos vêm sendo realizados conforme listado na Tabela 1. Os estudos sobre o fruto umbu são focados na caracterização físico-química (PEREIRA *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2018; DE PAULA *et al.*, 2012; CARMO *et al.*, 2012), fenólicos totais (BARREIROS *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2019; CANGUSSU *et al.*, 2021), vitaminas A, B e C (DE ASSIS *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2018), carotenoides (RIBEIRO *et al.*, 2019; DE ASSIS *et al.*, 2020; CANGUSSU *et al.*, 2021) e atividade antioxidante utilizando os radicais sintéticos 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS⁺) (RIBEIRO *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2018; BARREIROS *et al.*, 2018). Ainda não foram realizados estudos sobre o perfil fenólico (extraíveis e não-extraíveis pelos métodos convencionais), identificação dos compostos odor-ativos, atividade antioxidante das diferentes frações de compostos fenólicos e dos carotenoides.

Tabela 1. Estudos publicados na literatura focados no umbu e produtos derivados. Os dados foram obtidos nas bases de dados PubMed, Scopus e SciELO, usando as palavras-chaves umbu e *Spondias tuberosa* sem restrição de período de publicação.

Matriz	Objetivos	Parâmetros avaliados	Principais resultados	Referência
Farinha da polpa e casca de umbu	Caracterizar quimicamente e quantificar carotenoides e fenólicos	Compostos fenólicos e carotenoides (Ensaio de <i>Folin-Ciocalteu</i> , HPLC-PAD ^a) e bioaccessibilidade dos fenólicos	A farinha da polpa apresentou maior bioaccessibilidade de fenólicos e taninos extraíveis totais do que aquela proveniente da casca	CANGUSSU <i>et al.</i> (2021)
Casca de umbu	Desenvolver um polímero molecularmente impresso (MIP) para a extração de taninos condensados	um Extração e determinação de taninos condensados utilizando MIP	Os polímeros foram capazes de extrair taninos das amostras avaliadas, reduzindo o custo e o tempo do método.	MARTINS <i>et al.</i> (2020)
Fruta umbu	Quantificar vitaminas B, C e carotenóides	Determinação das vitaminas e carotenoides por HPLC-DAD	Complexo B: 0 a 1,61 mg 100g ⁻¹ , Vitamina C: 3,81 a 32,88 mg 100 g ⁻¹ , Carotenoides: 0 a 22,00 µg 100 g ⁻¹ .	DE ASSIS <i>et al.</i> (2020)

Fruto umbu	Caracterizar morfológicamente frutos de umbu de quatro municípios do semiárido paraibano	Caracterização: massa total, comprimento, diâmetro, matéria fresca e rendimento	Massa total: 21 g, comprimento: 36,2 mm, diâmetro: 33 mm, matéria fresca: 21,5 g e rendimento: 92%	PEREIRA <i>et al.</i> (2021)
Polpa de umbu conserva de umbu	Analisar a viabilidade da utilização de genótipos de umbu para processamento na forma de conservas	pH, acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares redutores, cor, vitamina C, umidade, textura e atividade de água	Acesso 37 e BRS 68 são os mais apropriados para a produção de doce em massa, com a maior firmeza e menor sinérese	SANTOS <i>et al.</i> (2021)
Polpa, casca e semente de umbu	Avaliar a composição nutricional e compostos bioativos do fruto do umbu inteiro	Composição centesimal, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante (método ABTS ⁺), e carotenoides totais	A casca apresentou maior teor fenólico e atividade antioxidante do que a semente e também se destacou pela concentração de vitamina C e carotenoides totais	RIBEIRO <i>et al.</i> (2019)
Suco de umbu	Avaliar a estabilidade química, física e microbiológica de suco de umbu	Estabilidade, composição físico-química (sólidos totais, pH, acidez, vitamina C), atividade	O suco apresentou atividade antioxidante, relacionada aos teores de vitamina C e compostos fenólicos	RIBEIRO <i>et al.</i> (2018)

antioxidante (método ABTS⁺) e
fenólicos totais

Fruto umbu	Quantificar os compostos fenólicos das frutas do gênero <i>Spondias</i>	Polifenóis totais e determinação de taninos condensados (Ensaio de <i>Folin-Ciocalteu</i>)	O conteúdo de polifenóis extraíveis totais variou de 115,77 a 198,84 mg 100 g ⁻¹ para frutas armazenadas a uma temperatura de 8 °C	SANTOS <i>et al.</i> (2018)
Fruto umbu	Determinar a atividade antioxidante in vitro e determinar os teores de compostos fenólicos totais	Fenólicos totais (Ensaio de <i>Folin-Ciocalteu</i>) e atividade antioxidante (eliminação de radical DPPH)	A composição fenólica total para o fruto umbu foi de 62.08 ± 0.069 mg 100 g ⁻¹ , e a atividade antioxidante foi de 4.83 mg mL ⁻¹	BARREIROS <i>et al.</i> (2018)

