

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
DOUTORADO NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E
DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE

VINÍCIUS SOARES DE OLIVEIRA

**DESIDRATAÇÃO DA *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Canjiqueira): INFLUÊNCIA
DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA RETENÇÃO DE PICEATANNOL**

CAMPO GRANDE

2024

VINÍCIUS SOARES DE OLIVEIRA

**DESIDRATAÇÃO DA *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Canjiqueira): INFLUÊNCIA
DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA RETENÇÃO DE PICEATANNOL**

Projeto de pesquisa elaborado como critério de aprovação no curso de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste – UFMS.

Orientadora: Professora Doutora Priscila Aiko Hiane.

Coorientadora: Professora Doutora Juliana Rodrigues Donadon

Linha de pesquisa: Metabolismo e Nutrição

CAMPO GRANDE

2024



Ata de Defesa de Tese
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Doutorado

Aos dois dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e quatro, às catorze horas, na videoconferência, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Rita de Cassia Avellaneda Guimaraes (UFMS), Danielle Bogo (UFMS), Juliana Rodrigues Donadon (UFMS), Lucas de Melo da Silva (UNIGRAN) e Wilson Hino Kato Junior (UNIDERP), sob a presidência do primeiro, para julgar o trabalho do aluno: **VINÍCIUS SOARES DE OLIVEIRA**, CPF 02744641103, Área de concentração em Tecnologia e Saúde, do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Curso de Doutorado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**DESIDRATAÇÃO DA BYRSONIMA CYDONIIFOLIA A. JUSS. (CANJIQUEIRA): INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA RETENÇÃO DE PICETANNOL**" e orientação de Priscila Aiko Hiane. A presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra ao aluno que expôs sua Tese. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, a presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR(A)	ASSINATURA	AValiação
Dra. Rita de Cassia Avellaneda Guimaraes (Interno) Presidente da Banca Examinadora	 Documento assinado digitalmente RITA DE CASSIA AVELLANEDA GUIMARAES Data: 02/02/2024 16:06:29-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovação <input type="checkbox"/> Aprovação c/ revisão <input type="checkbox"/> Reprovação
Dra. Juliana Rodrigues Donadon (Externo) (Coorientador)	 Documento assinado digitalmente JULIANA RODRIGUES DONADON Data: 02/02/2024 18:37:22-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovação <input type="checkbox"/> Aprovação c/ revisão <input type="checkbox"/> Reprovação
Dra. Danielle Bogo (Interno)	 Documento assinado digitalmente DANIELLE BOGO Data: 04/02/2024 23:34:55-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovação <input type="checkbox"/> Aprovação c/ revisão <input type="checkbox"/> Reprovação
Dr. Lucas de Melo da Silva (Externo)	 Documento assinado digitalmente LUCAS DE MELO DA SILVA Data: 05/02/2024 10:49:17-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovação <input type="checkbox"/> Aprovação c/ revisão <input type="checkbox"/> Reprovação
Dr. Wilson Hino Kato Junior (Externo)	 Documento assinado digitalmente WILSON HINO KATO JUNIOR Data: 05/02/2024 12:03:28-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovação <input type="checkbox"/> Aprovação c/ revisão <input type="checkbox"/> Reprovação
Dra. Claudia Andrea Lima Cardoso (Externo) (Suplente)		<input checked="" type="checkbox"/> Aprovação <input type="checkbox"/> Aprovação c/ revisão <input type="checkbox"/> Reprovação

RESULTADO FINAL: APROVAÇÃO APROVAÇÃO COM REVISÃO REPROVAÇÃO

OBSERVAÇÕES: _____

 Documento assinado digitalmente
VINICIUS SOARES DE OLIVEIRA
Data: 02/02/2024 18:27:39-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Assinatura do(a) Aluno(a)

Nada mais havendo a ser tratado, o(a) Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

AGRADECIMENTOS

Esta tese é fruto do trabalho e apoio de inúmeras pessoas, espero agradecer a todas.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus.

Aos meus pais, meu eterno pilar de força e inspiração. Seu apoio inabalável, amor incondicional e dedicação incansável ao meu crescimento moldaram quem sou hoje. Suas orientações e valores são o alicerce sobre o qual construí minha trajetória acadêmica e pessoal.

Ao meu filho Igor, por compreender a ausência durante os momentos de dedicação aos estudos. Este trabalho é uma expressão do meu compromisso em proporcionar um futuro melhor para você.

A Thaís, minha noiva pelo amor, apoio, incentivo e paciência dado a mim. E por todos os dias vividos ao seu lado.

Agradeço a minha orientadora, a Prof^a Dr^a Priscila Aiko Hiane, pelo constante empenho pessoal. Obrigada por sua disponibilidade incondicional, pela disciplina e respeito ao nosso trabalho, e pelo ser humano que você é. A senhora, meus incondicionais agradecimentos por contribuir na minha formação.

A minha Co-orientadora, a Prof^a Dr^a Juliana Rodrigues Donadon, pelas estimulantes orientações que contribuíram largamente para o enriquecimento deste trabalho.

A Prof^a Dr^a Rita de Cássia Avellaneda Guimarães, que foi fundamental ao me apresentar à auxiliar na elaboração do projeto submetido à seleção do programa e desenvolvimento da pesquisa.

A Prof^a Dr^a Patrícia de Oliveira Figueiredo, por disponibilizar a infraestrutura e pelo seu empenho em organizar o laboratório e os equipamentos para que o trabalho pudesse ser desenvolvido.

Gostaria de expressar meus agradecimentos à Prof^a Dr^a Claudia Andrea Lima Cardoso pelo profissionalismo demonstrado em suas análises químicas, atenção e parceria. Sua dedicação e colaboração foram extremamente valiosas.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, por proporcionar o ambiente propício ao aprendizado e crescimento acadêmico. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelas oportunidades e recursos oferecidos que foram essenciais para o desenvolvimento das minhas habilidades e conhecimentos.

A todos agradeço, profundamente.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O fortalecimento do uso, do aproveitamento e da valorização de espécies nativas da América do Sul pode levar ao desenvolvimento de novos produtos alimentares com potencialidade nutricional além de contribuir para a prevenção de doenças, atendendo as demandas variadas de consumo. Em especial as espécies vegetais nativas e/ou espécies introduzidas, mas que se tornaram muito populares por apresentar frutas comestíveis apreciadas pelo sabor e aroma característicos. No entanto, a perecibilidade e a sazonalidade dificultam a produção em maior escala, sendo necessário prospectar alternativas de conservação para disponibilizar a polpa do fruto o ano inteiro. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a retenção de piceatannol, bem como, a citotoxicidade da polpa da *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., tanto *in natura* quanto desidratada, sob diferentes condições de temperatura e armazenamento. Os frutos de *B. cydoniifolia* foram coletados na região do Pantanal, município de Corumbá, estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. O processo de desidratação foi conduzido em uma estufa convencional, utilizando diferentes temperaturas. Além disso, algumas amostras foram submetidas a um período de armazenamento após a desidratação. A partir dos frutos maduros da Canjiqueira, foram elaborados cinco extratos etanólicos distintos, comparando as propriedades entre a fruta *in natura* e a fruta desidratada. Para o teste de citotoxicidade em *Allium cepa*, os bulbos com raízes (*A. cepa*) de 1 a 2 cm de comprimento foram lavados e colocados para realização do bioensaio, nos extratos aquosos provenientes do fruto da Canjiqueira (*B. cydoniifolia*) por um período de 48 horas. Também foram realizados testes de citotoxicidade em *Artemia salina* (*A. salina*), ao longo de 96 horas de exposição. O extrato do fruto *in natura* apresentou um CL50 de 863,23 mg L⁻¹, classificada como "Toxicidade baixa". Em contraste, as amostras desidratadas a 80° C e 40° C exibiram valores de CL50 mais baixos (235,28 mg L⁻¹ e 153,31 mg L⁻¹, respectivamente), sendo ambas classificadas como "Tóxico". É importante notar que as amostras desidratadas a 40° C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias, apresentou um CL50 de 214,49 mg L⁻¹, indicando toxicidade. Esses resultados sugerem que a desidratação, combinada com o armazenamento em temperatura ambiente por 30 dias, pode intensificar a toxicidade da Canjiqueira. Mesmo após o processo de desidratação, a Canjiqueira manteve níveis de piceatannol e outros bioativos. Por exemplo, a amostra desidratada a 40°C apresentou um potencial antioxidante de 77,13%, com teores de piceatannol, taninos e flavonoides de 1,23 mg/g, 42,23 mg/g e 30,36 mg/g, respectivamente. A amostra desidratada a 80°C também exibiu potencial antioxidante de 75,50% e teores de piceatannol, taninos e flavonoides de 1,06 mg/g, 40,60 mg/g e 29,06 mg/g, respectivamente. E

mesmo após o armazenamento pós-desidratação por 30 dias, a amostra desidratada a 80°C manteve o potencial antioxidante em 71,33% e teores de piceatannol, taninos e flavonoides de 0,73 mg/g, 36,53 mg/g e 25,53 mg/g, respectivamente. Esse estudo não apenas destacou a eficácia da desidratação como método de conservação, mas também contribuiu para a promoção da diversidade alimentar e sustentabilidade dos recursos naturais, valorizando espécies nativas e seus benefícios à saúde.

Descritores: Tecnologia de alimentos; Desidratação; Sustentabilidade; Estilbenos.

ABSTRACT

Strengthening the use, exploitation and appreciation of species native to South America can lead to the development of new food products with nutritional potential, in addition to contributing to the prevention of diseases, meeting varied consumption demands. In particular, native plant species and/or introduced species, which have become very popular because they have edible fruits appreciated for their characteristic flavor and aroma. However, perishability and seasonality make larger-scale production difficult, making it necessary to explore conservation alternatives to make the fruit pulp available throughout the year. Therefore, the objective of this study was to evaluate the retention of piceatannol, as well as the cytotoxicity of the pulp of *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., both fresh and dehydrated, under different temperature and storage conditions. The fruits of *B. cydoniifolia* were collected in the Pantanal region, municipality of Corumbá, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. The dehydration process was conducted in a conventional oven, using different temperatures. Furthermore, some samples were subjected to a period of storage after dehydration. From the ripe Canjiqueira fruits, five different ethanolic extracts were prepared, comparing the properties between the fresh fruit and the dehydrated fruit. For the cytotoxicity test on *Allium cepa*, the bulbs with roots (*A. cepa*) measuring 1 to 2 cm in length were washed and placed for the bioassay in aqueous extracts from the Canjiqueira fruit (*B. cydoniifolia*) for a period of time. 48 hours. Cytotoxicity tests were also carried out on *Artemia salina* (*A. salina*), over 96 hours of exposure. The fresh fruit extract presented an LC50 of 863.23 mg L⁻¹, classified as "Low toxicity". In contrast, samples dehydrated at 80° C and 40° C exhibited lower LC50 values (235.28 mg L⁻¹ and 153.31 mg L⁻¹, respectively), both being classified as "Toxic". It is important to note that samples dehydrated at 40° C and stored at room temperature for 30 days, presented an LC50 of 214.49 mg L⁻¹, indicating toxicity. These results suggest that dehydration, combined with storage at room temperature for 30 days, can intensify the toxicity of Canjiqueira. Even after the dehydration process, Canjiqueira maintained levels of piceatannol and other bioactives. For example, the sample dehydrated at 40°C presented an antioxidant potential of 77.13%, with piceatannol, tannins and flavonoids levels of 1.23 mg/g, 42.23 mg/g and 30.36 mg/g, respectively. The sample dehydrated at 80°C also exhibited an antioxidant potential of 75.50% and piceatannol, tannin and flavonoid contents of 1.06 mg/g, 40.60 mg/g and 29.06 mg/g, respectively. And even after post-dehydration storage for 30 days, the sample dehydrated at 80°C maintained its antioxidant potential at 71.33% and piceatannol, tannin and flavonoid contents of 0.73 mg/g, 36.53 mg/g

and 25.53 mg/g, respectively. This study not only highlighted the effectiveness of dehydration as a conservation method, but also contributes to the promotion of dietary diversity and sustainability of natural resources, valuing native species and their health benefits.

Descriptors: Food technology; Dehydration; Sustainability; Stilbenes.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Mapa dos Biomas Brasileiros.....12
- Figura 2 - Árvore da canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss) de ocorrência em região de Cerrado rupestre (a), planície alagada (b) e frutos em processo maturação (c).....14
- Figura 3 – Estruturas do piceatannol e resveratrol.....15
- Figura 4 - Processamento da polpa da manga *Tommy atkins*: (a) Elaboração da espuma; (b) secagem da espuma; (c) polpa em pó obtida por meio da secagem em camada de espuma.....16
- Figura 5 - Desidratação da Canjiqueira em estufa convencional: (a) início do processo de secagem; (b) canjiqueira após o processo de desidratação; (c) canjiqueira em pó.....18
- Figura 6 - Obtenção de guavira desidratada através do processo de liofilização.....20
- Figura 7 - Obtenção de guavira desidratada através do processo *Spray-drying*.....21
- Figura 8 - Micrografias de amostras da polpa de *Campomanesia adamantium* em pó produzidas por *spray-drying*. Imagem com aumento de 250x.....23

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Principais frutas nativas da América do Sul, abordadas neste estudo. (A) Pequi (*Caryocar brasiliense*); (B) Guavira (*Campomanesia adamantium*); (C) Cagaita (*Eugenia disenterica*); (D) Marolo (*Annona crassiflora*); (E) Camu-camu (*Myrciaria dubia*); (F) Bocaiuva (*Acrocomia aculeata*); (G) Mangaba (*Hancornia speciosa*); (H) Baru (*Dipteryx alata*); (I) Araçá (*Psidium guineense*); (J) Caju (*Anacardium occidentale*).....41
- Figura 2. Liofilizador, Thermo Fisher, Thermo Scientific.....42
- Figura 3. Esquema de desidratação por atomização e mini aparelho de secagem por atomização, Buchi, B-290.....42
- Figura 4. Representação esquemática das principais técnicas utilizadas para desidratação de frutas.....43
- Figura 5. Micrografias de amostras de polpa de *Campomanesia adamantium* produzidas por liofilização com mistura de 24% de maltodextrina.....44
- Figura 6. Micrografias de amostras de polpa de *Campomanesia adamantium* produzidas por atomização a 180°C com mistura de 8% de maltodextrina, 8% de goma arábica e 8% de quitosana.....44

CAPÍTULO 3

Figura 1: a) - Teste de toxicidade aguda da <i>A. cepa</i> em e fotoperíodo 16/8h a 25 ± 2 °C; b) Comparação do crescimento radicular da <i>A. cepa</i>	54
Figura 2 - Gráfico do crescimento da raiz de <i>Allium cepa</i> L. em 48 horas de exposição nas amostras de Canjiqueira (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss.), controle positivo (CP) e controle negativo (CN). As concentrações expostas da Canjiqueira (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss.) foram: 4 = 4000 mg L ⁻¹ ; 2 = 2000 mg L ⁻¹ ; e 1 = 1000 mg L ⁻¹	55

CAPÍTULO 4

Figura 1: a) Sistema de eclosão dos cistos de <i>A. salina</i> ; b) bioensaios com diferentes concentrações das amostras de Canjiqueira.....	65
Figura 2: Gráfico da mortalidade de <i>Artemia salina</i> em 96 horas de exposição das amostras de Canjiqueira.....	64

CAPÍTULO 5

Figura 1 - Frutos da canjiqueira (<i>B. cydoniifolia</i> A. Juss) em processo de maturação (A), blend de frutos submetidos à desidratação (B) e maduros (C).....	77
Figura 2 - Perfil cromatográfico dos extratos hidroetanólicos da fruta canjiqueira (<i>B. cydoniifolia</i> A. Juss.).....	80
Figura 3 - Gráfico comparando a diferença do potencial antioxidante nas diferentes amostras de Canjiqueira (<i>B. cydoniifolia</i> A. Juss.). Letras diferentes indicam diferença estatística. Análise de variância unilateral seguida pelo pós-teste de Tukey. (ANOVA) $p < 0.05$. Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira in natura; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias.....	81
Figura 4 - Gráfico comparando a diferença da retenção de piceatannol nas diferentes amostras de Canjiqueira (<i>B. cydoniifolia</i> A. Juss.). Letras diferentes indicam diferença estatística. Análise de variância unilateral seguida pelo pós-teste de Tukey. (ANOVA) $p < 0.05$. Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira in natura; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias.....	83

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
OBJETIVOS	10
Objetivo geral	10
Objetivos específicos	10
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
CAPÍTULO 2 – Artigo publicado: Aplicação de tecnologias de desidratação como ferramenta de incentivo da bioeconomia e consumo de frutas nas populações rurais da América do Sul	41
CAPÍTULO 3 – Artigo a ser submetido: Avaliação da Citotoxicidade dos Extratos Aquosos da <i>Byrsonima cydoniifolia</i> a. Juss. em <i>Allium cepa</i> L.: Promovendo o Aproveitamento Sustentável de Espécies Nativas do Pantanal	51
CAPÍTULO 4 – Artigo a ser submetido: Avaliação da citotoxicidade da polpa de <i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss <i>in natura</i> e desidratada sob diferentes condições de temperatura e armazenamento	62
CAPÍTULO 5 – Artigo a ser submetido: A Retenção de Piceatannol no Fruto Integral de <i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss. em Pó, Seco por Desidratação Convencional em Estufa	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
ANEXO 1 – BIONANOTECNOLOGIA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA A MEDICINA DE PRECISÃO	94
ANEXO 2 – PROCESSAMENTO DE CUCURBITA MAXIMA: UMA ANÁLISE SOBRE O SEU RENDIMENTO	95
ANEXO 3 – CUIDADOS DA MEDICINA DE PRECISÃO PARA O TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA	96
ANEXO 4 – TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NA COMUNICAÇÃO DE PACIENTES COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA EM SERVIÇOS DE SAÚDE NO BRASIL	97
ANEXO 5 – TECNOLOGIAS ASSISTIVAS: SALA DE RECURSOS MULTIFUNCIONAIS NO ATENDIMENTO EDUCACIONAL ESPECIALIZADO	98

INTRODUÇÃO

A América do Sul detém a maior biodiversidade do mundo, patrimônio mundial de recursos fitogenéticos, que desempenha papel estratégico para o desenvolvimento sustentável e aumento da qualidade de vida, principalmente para as populações vulneráveis (Boeri *et al.*, 2020; Abreu *et al.*, 2017). A perecibilidade e sazonalidade das frutas nativas são fatores atenuantes para fragilidade alimentar das populações tradicionais, além de dificultar economicamente a produção em maior escala e o desenvolvimento da bioeconomia, criação de agroindústrias e associações rurais (Sasson; Malpica, 2018).