Polpa de umbu fermentado alcoólico de umbu	Desenvolver um fermentado de umbu visando a agregar valor a esse fruto e contribuir para a melhoria de renda das famílias do semiárido nordestino	Caracterização físico-química (pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável, ácido ascórbico, proteínas, entre outros) e caracterização microbiológica	O teor alcoólico, acidez total e acidez volátil ficaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente no Brasil para fermentados de frutas.	DE PAULA <i>et al.</i> (2012)
Polpa de umbu fermentado alcoólico de umbu	Elaborar bebidas alcoólicas de polpas de cacau, cupuaçu, guabiroba, jabuticaba e umbu e caracterizar	Determinação da composição volátil (GC/MS e GC-FID ^b) e análise sensorial (escala hedônica)	Os compostos voláteis majoritários no fermentado alcoólico de umbu foram 3-metil-1-butanol (261,3 mg L ⁻¹), metanol (144,9 mg L ⁻¹) e 2-metil-1-propanol (101,7 mg L ⁻¹)	DUARTE <i>et al.</i> (2010)

Polpa de umbu fermentado alcoólico de umbu	Realizar a produção e caracterização física-química do fermentado da polpa de umbu	Caracterização (pH, acidez, etanol e sólidos solúveis totais, açúcares reductores totais), rendimento e produtividade	O teor alcoólico foi de 46,6 g/L, dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira. O rendimento de álcool produzido e a produtividade foram 49,77% e 1,55 g/L, respectivamente
--	--	---	--

^aDetector de matriz de fotiodo. ^b Detecção por ionização de chama

3.2 Bebidas alcoólicas fermentadas

A sustentabilidade alimentar está ligada ao desperdício alimentar, sendo que a produção de excedentes é uma das formas de desperdício (FAO, 2011). Quando a oferta é maior que a demanda, os agricultores preferem deixar as frutas no campo, pois é mais conveniente em termos de custo. Entretanto, essa prática pode levar ao aumento de doenças nas plantas, e, conseqüentemente, o aumento do uso de pesticidas, dos custos e dos impactos no ambiente (MERLINO *et al.*, 2021).

Portanto, é necessário a introdução de novas estratégias para utilizar as frutas excedentes, tornando a cadeia produtiva mais sustentável e com valor adicional. A produção de suco de umbu apresenta alguns problemas após o processo de pasteurização, como a perda de cor e a degradação dos carotenoides (DE OLIVEIRA RIBEIRO *et al.*, 2017). Outro exemplo de produto de umbu é a geleia que têm apresentado aceitação sensorial positiva, entretanto possui baixa intenção de compra e potencial de comercialização (SOUZA, H. R. S. De *et al.*, 2018).

Bebidas com menor teor de álcool, aromaticamente agradáveis e naturalmente enriquecidas com compostos bioativos vêm se destacando e sendo cada vez mais procuradas (LIGUORI *et al.*, 2018). A produção de bebidas fermentadas a partir do umbu pode ser uma estratégia promissora, visto que o umbu é rico em carboidratos fermentescíveis, o que favorece o desenvolvimento da fermentação alcoólica (GOMES *et al.*, 2010).

Segundo o Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA), que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, fermentado de fruta é a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica do mosto, suco integral ou concentrado, ou polpa (MAPA, 2009). A Instrução normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012 estabelece os parâmetros de identidade e qualidade para bebidas fermentadas (Tabela 2) (MAPA, 2012).

Tabela 2. Parâmetros de identidade e qualidade para bebidas fermentadas de frutas (Instrução normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012).

Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo	Classificação
------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Acidez fixa (meq L ⁻¹)	30	NA	NA
Acidez total (meq L ⁻¹)	50	130	NA
Acidez volátil (meq L ⁻¹)	NA	20	NA
Anidro sulfuroso total (g L ⁻¹)	NA	0,35	NA
Cloretos totais (g L ⁻¹)	NA	0,5	NA
Extrato seco reduzido (g L ⁻¹)	12	NA	NA
Gradação alcoólica (% v/v a 20 °C)	4	14	NA
Pressão (atm.)	2	3	NA
Teor de açúcar (g L ⁻¹)	NA	≤ 3	Seco
	>3	NA	Doce ou suave

NA: não aplicável

Os vinhos espumantes pertencem à categoria de vinhos especiais e “caracterizam-se ao desenvolvimento pela produção de uma efervescência mais ou menos persistente resultante da libertação de CO₂ (a sobrepressão deste gás na garrafa é de pelo menos 3,5 bar a 20 °C) de origem exclusivamente endógena”. A produção de espumante assenta em duas fases de fermentação: na primeira, o vinho base é produzido através do processo de fermentação alcoólica; na segunda, o vinho base é complementado com sacarose, leveduras selecionadas e outros aditivos para iniciar o processo de fermentação. Esta etapa pode ocorrer na garrafa (método tradicional, *champenoise*) ou em autoclave (método Martinotti-Charvat) (PERPETUINI; TOFALO, 2023). Segue-se a esta fase um período de envelhecimento em cave, durante o qual ocorre a autólise das leveduras e são libertados diferentes metabolitos, enriquecendo o carácter aromático do vinho espumante. Pelo método tradicional, os vinhos espumantes são produzidos por duas etapas de fermentação. Após a preparação da primeira fermentação, o *cuvée*, onde é adicionada uma

solução rica em sacarose e nutrientes (licor de tiragem) e fermento para iniciar a segunda fermentação para produzir CO₂ dentro de garrafas seladas. Estes vinhos são considerados para ocasiões especiais devido ao seu valor adicional, ao seu incremento positivo na sensação na boca, à sua percepção de compostos voláteis e à sua doçura nos consumidores. Durante esta segunda fermentação, o metabolismo da levedura afeta a composição do aroma e a composição química, o que pode melhorar a percepção organoléptica (SALAS-MILLÁN *et al.*, 2023).

Há diversos estudos sobre a utilização de diferentes frutas para a elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas, como: pera (YANG, H. *et al.*, 2019), manga (PATEL *et al.*, 2021), abacaxi (RODA *et al.*, 2017), laranja (HU *et al.*, 2018), pêssego (DAVIDOVIĆ *et al.*, 2013), ameixa (MILJIC' *et al.*, 2017), umbu (SILVA; DANTAS, 2017), entre outras. As principais motivações para a produção das bebidas fermentadas citadas nesses estudos da literatura é que as frutas são perecíveis e suscetíveis à contaminação bacteriana e fúngica, levando a uma alta taxa de desperdício, o que exige inovações no processamento pós-colheita. Além disso, outro motivo citado é o aumento da demanda por produtos ricos em compostos fenólicos.

3.3 Perfil fenólico

Fenólicos são metabólitos secundários definido que possuem um anel aromático ou mais com pelo menos uma hidroxila. Esses compostos protegem as plantas da radiação ultravioleta, da agressão causada por patógenos e são os responsáveis pela sua coloração (DAI; MUMPER, 2010). Os compostos fenólicos são divididos em dois grandes grupos: os flavonoides e os não-flavonoides (CROZIER; JAGANATH; CLIFFORD, 2009). Os flavonoides compõem o maior número de compostos fenólicos, com mais de cinco mil compostos que ocorrem naturalmente, e são divididos em seis subclasses: antocianinas (ex: cianidina, delphinidina, malvidina e peonidina), flavonóis (ex: quercetina e kaempferol), flavanóis (ex: epicatequina e catequina), flavanonas (ex: hesperetina, naringenina e eriodictiol), flavonas (ex: luteolina e apigenina) e isoflavonas (ex: genisteína, daidzeína, biochanina A e gliciteína). Os flavonoides são caracterizados por possuírem quinze carbonos em sua estrutura e dois anéis aromáticos conectados por um anel heterocíclico. Os substituintes do anel heterocíclico dão origem a outras classes. Os

compostos não flavonoides compreendem os ácidos fenólicos hidroxicinâmicos (ex: ácido gálico) e hidroxibenzoicos (ex: ácido clorogênico), xantonas, estilbenos (ex: resveratrol), lignanas (ex: pinoresinol e virolina) e taninos (ex: aceritanino e hamamelitanino) (DURAZZO *et al.*, 2019).

Os compostos fenólicos são muito estudados, pois apresentam atividade antioxidante, antibacteriana, efeito protetor para doenças cardiovasculares, estão associados à redução de biomarcadores inflamatórios, redução do risco de desenvolver diabetes e câncer (DURAZZO *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2014). O consumo de frutas tropicais, nativas e exóticas vem aumentando nos últimos anos, pois, além do valor nutricional, essas frutas são reconhecidas como fonte desses compostos bioativos. O alto potencial antioxidante do umbu está associado com seu alto teor de compostos fenólicos (ZERAIK *et al.*, 2016).

Os compostos fenólicos são extraídos de alimentos vegetais com a utilização de solventes orgânicos, entretanto, uma parte desses compostos não é extraída e permanece ligada à matriz. Os compostos fenólicos extraíveis possuem baixo peso molecular e são extraídos da matriz com solventes orgânicos e aquosos. Contrariamente, os compostos fenólicos não-extraíveis possuem alto peso molecular e permanecem nos resíduos das extrações prévias, podendo ser polifenóis ou ácidos fenólicos, e, para realizar a sua extração é necessário ocorrer uma hidrólise enzimática, ácida ou alcalina (PÉREZ-JIMÉNEZ; DÍAZ-RUBIO; SAURA-CALIXTO, 2013). A hidrólise enzimática pode ser feita com celulasas, glucanases, amilases, entre outras. A aplicabilidade das enzimas é limitada, pois depende de condições específicas de pH, temperatura e pressão. A hidrólise ácida geralmente é realizada com um solvente orgânico (metanol, etanol ou butanol) acidificado com HCl ou H₂SO₄, enquanto a hidrólise alcalina comumente é realizada com NaOH. A hidrólise ácida pode contribuir com maior rendimento de extração do que a alcalina, além de ser bastante útil para se obter uma quantidade de polifenóis mais próxima da real (DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ; MARINA; PLAZA, 2017).