Apesar da riqueza de espécies forrageiras, apícolas, frutíferas e madeireiras, encontradas nos países latino-americanos, os povos nativos como as diversas etnias indígenas, comunidades tradicionais, ribeirinhos, quilombolas, caipiras e pantaneiros enfrentam dificuldades de subsistência, principalmente pela ausência de segurança alimentar (Van Noordwijk *et al.*, 2020).

O consumo de frutas é inversamente proporcional ao risco de ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis, principalmente os agravos cardiovasculares e neoplásicos (Scoditti *et al.*, 2019). Em geral as frutas são fonte de potássio, fibra alimentar, folato, antioxidantes entre outros fitoquímicos bioativos. Porém o consumo de frutas e hortaliças também é inversamente proporcional à renda per capita das famílias (Benton; Young, 2016). A recomendação mínima de consumo dos mesmos é de 400g/dia, o que corresponde no Brasil de 6% a 7% das calorias totais de uma dieta de 2.300 kcal diárias (Herforth *et al.*, 2020).

As regiões do Cerrado e Pantanal caracterizam-se pela grande riqueza de recursos biológicos e desempenham um papel importante na manutenção do equilíbrio das alterações climáticas do ecossistema terrestre (Bortolotto *et al.*, 2017). No entanto, os riscos ambientais decorrentes da substituição da vegetação natural por pastagens ou produção de carvão, geram mudanças na estrutura da vegetação que podem causar grandes impactos, acarretando empobrecimento biológico pela extinção de espécies, perda da capacidade produtiva dos solos, alteração dos ciclos biogeoquímicos e aquecimento global (Andrade Silva; Fonseca, 2016).

O fortalecimento do uso econômico da região com espécies nativas e manejo sustentado pode criar novos produtos alimentares que, além de nutritivos, podem contribuir na prevenção de doenças, atendendo às variadas demandas de consumo (Ramos *et al.*, 2017). A *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., popularmente conhecida como Canjiqueira, pertence à

família Malpighiaceae, uma das promissoras espécies nativas do Pantanal, frutificando de setembro a março (Bortolotto *et al.*, 2021). Quando maduros, os frutos são consumidos pelas comunidades locais na forma de sucos, geleia, sorvete e doces (Prates *et al.*, 2015).

Os frutos de *Byrsonima cydoniifolia* podem ser considerados uma nova fonte de piceatannol e flavonoides, apresentando potente atividade antioxidante, anti-inflamatória e anti-hiperalgésica, (Santos *et al.*, 2017). O piceatannol (3,3', 4,5'-trans-trihidroxiestilbeno) é um estilbenoide análogo hidroxilado natural do resveratrol, é menos estudado que o resveratrol, mas exibe um amplo espectro de atividade biológica (Hidalgo; Rita de Cássia; Nunomura, 2016). Além dos efeitos antioxidantes, o piceatannol exibe potenciais propriedades anticâncer, como sugerido por sua capacidade de suprimir a proliferação de uma ampla variedade de células tumorais, incluindo leucemia, linfoma; câncer de mama, próstata, cólon e melanoma, além de atividade antioxidante e cardioprotetora (Yan *et al.*, 2019).

No entanto, a perecibilidade e a sazonalidade dos frutos de *Byrsonima cydoniifolia* dificultam a produção em maior escala, sendo necessário avaliar alternativas de conservação para disponibilizar o fruto durante o ano inteiro. As técnicas que envolvem a desidratação são as mais empregadas para a conservação de alimentos, entretanto, faz-se necessário estudar variáveis eficientes de secagem e armazenamento para maior rendimento de produto final, retenção de bioativos, reduzir custo operacional e manter o aroma, sabor e coloração dos frutos nativos (Ray, Raychaudhuri e Chakraborty, 2016).

A otimização das variáveis de desidratação e armazenamento, proporciona melhores condições de proteção, estabilidade, solubilidade e liberação dos alimentos e seus compostos (Ray, Raychaudhuri e Chakraborty, 2016). No estudo realizado por Viscardi *et al.* (2017), a polpa de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira) desidratada apresentou alta retenção de compostos, como a vitamina C.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo avaliar a retenção de piceatannol, bem como, a toxicidade da polpa da *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., tanto *in natura* quanto desidratada, sob diferentes condições de temperatura e armazenamento.

Objetivos específicos

a) Verificar, por meio de revisão da literatura, os principais métodos empregados na conservação de polpas e demais produtos provenientes de frutas tradicionais da América do Sul;

b) Obter o fruto de *Byrsonima cydoniifolia* integral em pó, a partir da desidratação convencional em estufa de secagem;

c) Identificar, quantificar e comparar os índices de piceatannol no fruto de *Byrsonima cydoniifolia*, tanto *in natura* quanto em pó;

d) Estudar a influência de diferentes temperaturas de secagem na retenção do piceatannol durante o processo de desidratação;

e) Determinar a quantidade de piceatannol ao final de 30 dias de armazenamento do produto em pó;

f) Avaliar a toxicidade dos extratos da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), tanto *in natura* quanto desidratada, sob diferentes condições de temperatura e armazenamento, utilizando o organismo teste *Allium cepa* L.

g) Avaliar a toxicidade dos extratos da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), tanto *in natura* quanto desidratada, sob diferentes condições de temperatura e armazenamento, utilizando o organismo teste *Artemia salina*.

h) Comparar os resultados de toxicidade dos extratos da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), em dois organismos teste diferentes.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Biodiversidade do Pantanal e Cerrado

O Brasil detém a maior biodiversidade do mundo, com 15 a 20% das espécies do planeta, o patrimônio natural de recursos fitogenéticos é um dos principais ativos brasileiros e seguramente, pode desempenhar papel estratégico na consolidação do desenvolvimento nacional e aumento da qualidade de vida da população (Bortolotto *et al.*, 2017).

Os variados tipos de solo e clima encontrados no Brasil possibilitam o crescimento e cultivo de milhares de espécies de frutas, que podem ser encontradas em todo o território nacional ou em diferentes regiões e biomas (Figura 1) como o Cerrado, Pantanal, Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Pampa (Rockett *et al.*, 2020).



Figura 1 - Mapa dos Biomas Brasileiros. Fonte: Educa Mais Brasil (2023)

No entanto, as regiões do Pantanal e Cerrado caracterizam-se pela grande riqueza de recursos biológicos ainda não explorados pela indústria alimentícia e farmacêutica (Bortolotto

et al., 2017). Estes biomas desempenham papel importante na manutenção do equilíbrio das alterações climáticas do ecossistema terrestre. Entretanto, os riscos ambientais decorrentes da substituição da vegetação natural por pastagens ou produção de carvão, geram mudanças na estrutura da vegetação que podem causar grandes impactos, acarretando empobrecimento biológico pela extinção de espécies, perda da capacidade produtiva dos solos, alteração dos ciclos biogeoquímicos e aquecimento global (Andrade Silva; Fonseca, 2016).

A caducidade e sazonalidade dos frutos autóctones constituem elementos atenuantes para a vulnerabilidade alimentar da população que depende do Cerrado e do Pantanal, além de representar um desafio econômico para a produção em larga escala (Nogueira *et al.*, 2018). Portanto, é necessário prospectar alternativas de conservação para disponibilizar a polpa de frutas do Pantanal e Cerrado o ano inteiro (Oliveira *et al.*, 2022). O fortalecimento do uso econômico de espécies nativas e manejo sustentável podem criar novos produtos alimentares que, além de nutritivos, podem contribuir na prevenção de doenças, atendendo as demandas variadas de consumo (Hunter *et al.*, 2019).

1.2. *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss

A *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss, é uma fruta nativa do Brasil Central que cresce exclusivamente em solos arenosos, conhecida popularmente como canjiqueira. Conforme visualizado na Figura 2, os frutos maduros são amarelos, medindo 1,5 a 2 cm. A polpa é carnuda e macia, sendo seu consumo geralmente *in natura* ou na forma de sucos, sorvetes, geleias e licores. Embora a canjiqueira seja utilizada como fonte de alimento da população rural, essa fruta continua sendo uma das frutas nativas inexploradas no Brasil para atingir seu pleno potencial (Prates *et al.*, 2015).

Figura 2. Árvore da canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss) de ocorrência em região de Cerrado rupestre (a), planície alagada (b) e frutos em processo maturação (c).