A cromatografia líquida é a técnica mais utilizada para separação dos compostos fenólicos, que pode ser acoplada a um detector de arranjo de diodos (DAD) utilizado para medir simultaneamente comprimentos de onda de absorção multicanal, e/ou a um detector de massas (MS), o qual permite a análise de compostos com base em suas respectivas massas moleculares e padrões de fragmentação. Os processos básicos da espectrometria de massas são: (1) geração de íons, (2) transporte e seleção de íons, em um ambiente de

alto vácuo, de acordo com a razão massa e carga (m/z), e (3) detecção de íons (VOGESER; PARHOFER, 2007; XU *et al.*, 2017).

Os efeitos no organismo humano associados ao consumo dos fenólicos não-extraíveis são similares aos compostos fenólicos extraíveis: anti-inflamatórios, redução do estresse oxidativo, inibição da glicação de proteínas, antiproliferativo, entre outros. Além disso, cabe salientar que a maioria desses compostos está presente em alimentos associado a polissacarídeos, os quais são fermentados no cólon liberando componentes como o ácido butírico, que está associado à prevenção de câncer colorretal, acetato e propionato, que possuem efeitos no metabolismo de lipídios (PÉREZ-JIMÉNEZ; DÍAZ-RUBIO; SAURA-CALIXTO, 2013).

3.4 Atividade antioxidante

Antioxidantes são compostos capazes de prevenir, bloquear ou desacelerar o processo de autoxidação. Os antioxidantes podem ser endógenos (glutathione, ferritina, superóxido dismutase, catalase, entre outros) ou exógenos (carotenoides, tocoferóis, vitamina D, ácidos fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico, taninos, entre outros). Os exógenos são encontrados em alimentos, produtos farmacêuticos e suplementos. Os antioxidantes podem atuar como interruptores de cadeia, eliminando radicais iniciadores de cadeia como o hidroxil, alcoxil ou peroxil, extinguindo o oxigênio singlete, ou decompondo hidroperóxidos e íons metálicos quelantes. Os compostos que agem na quebra de cadeia são denominados antioxidantes primários, e os demais são denominados antioxidantes secundários. Nos alimentos, os antioxidantes são utilizados para retardar a peroxidação lipídica, principalmente (AURELIA MAGDALENA PISOSCHI *et al.*, 2016; GULCIN, 2020).

Devido à necessidade de se estudar e testar compostos e matrizes alimentares, há uma grande variedade de métodos para avaliar atividade antioxidante. Os métodos baseados em inibir a autoxidação (diretos) são padrão ouro, pois testam os antioxidantes em ambientes quase reais, desafiando sua capacidade em proteger um substrato da oxidação. A autoxidação pode ocorrer espontaneamente ou induzida por iniciadores como compostos azo (azobisisobutironitrila e 2,2'-Azobis-dihydrochloride), como por exemplo o teste de Determinação do Potencial Antioxidante Total (TRAP, do inglês: *Trapping Antioxidant Parameter*) ou reagente de Fenton (H_2O_2 e Fe^{2+}). Os métodos baseados na

reação competitiva dos radicais com o antioxidante ou com uma sonda são aqueles cuja transformação pode ser monitorada por fluorimetria, como por exemplo, a capacidade de absorção dos radicais oxigenados (ORAC, do inglês: *Oxygen Radical Absorbance Capacity*), e por espectrofotometria, como o ensaio da Redução da Glutaciona, da Desoxirribose e do Radical Peroxila (ROO•) (AMORATI & VALGIMIGLI, 2018). Os métodos indiretos são baseados na reação do antioxidante natural com algum radical sintético colorido, como: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS⁺) ou com outros agentes oxidantes como o método de Redução do Ferro (FRAP, do inglês: *Ferric Reducing Antioxidant Power*), redução do íon cúprico (CUPRAC, do inglês: *Copper reducing antioxidant capacity*), entre outros. Esses métodos indiretos não medem a atividade antioxidante, mas sim a atividade de captura de radicais e da capacidade redutora de um composto ou extrato (AMORATI & VALGIMIGLI, 2018).

A escolha dos testes de atividade antioxidante deve ser baseada em pelo menos dois métodos com mecanismos de reação diferentes, com um deles utilizando o radical peroxila (ORAC, TRAP, entre outros), devido sua prevalência nos sistemas biológicos e outro utilizando o mecanismo de redução, como o ABTS⁺, por exemplo. O ensaio ORAC apresenta algumas vantagens em relação aos demais testes de atividade antioxidante, incluindo o fato de utilizar uma fonte de radical biológica relevante e temperatura do corpo humano (37 °C), como também por tratar-se do único método que combina tempo e grau de inibição por um antioxidante num único valor, reproduzindo o mecanismo de atuação e prevenção dos radicais livres no organismo (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

3.5 Perfil volátil

O aroma é uma das características mais apreciadas em alimentos e bebidas, e os compostos voláteis desempenham um papel fundamental na percepção e aceitabilidade dos produtos pelos consumidores. O aroma é uma mistura complexa de diversos compostos voláteis, cuja composição é específica para cada espécie e variedade. A distinção entre o aroma das frutas depende também da concentração e do limiar de percepção de cada composto volátil. O perfil volátil varia conforme o cultivo, grau de maturação e condições pré e pós colheita (EL HADI *et al.*, 2013).

A GC/MS é utilizada para a investigação do perfil volátil e combina um eficiente poder de separação da cromatografia gasosa com uma identificação otimizada com base em uma medição de massa. A identificação de compostos é baseada na comparação de espectros de massa medidos com aqueles armazenados em bibliotecas e de padrões analíticos (ŠPÁNIK; MACHYŇÁKOVÁ, 2018).

Os métodos de cromatografia-olfatometria gasosa (GC-O) utilizam o nariz humano como detector para avaliar os compostos odoríferos da amostra. Os principais métodos usados na olfatometria são frequência de detecção, tempo-intensidade e diluição até o limiar (WELKE *et al.*, 2021). Nesta técnica, o fluxo de saída da coluna cromatográfica é levado a uma porta olfatométrica, onde o nariz humano atua como um detector de sensibilidade e seletividade (DE-LA-FUENTE-BLANCO; FERREIRA, 2020).

3.6 Análise sensorial

Quando o desenvolvimento de um novo produto é realizado, é muito importante focar na sua qualidade (físico-química, cor, sabor, aroma e aparência). Para os consumidores, novos produtos precisam ter qualidade sensorial competitiva e que a produção seja economicamente viável para a comunidade local. A qualidade sensorial é vista como uma das características mais importante na aceitação final de mercado (YANG, J. E.; LEE, 2020).

A escala hedônica e a escala *just-about-right* (JAR) são dois métodos populares para avaliação hedônica e diagnóstico do produto. A escala hedônica é uma escala bipolar equilibrada centrada em neutro, com categorias rotuladas com frases que representam vários graus de gosto. O método JAR é uma forma direta de solicitar feedback de um consumidor, perguntando se um produto é adequado ou tem muito ou pouco de uma determinada característica. Normalmente, as escalas hedônicas e JAR são combinadas para fornecer informações direcionais para a reformulação de um produto. A análise de penalidades é um dos métodos de análise comumente usados para a escala JAR, e tem sido amplamente utilizado na indústria alimentícia. A análise de penalidades pode identificar potenciais orientações para melhoria do produto. Ele auxilia em identificar atributos que causam um aumento ou diminuição na escala hedônica associada a atributos sensoriais não em níveis ideais em um produto, permitindo que o desenvolvedor do

produto decida quais propriedades sensoriais devem ser melhoradas ou ajustadas (ZHI; ZHAO; SHI, 2016).

Esta dissertação é composta por dois artigos científicos:

Artigo 1: Unraveling the extractable and non-extractable fraction of phenolic compounds, the antioxidant activity and the aroma potential of umbu pulp (*Spondias tuberosa*)

Artigo 2: Umbu, a Brazilian native fruit, as an option to elaborate a Novel Sparkling Wine by the Traditional method

A descrição dos materiais e métodos, bem como a exposição dos resultados e a discussão foram incluídos nos dois artigos apresentados a seguir.

4 ARTIGO 1

Unraveling the extractable and non-extractable fraction of phenolic compounds, the antioxidant activity and the aroma potential of umbu pulp (*Spondias tuberosa*)

Rafaela Diogo Silveira^a, Luana Mallmann^a, Cláudia Alcaraz Zini^b, Aline C. T. Biasoto^c,
Juliane Elisa Welke^{a,*}

^a Institute of Food Science and Technology, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue, 9500, Porto Alegre, RS, Brazil

^b Institute of Chemistry, UFRGS, Brazil

^c Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Environment, 13918-110 Jaguariúna, SP, Brazil

ABSTRACT

Umbu pulp is widely used to produce jams, sweets, beverages and other products. Umbu is a source of bioactive compounds and can provide new tastes and aromas in food products development. The objective of this study was, for the first time, to identify and quantify the phenolic compounds from the extractable and non-extractable fraction of umbu pulp, to evaluate the antioxidant activity of each fraction, in addition to elucidating aroma potential to comprehensively characterize this raw material that can be efficiently used to achieve a circular economic model. A total of 19 phenolic compounds and 1 organic acid were identified in umbu pulp. The extractables found in greater quantity in the samples were kaempferol, epicatechin and myricetin. In the non-extractable fraction, the major compounds were catechin, vanillic acid and aconitic acid. Non-extractable accounted for more than 50% of the total polyphenol content. Both extractable and non-extractable fractions presented antioxidant activity against different radicals. alcohols were the majority of compounds, followed by terpenes. 2,3-Butanediol and phenylethyl alcohol (2599.29 and 2557.52 mg L⁻¹, respectively) were the compounds found at the highest concentrations, while 3-carene (1466.46 mg L⁻¹), linalool (927.45 mg L⁻¹) and β -myrcene (647.36 mg L⁻¹) were the terpenes present at the highest levels. The

e cetona (1). O espumante de umbu caracteriza-se pela predominância de notas frutadas (44%) e florais (32%), positivas para a qualidade. Notas de odor desejáveis como amanteigado (8%), defumado (4%) e herbáceo (4%) também são expressas pelos compostos odorativos.