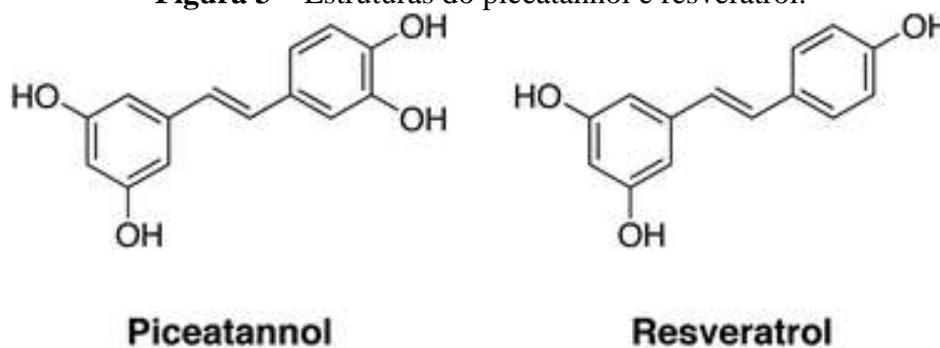
Fonte: Adaptado de Prates (2012).

Vários compostos nutracêuticos têm sido identificados na polpa da canjiqueira, com aplicação na indústria e na saúde. Apresenta minerais como cobre, ferro, potássio, magnésio, manganês (Arakaki *et al.*, 2020). Além disso, o piceatannol foi considerado o principal componente do extrato da polpa (Berto *et al.*, 2015), com maior concentração do que em espécies que tradicionalmente são ricas de tais compostos, como ocorre nas variedades de uva e maracujá (Vincenzi *et al.*, 2013). Embora o piceatannol tenha sido identificado na polpa da canjiqueira, até o momento é conhecido, esta é a primeira vez que este composto será verificado no fruto integral e desidratado.

1.3. Piceatannol

Os estilbenóides resveratrol e piceatannol, apresentados na Figura 3, são compostos usuais de uvas, são amplamente estudados. Embora haja uma semelhança estrutural entre eles, o piceatannol é muito menos explorado, principalmente devido a sua ocorrência restrita (Arakaki *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2017). A identificação e quantificação de piceatannol foram inicialmente relatadas a partir da caracterização da *Euphorbia lagascae* (Ferrigni *et al.*, 1984). Embora os efeitos promotores do piceatannol na saúde humana tenham sido menos estudados em comparação com o resveratrol, o piceatannol é efetivo na prevenção de patologias cardiovasculares (Choi *et al.*, 2010), possui efeito anticancerígenos (Song *et al.*, 2015) e atividade anti-inflamatória (Wen *et al.*, 2018).

Figura 3 – Estruturas do piceatannol e resveratrol.



Fonte: Arai *et al.* (2016)

As propriedades do piceatannol tem atraído a atenção de vários pesquisadores nos últimos anos, uma vez que tem apresentado atividade antioxidante e anti-inflamatória superiores ao resveratrol. E é o produto principal do metabolismo *in vitro* do resveratrol (Santos *et al.*, 2017). Apesar de ser encontrado em um número restrito de espécies, o

piceatannol é encontrado, em quantidades consideráveis, nas sementes e polpa *in natura* da canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss), sendo encontrados nas amostras de sementes, 127,315 µg/mg e da polpa, 2.085 µg/mg, respectivamente (Arakaki *et al.*, 2020).

Estudos demonstram que o piceatannol é mais efetivo que o resveratrol na promoção da saúde. Ao comparar a absorção e o metabolismo, o piceatannol tem maior estabilidade metabólica do que o resveratrol. Além disso, estudos *in vitro* demonstram que o piceatannol apresenta capacidade no desenvolvimento de funções neurais, justamente pelo fato de que a geração de astrócitos apresenta função primordial no desenvolvimento do cérebro, e ao contrário do resveratrol, o piceatannol é capaz de promover a diferenciação de células-tronco neurais em astrócitos (Park *et al.*, 2021; Arai *et al.*, 2016). E recentemente o piceatannol também foi apresentado como agente antiadipogênico, com capacidade superior em comparação com resveratrol no modelo de obesidade visceral (Park *et al.*, 2021).

1.4. Tecnologias de desidratação empregadas na conservação de frutas nas populações rurais da América do Sul

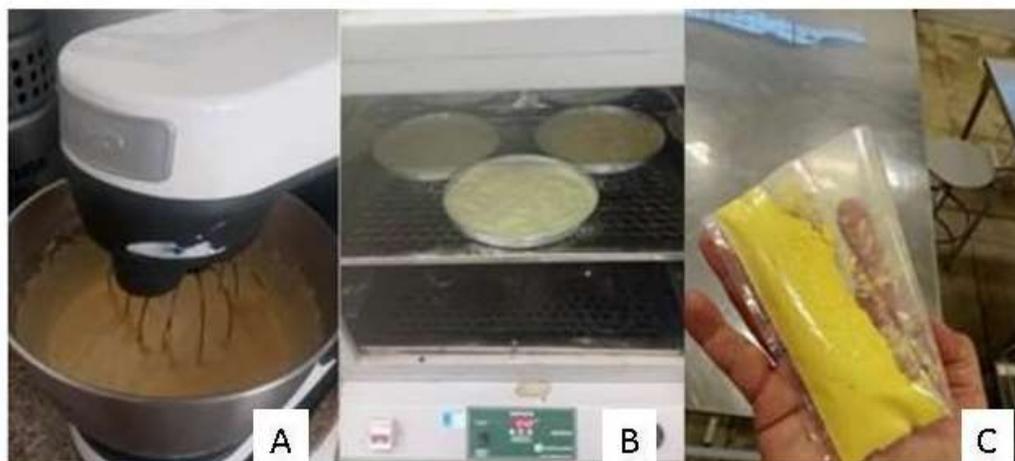
A desidratação é um processo de fácil aplicação que diminui consideravelmente a umidade do produto e, conseqüentemente, a atividade de água, minimizando as alterações físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas durante o seu armazenamento, além de reduzir os custos com embalagem e transporte. Porém, durante o processo de desidratação alguns constituintes como a vitamina C, antocianinas e carotenoides podem ser degradados, devido principalmente ao calor, mudança brusca de temperatura, contato com o oxigênio e ao tempo de processo. Diante disso, várias técnicas de desidratação são continuamente estudadas, visando a retenção desses constituintes nutricionais (Ban *et al.*, 2020).

1.4.1 Desidratação por *foam mat*

Essa abordagem tecnológica envolve a introdução de agentes espumantes (emustab, goma xantana, goma arábica, gelatina e maltodextrina) na amostra que será aplicada ao processo de desidratação. Após uma etapa cuidadosa de homogeneização, uma fina camada de espuma com espessura de 10 mm a 100 mm (Celestino, 2010), é aplicada em uma bandeja de secagem. Essa bandeja é então inserida no processo de desidratação, onde é exposta em diferentes temperaturas que varia entre 50°C e 80°C, como representado na Figura 4. Esse

método tem se mostrado eficaz para a obtenção de produtos em pó preservando de forma satisfatória a cor, o sabor e os compostos presentes na amostra original (Sun *et al.*, 2020).

Figura 4 - Processamento da polpa da manga *Tommy atkins*: (a) Elaboração da espuma; (b) secagem da espuma; (c) polpa em pó obtida por meio da secagem em camada de espuma.



Fonte: Souza (2023).

A técnica de desidratação por camada de espuma oferece uma oportunidade promissora na produção de alimentos de alto valor agregado, exemplificada pelo caso do *smoothie* de banana e morango. O morango é uma fruta globalmente apreciada, tanto em seu estado natural quanto em bebidas. Paralelamente, a banana é uma fruta emblemática da América do Sul, amplamente disponível durante todo o ano, o que reforça o seu consumo. Com o intuito de criar um produto que promova a saúde e atraia os consumidores, foi empregado o método *Foam Mat* para transformar a polpa dessas frutas em pó (Guazi *et al.*, 2019). Os resultados revelaram a entrega de um *smoothie* com baixo teor de açúcar e um potencial atrativo para diversos segmentos do mercado devido à sua semelhança com as bebidas naturais de frutas. Esse processo não apenas possibilita a conservação dos atributos nutricionais e organolépticos das frutas, mas também contribui para a criação de produtos que atendam às demandas contemporâneas por alimentos saudáveis e convenientes (Guazi *et al.*, 2019). Esse estudo evidencia como a inovação na técnica de desidratação pode contribuir para a criação de produtos mais convenientes e alinhados com as preferências dos consumidores modernos.

Com o intuito de obter pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em pó, rico em carotenoides, foi aplicado o método de desidratação em camada de espuma, obtendo ao final do processo, pó de polpa de pequi (Pinto *et al.*, 2018). Em outro estudo foi observada a

retenção de vitamina C na polpa de guavira (*Campomanesia adamantium* Cambess. O. Berg) desidratada pelo método de camada de espuma, obtendo polpa de guavira em pó, com 98mg de vitamina C em 100g de pó, após 45 dias de armazenamento (Breda *et al.*, 2012).

As dificuldades apresentadas pelos autores em relação ao método são pertinentes à problemática em desenvolver a técnica em larga escala, pois seriam necessárias grandes bandejas com imensas estufas de secagem. Mesmo assim, podemos aferir que o método de secagem por camada de espuma torna-se uma tecnologia promissora para a desidratação de frutos com manutenção das características organolépticas e das propriedades antioxidantes, mesmo tratando-se de uma técnica de simples execução e baixo custo, o que possibilita oferecer produtos com preço mais acessível ao consumidor.