O espumante de umbu apresentou características físico-químicas que atendem aos parâmetros regulatórios, e predominância de ésteres, terpenos e álcoois que proporcionam notas de aroma frutado e floral, avaliadas com sucesso pela técnica olfatométrica OSME. O teste de aceitação com nota acima de 6,0, que corresponde a ‘gostei um pouco’ na escala hedônica híbrida de 9 pontos, mostra que o produto foi aceito pelos consumidores e tem potencial para ser lançado no mercado. A avaliação da intenção de compra também mostrou que o espumante de umbu tem potencial de comercialização.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características do umbu quanto ao perfil fenólico, composição volátil e compostos odorativos abrem perspectivas para a utilização dessa matéria-prima em cosméticos, produtos farmacêuticos, além de seu uso como ingrediente em alimentos e na produção de bebidas.

A utilização da polpa de umbu para a produção de um fermentado do tipo espumante é uma estratégia promissora para minimizar as perdas pós-colheita e agregar valor a esse fruto, que representa uma importante fonte de renda para famílias de agricultores ligados ao extrativismo no bioma Caatinga brasileiro. Esta nova opção de produto derivado do umbu contribuirá para o desenvolvimento de uma das regiões do mundo que mais sofre com a escassez hídrica, fortalecendo a agricultura local.

REFERÊNCIAS

(EMBRAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cientistas desenvolvem as primeiras cultivares de umbuzeiro.** [S. l.], 2020. Available at: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47436939/cientistas-desenvolvem-as-primeiras-cultivares-de-umbuzeiro>.

AMORATI, R.; VALGIMIGLI, L. Advantages and limitations of common testing methods for antioxidants. **Free Radical Research**, [s. l.], vol. 49, no. 5, p. 633–649, 2015. Available at: <https://doi.org/10.3109/10715762.2014.996146>

AMORATI, Riccardo; VALGIMIGLI, Luca. Methods to Measure the Antioxidant Activity of Phytochemicals and Plant Extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], vol. 66, no. 13, p. 3324–3329, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01079>

ARAÚJO, F. P. *et al.* Umbu. **Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas**, [s. l.], p. 458–473, 2009.

AURELIA MAGDALENA PISOSCHI *et al.* Antioxidant Capacity Determination in Plants and Plant-Derived Products: A Review. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [s. l.], vol. 2016, no. 9130976, p. 36, 2016.

BARREIROS, M. L. *et al.* Evaluation of the antioxidant activity of eight tropical fruits by DPPH method. **Acta Horticulturae**, [s. l.], vol. 1198, p. 185–192, 2018. Available at: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1198.29>

BARRETO, LÍLIAN SANTOS; CASTRO, Marina Siqueira de. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do Umbu.** [S. l.: s. n.], 2010.

CANGUSSU, Laís B. *et al.* Chemical Characterization and Bioaccessibility Assessment of Bioactive Compounds from Umbu (*Spondias tuberosa* A.) Fruit Peel and Pulp Flours. **Foods**, [s. l.], vol. 10, no. 11, p. 2597, 2021. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods10112597>

CARMO, S.K.S. *et al.* Produção E Caracterização De Fermentado De Umbu a Partir De Sua Polpa Comercial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, [s. l.], vol. 14, no. 1, p. 15–20, 2012. Available at: <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v14n1p15-20>

COSTA, Tiago pereira da. **Frutas da Caatinga.** [S. l.: s. n.], 2011.

CROZIER, Alan; JAGANATH, Indu B.; CLIFFORD, Michael N. Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, [s. l.], vol. 26, no. 8, p. 1001–1043, 2009. Available at: <https://doi.org/10.1039/b802662a>

DAI, Jin; MUMPER, Russell J. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, [s. l.], vol. 15, no. 10, p. 7313–7352, 2010. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>

DAVIDOVIĆ, Sonja M. *et al.* Physicochemical, antioxidant and sensory properties of peach wine made from Redhaven cultivar. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.],

vol. 61, no. 6, p. 1357–1363, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf3043727>

DE-LA-FUENTE-BLANCO, Arancha; FERREIRA, Vicente. Gas chromatography olfactometry (Gc-o) for the (semi)quantitative screening of wine aroma. **Foods**, [s. l.], vol. 9, no. 12, 2020. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods9121892>

DE ASSIS, Renata Carmo *et al.* Determination of water-soluble vitamins and carotenoids in Brazilian tropical fruits by High Performance Liquid Chromatography. **Heliyon**, [s. l.], vol. 6, no. 10, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05307>

DE OLIVEIRA RIBEIRO, Leilson *et al.* Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], vol. 20, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.9515>

DE PAULA, Breno *et al.* Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. **Ciencia Rural**, [s. l.], vol. 42, no. 9, p. 1688–1693, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000900027>

DE SOUSA GALVÃO, Mércia *et al.* Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. **Food Research International**, [s. l.], vol. 44, no. 7, p. 1919–1926, 2011. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.020>

DE SOUZA, Michelle M.B. *et al.* Optimisation of umbu juice spray drying, and physicochemical, microbiological and sensory evaluation of atomised powder. **Journal of Microencapsulation**, [s. l.], vol. 37, no. 3, p. 230–241, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1080/02652048.2020.1720031>

DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ, Gloria; MARINA, María Luisa; PLAZA, Merichel. Strategies for the extraction and analysis of non-extractable polyphenols from plants. **Journal of Chromatography A**, [s. l.], vol. 1514, p. 1–15, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.07.066>

DUARTE, Whasley F. *et al.* Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabiroba, jaboticaba and umbu. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], vol. 43, no. 10, p. 1564–1572, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.03.010>

DURAZZO, Alessandra *et al.* Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. **Phytotherapy Research**, [s. l.], vol. 33, no. 9, p. 2221–2243, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1002/ptr.6419>

EL HADI, Muna Ahmed Mohamed *et al.* Advances in fruit aroma volatile research. **Molecules**, [s. l.], vol. 18, no. 7, p. 8200–8229, 2013. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules18078200>

EMBRAPA. Figura Umbu in natura. [s. l.], 2015. Available at: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2546001/umbu-in-natura>

EMBRAPA. Figura Umbuzeiro. [s. l.], 2014. Available at: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1457001/umbuzeiro>

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food loss and food waste: Causes and solutions.** [S. l.: s. n.], 2011. Available at: <https://doi.org/10.4337/9781788975391>

GOMES, Elenice Mendes Silva *et al.* Produção de fermentado alcóolico a partir da polpa de umbu. ... **Revista Científica do ...**, [s. l.], vol. 1, no. 1, p. 59–65, 2010. Available at: <http://www.kentron.ifal.edu.br/index.php/educte/article/view/31>

GULCIN, İlhami. **Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview.** [S. l.: s. n.], 2020. ISSN 14320738.vol. 94 Available at: <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>

HARRISON, Earl H.; CURLEY, Robert W. Carotenoids and Retinoids: Nomenclature, Chemistry, and Analysis. **Sub-cellular biochemistry**, [s. l.], vol. 81, p. 1–19, 2016. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-024-0945-1_1

HU, Lanlan *et al.* Selection of non-Saccharomyces yeasts for orange wine fermentation based on their enological traits and volatile compounds formation. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], vol. 55, no. 10, p. 4001–4012, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3325-5>

IBGE. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. [s. l.], 2020. Available at: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2020>

LIGUORI, Loredana *et al.* **Production of Low-Alcohol Beverages: Current Status and Perspectives.** [S. l.]: Elsevier Inc., 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811447-6.00012-6>

LIU, Dan *et al.* Multivariate analysis reveals effect of glutathione-enriched inactive dry yeast on amino acids and volatile components of kiwi wine. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 329, p. 127086, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127086>

MARTINS, Rafael Oliveira *et al.* Molecularly imprinted polymer as solid phase extraction phase for condensed tannin determination from Brazilian natural sources. **Journal of Chromatography A**, [s. l.], vol. 1620, p. 460977, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.460977>

MEDEIROS TEODOSIO, Albert Einstein Mathias *et al.* Effects of edible coatings of Chlorella sp. containing pomegranate seed oil on quality of Spondias tuberosa fruit during cold storage. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 338, no. September 2020, p. 127916, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127916>

MERLINO, Valentina Maria *et al.* Is the consumer ready for innovative fruit wines? Perception and acceptability of young consumers. **Foods**, [s. l.], vol. 10, no. 7, 2021. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods10071545>

MILJIĆ, Uroš *et al.* Fermentation Characteristics and Aromatic Profile of Plum Wines Produced with Indigenous Microbiota and Pure Cultures of Selected Yeast. **Journal of Food Science**, [s. l.], vol. 82, no. 6, p. 1443–1450, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13736>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **DECRETO Nº**

6.871, DE 4 DE JUNHO DE 2009. [S. l.: s. n.], 2009. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 34, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2012. [s. l.], p. 1–9, 2012.

PATEL, Vikash *et al.* Screening of physicochemical and functional attributes of fermented beverage (wine) produced from local mango (*Mangifera indica*) varieties of Uttar Pradesh using novel *Saccharomyces* strain. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], vol. 58, no. 6, p. 2206–2215, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04731-9>

PEREIRA, Fábio Rodrigo Araújo *et al.* Biometry in umbu fruits from the semi-arid region of Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], vol. 43, no. 6, p. 1–11, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1590/0100-29452021808>

PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; DÍAZ-RUBIO, M. Elena; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Non-extractable polyphenols, a major dietary antioxidant: Occurrence, metabolic fate and health effects. **Nutrition Research Reviews**, [s. l.], vol. 26, no. 2, p. 118–129, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0954422413000097>

PERPETUINI, Giorgia; TOFALO, Rosanna. Editorial: Sparkling wines: current trends and future evolution. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], vol. 14, 2023. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1199578>

PRIOR, Ronald L.; WU, Xianli; SCHAICH, Karen. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], vol. 53, no. 10, p. 4290–4302, 2005. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf0502698>

RIBEIRO, Leilson de Oliveira *et al.* Nutrients and bioactive compounds of pulp, peel and seed from umbu fruit. **Ciência Rural**, [s. l.], vol. 49, no. 4, p. 1–8, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180806>

RIBEIRO, L. O. *et al.* Bioactive compounds and shelf life of clarified umbu juice. **International Food Research Journal**, [s. l.], vol. 25, no. 2, p. 769–775, 2018.