1.4.2 Desidratação convencional em estufa como tecnologias empregadas na conservação de frutas

A desidratação convencional em estufa, conforme ilustrado na Figura 5, representa um método amplamente utilizado devido à sua praticidade, o que reduz de forma significativa a umidade do produto e, conseqüentemente, sua atividade de água. Isso resulta na minimização de alterações físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas durante o armazenamento do produto final, além da otimização dos custos relacionados à embalagem e ao transporte. No entanto, é crucial mencionar que, durante esse processo, alguns componentes nutricionais essenciais como a vitamina C, antocianinas e carotenoides podem sofrer degradação, em grande parte devido ao calor, mudanças abruptas de temperatura, exposição ao oxigênio e à duração do processo (Ban *et al.*, 2020).

Figura 5 - Desidratação da Canjiqueira em estufa convencional: (a) início do processo de secagem; (b) canjiqueira após o processo de desidratação; (c) canjiqueira em pó.



Fonte: o autor (2023).

Consequentemente, uma série de variáveis do processo de desidratação convencional em estufa está sendo continuamente investigada, com o objetivo de preservar a integridade desses constituintes nutricionais necessários. A busca por abordagens que maximizem a retenção desses nutrientes valiosos está em constante evolução, de modo a melhorar a qualidade nutricional e sensorial dos produtos desidratados. A compreensão e o controle precisos dessas variáveis não apenas auxiliam na preservação dos atributos nutricionais, mas também garantem que o processo de desidratação seja eficiente e seguro para a produção de alimentos de alta qualidade (Ban *et al.*, 2020).

A desidratação convencional em estufa foi empregada na produção de cagaita (*Eugenia dysenterica*) em passa. A cagaita é um fruto típico do cerrado brasileiro, apreciada pelo sabor ácido, rico em vitamina C, fibras e carotenoides. Foram utilizadas duas temperaturas de desidratação (50°C e 70 °C). As cagaitas desidratadas foram encaminhadas para análise sensorial, sendo que ambas condições de desidratação apresentaram boa aceitação, constituindo uma opção válida quanto ao aumento da vida útil e consequentemente à melhoria no valor agregado no fruto (Silva *et al.*, 2015).

O marolo (*Annona crassiflora* Mart.), também conhecido como araticum, também é um fruto típico da América do Sul, sua polpa é rica em vitamina C, magnésio e carotenoides, e é consumido *in natura*, ou na forma de doces, geleias, sucos e licores (Vilar *et al.*, 2008). Neste contexto, Botrel *et al.* (2016) desidrataram a polpa de marolo utilizando o método de desidratação convencional em estufa, aliada a técnica de camada delgada, em diferentes temperaturas de secagem (70 °C, 80 °C e 90°C). Nesse estudo, a desidratação convencional em estufa aliada à técnica de camada delgada foi confirmada como alternativa eficaz para a obtenção de marolo em pó, com destaque para a temperatura de secagem de 80°C apresentando melhores parâmetros de colorimetria e propriedades prebióticas, aumentando a vida útil da polpa e possibilitando o desenvolvimento de produtos inovadores na indústria alimentícia.

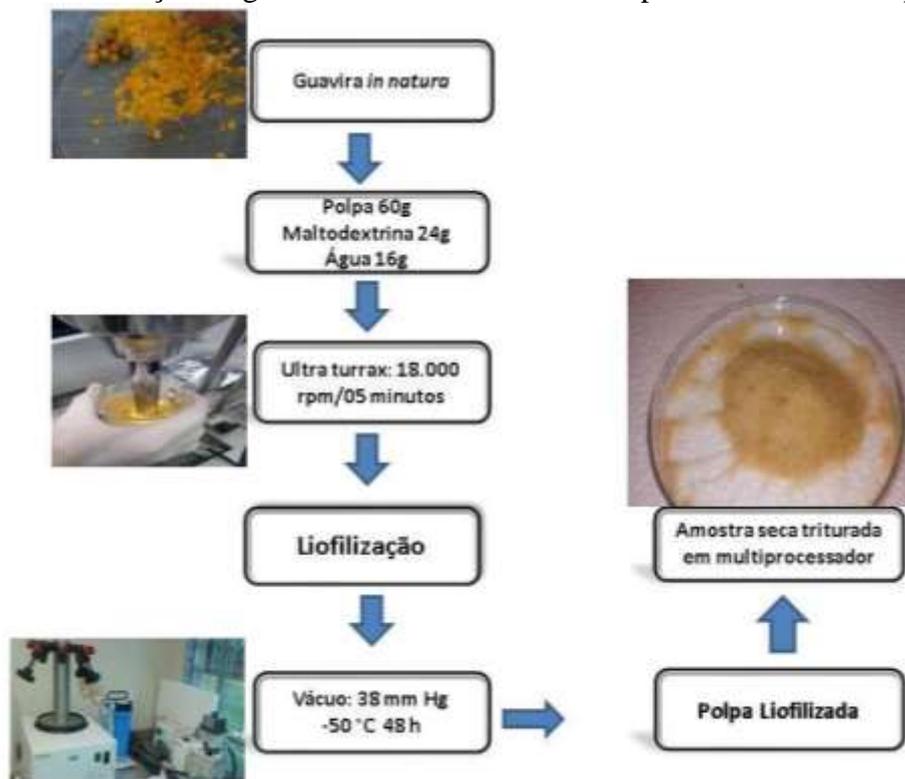
1.4.3 Desidratação por liofilização

O principal fenômeno envolvido na liofilização é a sublimação, em que a água passa diretamente do estado sólido (gelo) para o estado gasoso (vapor de água), sem passar pelo estado líquido. O material a ser desidratado é primeiro congelado e então submetido ao vácuo (por condução ou radiação ou por ambos) de modo que o líquido congelado sublima deixando apenas os componentes secos (Kawasaki *et al.*, 2019).

A gradiente de concentração de vapor de água entre a frente de secagem e o condensador é a força motriz para a remoção da água durante a liofilização. Todo o processo é realizado em baixa temperatura e pressão, portanto, é adequado para a secagem de compostos termolábeis. Durante o processo de liofilização, a umidade da fruta é removida a baixas temperaturas, favorecendo a preservação dos nutrientes e bioativos, mantendo o sabor e características peculiares da polpa, impedindo ou retardando as reações de deterioração e prolongando a sua vida de prateleira (Kawasaki *et al.*, 2019).

Conforme apresentado na Figura 6, a liofilização já foi empregada na desidratação de frutos popularmente utilizados na medicina tradicional pelas populações ribeirinhas, indígenas e pantaneiras. O araçá (*Psidium guineense* Swartz), baru (*Dipteryx alata* Vogel), guavira (*Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.) foram caracterizados quanto à atividade antioxidante após a desidratação por liofilização. Os pesquisadores verificaram que mesmo após a liofilização, as polpas dos frutos estudados apresentaram potencial antioxidante e, provavelmente, essas suas características bioativas podem diminuir os danos causados pelo estresse oxidativo (Araújo *et al.*, 2016).

Figura 6 - Obtenção de guavira desidratada através do processo de liofilização.



Fonte: o autor (2023).

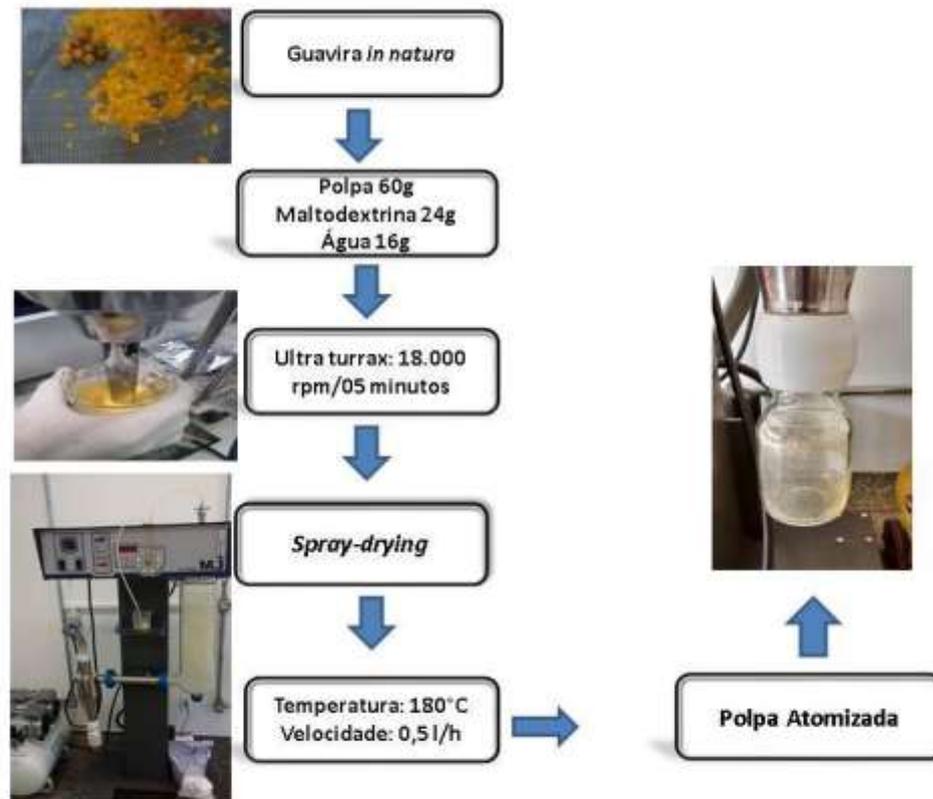
A liofilização de sucos e polpas de frutos com alto conteúdo de açúcar de baixa massa molecular (frutose e glicose) pode resultar em pós pegajosos em temperatura ambiente. Isto se deve, ao estado amorfo em que se encontram parte do açúcar, favorecendo a pegajosidade, aglomeração e compactação. Além disso, a estrutura porosa dos alimentos liofilizados é frágil e quebradiça, apresentando espaços vazios que favorecem acesso ao oxigênio, o que pode provocar degradação de vitamina C, por oxidação. Outros gargalos que precisam de atenção na liofilização são os altos custos dos equipamentos e alto consumo de energia elétrica durante o processo (Sagar e Kumar, 2010).

1.4.4 *Spray-drying*

O mecanismo de secagem por atomização se caracteriza pela transformação de um líquido em um produto seco, na forma de pó. O líquido é atomizado em sistema centrífugo ou de alta pressão, em que as gotículas atomizadas entram em contato com um fluxo de ar quente. Assim, há uma rápida evaporação, que permite manter baixa a temperatura do produto final, possibilitando a secagem de produtos sensíveis ao calor sem afetar excessivamente sua qualidade devido ao curto tempo de processo (Ré, 1998).

O processo de atomização favorece a obtenção de suco ou polpa em pó de alta qualidade, uma vez que o tratamento térmico é rápido e simples, conforme apresentado na Figura 7, evitando deterioração do produto (Assadpour e Jafari, 2019). O diferencial deste processo é o tempo curto de permanência da polpa no secador, o que favorece a conservação das substâncias termossensíveis; outro diferencial deste processo é a capacidade de produção em larga escala com baixo custo energético (Ré, 1998). A atomização também foi aplicada para desidratar suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) e ao final do processo concluíram que a atomização além de desidratar, promove a formação de microcápsulas do suco de caju quando incorporados agentes encapsulantes, possibilitando a retenção de compostos sensíveis como a vitamina C presente na matriz alimentar (Silva *et al.*, 2012).

Figura 7 - Obtenção de guavira desidratada a partir do processo *Spray-drying*.



Fonte: o autor (2023).

A atomização também foi aplicada na produção de óleo de pequi em pó (*Caryocar brasiliense* Camb.) (Pinto *et al.*, 2018). A técnica também foi aplicada em diferentes estudos, utilizando diferentes agentes carreadores, no desenvolvimento de óleo de pequi microencapsulado, com melhor proteção quanto à sua atividade antioxidante quando comparado ao óleo a granel (Oliveira *et al.*, 2014). A atividade anti-inflamatória de microcápsulas de guavira (*Campomanesia adamantium*) foi testada em modelo animal quando foi observada a redução significativa na migração de leucócitos para as diferentes doses de polpa de guavira microencapsulada avaliadas, quando comparada com o grupo controle. A técnica de *spray-drying* é uma alternativa para microencapsulação de produtos naturais, garantindo a biodisponibilidade e a preservação de componentes bioativos na polpa de guavira (Viscardi *et al.*, 2017).

A técnica de *spray-drying* foi aplicada para desidratar hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) sob diferentes parâmetros de secagem, obtendo ao final do processo, extrato de *H. sabdariffa* com retenção de antocianinas e compostos antioxidantes. Além disso, o extrato em

pó apresentou baixa atividade de água, alta solubilidade e predominância da cor bordô o que possibilita sua aplicação em diversos produtos alimentícios (Martins *et al.*, 2020).

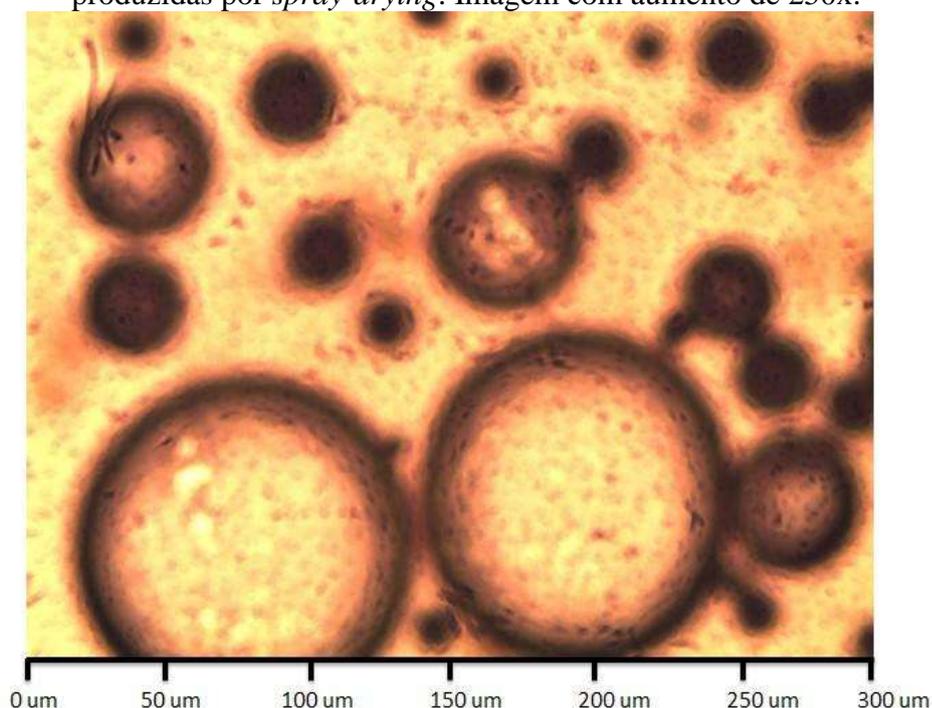
O alto conteúdo de açúcares presentes em suco de frutas pode acarretar a obtenção de produtos com alta higroscopicidade, diminuindo o rendimento do processo. Diante disso, é fundamental a utilização de agentes carreadores com alto peso molecular antes da atomização, visando facilitar o processo de secagem e as operações de transporte e armazenamento. A maltodextrina é o agente carreador comumente empregado na secagem por atomização, em função de sua baixa higroscopicidade, alta solubilidade em água fria e baixo custo (Sagar e Kumar, 2010).

1.4.5 Microencapsulamento de ingredientes bioativos vegetais como antioxidantes naturais

Algumas técnicas de desidratação, além de secar o produto podem proporcionar o microencapsulamento de compostos de origem vegetal, conforme ilustrado na Figura 8. A microencapsulação consiste em envolver partículas pequenas (por meio de um agente encapsulante) de materiais líquidos ou gasosos formando cápsulas em miniatura as quais chamamos de material ativo, que podem liberar seu conteúdo controladamente ou sob condições específicas. Assim ajudando a proteger os agentes bioativos contidos na polpa encapsulada contra fatores de degradação, como luz, oxigênio, calor, pH, água e outros fatores deteriorantes (Pathakoti *et al.*, 2017; Ray *et al.*, 2016). A fim de melhorar as características dos ingredientes bioativos, ou seja, funcionalidade, solubilidade, biodisponibilidade e valor nutricional.

As técnicas frequentemente estudadas e empregadas para encapsular bioativos provenientes de alimentos são: liofilização, *spray-drying*, revestimento em leito fluidizado, *foam mat* e sistemas baseados em fluidos supercríticos (Can *et al.*, 2020; García *et al.*, 2017). Com isso, é destacado o processo de liofilização como uma das alternativas para a obtenção de microcápsulas com elevada qualidade, sendo recomendada para materiais termossensíveis como vitaminas ou produtos de alto valor agregado.

Figura 8 - Micrografias de amostras da polpa de *Campomanesia adamantium* em pó produzidas por *spray-drying*. Imagem com aumento de 250x.



Fonte: Oliveira *et al.* (2015).

Outro destaque vai para o *spray-drying*, método bastante difundido cujas vantagens incluem a boa retenção de nutrientes e substâncias bioativas, produção em larga escala e custos menores em relação à liofilização (Lipan *et al.*, 2020; Fortunati *et al.*, 2018). Os agentes encapsulantes mais utilizados na indústria alimentícia são: goma arábica, maltodextrina e quitosana, que podem ser aplicados separadamente ou incorporados em misturas previamente delimitadas a partir de estudos prévios de otimização, conforme as microcápsulas apresentadas na Figura 8. Estes agentes microencapsulantes em conjunto com as técnicas já apresentadas podem proporcionar a formação de cápsulas com tamanhos e formas diferentes, ou seja, macropartículas ($\geq 5.000 \mu\text{m}$), micropartículas ($0,2$ a $5.000 \mu\text{m}$) e nanopartículas ($\leq 0,2 \mu\text{m}$).

A elaboração e/ou desenvolvimento de produtos provenientes de frutos nativos por meio de tecnologias eficientes de desidratação, com elevada vida útil e boa preservação dos compostos, permite a valorização, distribuição e a comercialização de plantas alimentícias, em especial no seu período de entressafra, como alimento que possui valor agregado, fortalecendo assim, a economia da população rural e estimulando a preservação da biodiversidade, bem como a cultura dos povos nativos (Oliveira *et al.*, 2022).