RODA, Arianna *et al.* Metabolite profiling and volatiles of pineapple wine and vinegar obtained from pineapple waste. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 229, p. 734–742, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.111>

SALAS-MILLÁN, José Ángel *et al.* Revalorization of Melon By-Product to Obtain a Novel Sparkling Fruity-Based Wine. **Foods**, [s. l.], vol. 12, no. 3, 2023. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12030491>

SANTOS, A. F. *et al.* Quantification of total polyphenols in fruits of genus *Spondias* stored at different temperatures. **Acta Horticulturae**, [s. l.], vol. 1198, p. 255–258, 2018. Available at: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1198.42>

SANTOS, Renata Torres dos Santos e *et al.* The potential of “umbuzeiro” genotypes for the development of preserves. **Ciência Rural**, [s. l.], vol. 51, no. 2, p. 1–13, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20191008>

SILVA, Jonas Luiz Almada da; DANTAS, Carlos Eduardo Alves. Fermentado Alcoólico De Umbu: Produção, Cinética De Fermentação E Caracterização Físico-Química. **Holos**, [s. l.], vol. 2, p. 108, 2017. Available at: <https://doi.org/10.15628/holos.2017.4506>

SOUZA, Hisys Ravelly Santos de *et al.* Elaboração e avaliação da qualidade de geleia de Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. C.) e Mangaba (*Hancornia speciosa* G.) com alegação funcional. **Segurança Alimentar e Nutricional**, [s. l.], vol. 25, no. 3, p. 104–113, 2018. Available at: <https://doi.org/10.20396/san.v25i3.8652496>

ŠPÁNIK, Ivan; MACHYŇÁKOVÁ, Andrea. Recent applications of gas chromatography with high-resolution mass spectrometry. **Journal of Separation Science**, [s. l.], vol. 41, no. 1, p. 163–179, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1002/jssc.201701016>

STRĄCZYŃSKI, Grzegorz; LIGOR, Tomasz. Comprehensive Gas Chromatography: Food and Metabolomics Applications. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, [s. l.], vol. 48, no. 3, p. 176–185, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1390426>

TUTWILER, Ann; PADULOSI, Stefano; HUNTER, Danny. Securing sustainable and nutritious food systems through mainstreaming agricultural biodiversity: an interdisciplinary study. **The Lancet**, [s. l.], vol. 389, p. S22, 2017. Available at: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)31134-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)31134-0)

VIDIGAL, Márcia C.T.R. *et al.* Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Cajá (*Spondias lutea* L.) and Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, [s. l.], vol. 44, no. 7, p. 1988–1996, 2011. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.028>

VOGESER, M.; PARHOFER, K. G. Liquid chromatography tandem-mass spectrometry (LC-MS/MS) - Technique and applications in endocrinology. **Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes**, [s. l.], vol. 115, no. 9, p. 559–570, 2007. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2007-981458>

WELKE, Juliane Elisa *et al.* Role of gas chromatography and olfactometry to understand the wine aroma: Achievements denoted by multidimensional analysis. **Journal of Separation Science**, [s. l.], vol. 44, no. 1, p. 135–168, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1002/jssc.202000813>

XU, Cong Cong *et al.* Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials. **Chinese Journal of Natural Medicines**, [s. l.], vol. 15, no. 10, p. 721–731, 2017. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(17\)30103-6](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(17)30103-6)

XU, Changmou *et al.* Antioxidant, antibacterial, and antibiofilm properties of polyphenols from muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) Pomace against selected foodborne pathogens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], vol. 62, no. 28, p. 6640–6649, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf501073q>

YANG, Hua *et al.* Physicochemical characterization and quality of Dangshan pear wines fermented with different *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Food Biochemistry**, [s. l.], vol. 43, no. 8, p. 1–12, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12891>

YANG, Jeong Eun; LEE, Jisun. Consumer perception and liking, and sensory characteristics of blended teas. **Food Science and Biotechnology**, [s. l.], vol. 29, no. 1, p. 63–74, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00643-3>

ZERAIK, Maria Luiza *et al.* Antioxidants, quinone reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], vol. 21, p. 396–405, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.12.009>

ZHI, Ruicong; ZHAO, Lei; SHI, Jingye. Improving the sensory quality of flavored liquid milk by engaging sensory analysis and consumer preference. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], vol. 99, no. 7, p. 5305–5317, 2016. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10612>