Aqui foram apresentadas cinco técnicas de desidratação de produtos elaborados com frutos nativos e que foram utilizadas/testadas com êxito no processamento e conservação de

frutos do Cerrado e Pantanal. Porém, as técnicas apresentadas com melhores resultados em relação à retenção de compostos e à manutenção das características organolépticas dos frutos são distintas daquelas que apresentam melhor desempenho no rendimento, eficiência energética e produção em larga escala, sendo que o desenvolvimento de tecnologias que associam mais de um método de conservação são relevantes em futuras pesquisas.

1.5 Testes de citotoxicidade em espécies vegetais

Como mecanismo de defesa contra fatores bióticos (animais, microrganismos) ou abióticos (fatores ambientais), as espécies vegetais sintetizam uma vasta gama de compostos secundários que, quando ingeridos, inalados ou em contato, podem apresentar toxicidade para os seres humanos. A investigação da toxicidade em alimentos avalia a capacidade desses produtos causarem danos à saúde humana, estando intrinsecamente ligada à presença de um ou mais componentes tóxicos em sua composição. Esses componentes estão relacionados à natureza da substância, sua concentração, a exposição, a frequência e a duração do consumo do alimento, e, principalmente, à susceptibilidade individual de cada organismo (Gallo *et al.*, 2020).

Além disso, a toxicidade é também influenciada por diversos fatores biológicos, tais como a idade do indivíduo, peso corporal, temperatura, fatores genéticos que influenciam algumas reações, presença de patologias, estados nutricionais e, sobretudo, a afinidade da substância tóxica com o organismo humano, assim como fatores individuais específicos para cada elemento (Gallo *et al.*, 2020).

A Portaria nº 116 de 1996, da Secretaria de Vigilância Sanitária, estabelece normas para estudos de toxicidade crônica e aguda, tanto para produtos fitoterápicos quanto para a validação de processos tecnológicos a partir de vegetais. Tais estudos têm como objetivo complementar os ensaios biológicos para a seleção de espécies que possam ser tóxicas para o organismo humano (Silva *at al.*, 2021).

Devido a restrições resultantes de movimentos sociais de organizações defensoras dos animais, os testes com animais vertebrados estão cada vez mais sujeitos a limitações, sendo substituídos, principalmente, por ensaios com animais invertebrados. Em contrapartida, os testes *in vitro* representam alternativas viáveis e têm ganhado crescente aceitação, uma vez que reduzem a necessidade de roedores no ambiente laboratorial. Esses testes podem ser conduzidos com bactérias, fungos, culturas celulares, enzimas ou proteínas para avaliações de citotoxicidade, além de serem realizados com algas e crustáceos. Dentro desse último grupo,

destaca-se o teste baseado na *Artemia salina*, inicialmente desenvolvido para identificar compostos bioativos, mas que também pode avaliar a letalidade e, por conseguinte, o potencial tóxico de substâncias isoladas ou de seus extratos (Silva *et al.*, 2021).

1.5.1 Citotoxicidade aguda em *Artemia salina*

A *Artemia salina* é um microcrustáceo marinho pertencente ao filo Artrópode, à família Artemiidae e à ordem Anostraca. Sendo um artrópode primitivo com corpo segmentado revestido de quitina fina, é utilizado como alimento para pequenos peixes devido ao seu alto valor nutritivo. A coloração da *Artemia salina* pode variar devido à sua alimentação, e sua habilidade aquática de nadar com a parte ventral voltada para cima e em direção à luz a torna ativa na busca por alimento e oxigênio. Este microcrustáceo é empregado em testes laboratoriais preliminares de toxicidade como um bioindicador devido à sua baixa tolerância a fatores ambientais específicos, respondendo facilmente a pequenas variações no ambiente em que está inserida (Tzima *et al.*, 2022).

A *Artemia salina* é considerada prolífica, reproduzindo-se facilmente e produzindo cistos dormentes. Quando inseridos em ambientes propícios, contendo água salinizada, concentração adequada de oxigênio e temperatura adequada, esses cistos eclodem, dando origem ao estágio larval conhecido como náuplios, que são utilizados nos testes. Após a eclosão, os ovos da *A. salina* têm uma duração máxima de até três meses, mas podem permanecer em estado de dormência por anos (Martins *et al.*, 2021).

Seus atributos, como anatomia simples, ciclo de vida curto, alta taxa de reprodução, facilidade de manutenção, baixo custo e disponibilidade constante, tornam a *A. salina* uma escolha vantajosa em aplicações científicas e industriais (Orqueda *et al.*, 2023).

Os resultados dos testes com *A. salina* proporcionam uma visão crucial sobre a toxicidade potencial de produtos naturais, desempenhando um papel fundamental na avaliação da segurança de compostos químicos e substâncias em desenvolvimento. Devido à sua semelhança genética com os seres humanos, a presença de proteínas de choque térmico 70 (Hsp70) em espécies de *Artemia*, assim como em humanos, a torna relevante para testes de toxicidade de substâncias destinadas ao uso humano (Shokry *et al.*, 2021).

É importante ressaltar que, embora a *A. salina* seja uma ferramenta valiosa, sua utilização deve ser cuidadosamente avaliada, pois a toxicidade pode depender da amostra testada. Substâncias que exercem efeitos tóxicos por meio de diferentes vias metabólicas basais podem não ser detectadas nos ensaios de *Artemia*. Assim, é aconselhável

complementar os testes com outros métodos para confirmar a toxicidade de amostras com esse perfil. Apesar de algumas limitações, *A. salina* continua a desempenhar um papel crucial na comunidade científica como organismo-teste, proporcionando insights valiosos sobre a toxicidade de diferentes substâncias e contribuindo para a segurança geral de produtos naturais (Ntungwe *et al.*, 2020).

1.5.2 Toxicidade em *Allium cepa*

Os bioensaios que empregam plantas oferecem diversas vantagens, como custos mais acessíveis de equipamentos e materiais, a semelhança na morfologia dos cromossomos das plantas com os de mamíferos, a resposta aos agentes mutagênicos semelhantes aos observados em animais, além da adaptação única para estudos *in situ*. Espécies vegetais como *Vicia faba*, *Tradescantia paludosa* e *Allium cepa*, são fundamentais na avaliação do efeito biológico de compostos químicos. O emprego dessas plantas em bioensaios remonta à década de 1940, sendo pioneiras no estudo da mutagenicidade de químicos e, mais recentemente, de poluentes ambientais (Carmo *et al.*, 2020; Klauck *et al.*, 2017; Leme e Marin-Morales, 2009).

Os testes genotóxicos, que alertam sobre potenciais riscos como câncer e desordens genéticas, encontram no teste de *Allium cepa* uma ferramenta valiosa. Introduzido por Levan em 1938, esse ensaio foi posteriormente proposto como um método padrão para testar químicos. A região meristemática das raízes tem sido utilizada em estudos clastogênicos desde a década de 30, enquanto a análise da frequência de aberrações cromossômicas ocorre desde antes dos anos 80 (Leme e Marin-Morales, 2009).

O *Allium cepa* é reconhecido como um organismo teste eficiente para citotoxicidade e genotoxicidade, graças à sua cinética de proliferação, crescimento rápido das raízes, grande número de células em divisão, alta tolerância a diferentes condições de cultivo, disponibilidade ao longo do ano, fácil manuseio, e por possuir cromossomos em número reduzido ($2n=16$) e de grande tamanho. O teste genotóxico utilizando *Allium* é validado pelo Programa Internacional de Segurança Química e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (Freitas *et al.*, 2023).

O ensaio de *Allium cepa* também é amplamente utilizado em estudos de monitoramento ambiental. Autores relatam a indução de aberrações cromossômicas em células de *A. cepa* tratadas com águas de rios, solos, e efluentes industriais (Rodriguez *et al.*, 2021).

1.6 Referências

Abreu, R. C., Hoffmann, W. A., Vasconcelos, H. L., Pilon, N. A., Rossatto, D. R., e Durigan, G. The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. **Science advances**, 3(8), e1701284, 2017. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701284>

Andrade Silva, C. A., e Fonseca, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, 25(5), 1225-1232, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0195-3>

Arai, D., Kataoka, R., Otsuka, S., Kawamura, M., Maruki-Uchida, H., Sai, M., e Nakao, Y. Piceatannol is superior to resveratrol in promoting neural stem cell differentiation into astrocytes. **Food e function**, 7(10), 4432-4441, 2016. <https://doi.org/10.1039/C6FO00685J>

Arakaki, D. G., Samúdio dos Santos, V., Melo, E. P. D., Pereira, H., Silva Figueiredo, P., Rodrigues Cortês, M., e Aragão do Nascimento, V. Canjiqueira Fruit: Are We Losing the Best of It?. **Foods**, 9(4), 521, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9040521>

Araujo, L. C. A., Rios, N. L., Boleti, A. P. A., e dos Santos, E. L. (2016). Profile of Antioxidant Activity of Fruits of the Savana Brazilian. **Free Radical Biology and Medicine**, 100, S95. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.10.237>

Abbasi, E., e Azizpour, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. **LWT-Food Science and Technology**, 68, 105-110, 2016.

Aguiar MCS, Fernandes JB e Forim MR. Evaluation of the microencapsulation of orange essential oil in biopolymers by using a spray-drying process. **Scientific Reports (Nature Publisher Group)** 10 : 1-11, 2020.

Ahmed, I., Qazi, I. M., e Jamal, S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, 34, 29-43, 2016.

Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L. S., Bejar, A. K., Perez, C. T., e Kechaou, N. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. **Ultrasonics sonochemistry**, 36, 286-300, 2017.

Amit, SK, Uddin MM, Rahman Risr e Khan MS. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. **Agriculture e Food Security** 6: 51, 2017.

Araujo, L. C. A., Rios, N. L., Boleti, A. P. A., e dos Santos, E. L. Profile of Antioxidant Activity of Fruits of the Savana **Brazilian. Free Radical Biology and Medicine**, 100, S95, 2016.

Assadpour, E., e Jafari, S. M. Advances in spray-drying encapsulation of food bioactive ingredients: From microcapsules to nanocapsules. **Annual review of food science and technology**, 10, 103-131, 2019.

Benton, D., e Young, H. A. Role of fruit juice in achieving the 5-a-day recommendation for fruit and vegetable intake. **Nutrition reviews**, 77(11), 829-843, 2019. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz031>

Berto, A., da Silva, A. F., Visentainer, J. V., Matsushita, M., e de Souza, N. E. Proximate compositions, mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. **Food Research International**, 77, 441-449, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.018>

Boeri, P., Piñuel, L., Dalzotto, D., e Sharry, S. Native Biodiversity: A Strategic Resource to Accelerate Bioeconomy Development in Latin America and the Caribbean. **Agricultural, Forestry and Bioindustry Biotechnology and Biodiscovery**, pp. 163-174, 2020. https://DOI: 10.1007/978-3-030-51358-0_10

Botrel, D. A., Rodrigues, I. C. B., de Souza, H. J. B., e de Barros Fernandes, R. V. Application of inulin in thin-layer drying process of araticum (*Annona crassiflora*) pulp. **LWT-Food Science and Technology**, 69, 32-39, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.018>

Breda, C. A., Sanjinez-Argandoña, E. J., e Correia, C. A. Shelf life of powdered Campomanesia adamantium pulp in controlled environments. **Food Chemistry**, 135(4), 2960-2964, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.029>. PMID:22980897.

Bortolotto, I. M., Hiane, P. A., Ishii, I. H., Souza, P. R., Campos, R. P., Gomes, R. J. B., Farias, C. S., Leme, F. M., Arruda, R. C. O., Costa, L. B. L. C., e Damasceno-Junior, G. A. A knowledge network to promote the use and valorization of wild food plants in the Pantanal and Cerrado, Brazil. **Regional Environmental Change**, v.17, n.5, p. 1329-1341, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9296-9>

Bortolotto, IM, de Cássia A.G.R., Campos, R.P, da Silva Lopes, MR, da Silva, LPR, SILVA, RH, Hiane, PA. Food Composition Data: Edible Plants in Pantanal. In: **Local Food Plants of Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 297-324. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69139-4_14#DOI

Ban, Z., Zhang, J., Li, L., Luo, Z., Wang, Y., Yuan, Q., e Liu, H. Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the improvement of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit quality. **Food chemistry**, 306, 125628, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125628>

Bozkir, H., Ergün, A. R., Serdar, E., Metin, G., e Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. **Ultrasonics sonochemistry**, 54, 135-141, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.006>

Calder, Philip C. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. **Journal of parenteral and enteral nutrition**, v. 39, p. 18S-32S, 2015. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>

Calín-sánchez, Á., Lipan, L., Cano-lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-barrachina, Á. A., Figiel, A. Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1261, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9091261>

Can Karaca, A., Baskaya, H., Guzel, O., e Ak, M. M. Characterization of some physicochemical properties of spray-dried and freeze-dried sour cherry powders. **Journal of Food Processing and Preservation**, e14975, 2020. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14975>

Carvalho Tavares, I. M., de Castilhos, M. B. M., Mauro, M. A., Ramos, A. M., de Souza, R. T., Gómez-Alonso, S., e Lago-Vanzela, E. S. BRS Violeta (BRS Rúbea× IAC 1398-21) grape juice powder produced by foam mat drying. Part I: Effect of drying temperature on phenolic compounds and antioxidant activity. **Food chemistry**, 298, 124971, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124971>

Costa Ribeiro, A. S., Aguiar-Oliveira, E., e Maldonado, R. R. Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality. **LWT-Food Science and Technology**, 72, 407-415, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.062>

Carmo, L.R.; LeaL, L.S.; Ribeiro, L.R. *Allium cepa L.* and Micronucleus test as bioindicators of cytogenotoxicity in aqueous extracts of medicinal plants. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p.82419-82430, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-610>

Celestino, S. M.C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 51 p. 2010. (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 276).

Choi, K. H., Kim, J. E., Song, N. R., Son, J. E., Hwang, M. K., Byun, S., e Lee, H. J. Phosphoinositide 3-kinase is a novel target of piceatannol for inhibiting PDGF-BB-induced proliferation and migration in human aortic smooth muscle cells. **Cardiovascular research**, 85(4), 836-844, 2010. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvp359>

Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., Vos, R. Changes in antioxidant and metabolite profiles during the production of tomato paste. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56(3), 964-97, 2008. <https://doi.org/10.1021/jf072990e>

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. 2006. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic

compounds. **Food Chemistry**, 97(1), 654–660, 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028>

Dantas, S. C. D. M., Pontes Júnior, S. M. D., Medeiros, F. G. M. D., Santos Júnior, L. C., Alsina, O. L. S. D., e Medeiros, M. D. F. D. D. Spouted-bed drying of acerola pulp (*Malpighia emarginata* DC): Effects of adding milk and milk protein on process performance and characterization of dried fruit powders. **Journal of Food Process Engineering**, 42(6), e13205, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13205>

Dantas, D., Pasquali, M. A., Cavalcanti-Mata, M., Duarte, M. E., e Lisboa, H. M. Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. **Food chemistry**, 266, 284-291, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.016>.

Darniadi, S., Ho, P., e Murray, B. S. Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98(5), 2002-2010, 2018. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8685>

Dermesonlouoglou, E. K., e Giannakourou, M. C. Evaluation and modelling of osmotic pre-treatment of peach using alternative agents in a multiple-component solution. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 99(3), 1240-1249, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9296>

Engel, B., de Monte Baccar, N., Marquardt, L., de Oliveira, M. S. R., e Rohlfes, A. L. B. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, 6(1), 2016. <https://doi.org/10.17058/rjp.v6i1.7345>

El Fels, L., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., *Artemia salina* as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. **Waste Management**, v. 50, p. 194–200, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.02.002>

Ferrigni, N. R., McLaughlin, J. L., Powell, R. G., e Smith Jr, C. R. Use of potato disc and brine shrimp bioassays to detect activity and isolate piceatannol as the antileukemic principle from the seeds of *Euphorbia lagascae*. **Journal of Natural Products**, 47(2), 347-352, 1984. <https://doi.org/10.1021/np50032a019>

Fortunati, E., Mazzaglia, A., e Balestra, G. M. Sustainable control strategies for plant protection and food packaging sectors by natural substances and novel nanotechnological approaches. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 99(3), 986-1000, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9341>

Freitas, L. G. D. R., dos Reis, H. S., Magalhães, S. B. S., da Rocha, C. A. M., & da Silva, F. P. E. Ecotoxicidade da água do canal Água Cristal (Marambaia, Belém, Pará, Brasil): utilizando o sistema teste *Allium cepa* como bioindicador. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, 2023.

Fujita, A., Borges, K., Correia, R., de Melo Franco, B. D. G., e Genovese, M. I. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaughn). **Food Research International**, 54(1), 495-500, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.025>

Gallo, M., Ferrara, L., Calogero, A., Montesano, D., Naviglio, D. Relationships between food and diseases: What to know to ensure food safety. **Food Research International**, v. 137, p. 109414, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109414>

García-Ruiz, A., Girones-Vilaplana, A., León, P., Moreno, D. A., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J., e Ruales, J. Banana passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey): Microencapsulation, phytochemical composition and antioxidant capacity. **Molecules**, 22(1), 85, 2017. <https://doi.org/10.3390/molecules22010085>

Guazi, J. S., Lago-Vanzela, E. S., e Conti-Silva, A. C. Development of smoothies from dehydrated products of strawberry and banana pulps obtained through foam-mat drying. **International Journal of Food Science e Technology**, 54(1), 54-61, 2019. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13900>

Herforth, A., Bai, Y., Venkat, A., Mahrt, K., Ebel, A., e Masters, W. A. Cost and affordability of healthy diets across and within countries: Background paper for The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. **FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 9** (9), 2020. <https:// DOI: 10.22004/ag.econ.309369>

Hidalgo, P. S., Rita de Cássia, S. N., e Nunomura, S. M. Plantas oleaginosas amazônicas: Química e atividade antioxidante de patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.). **Revista Virtual de Química**, 8(1), 130-140, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160009>

Hunter, D., Borelli, T., Beltrame, D. M., Oliveira, C. N., Coradin, L., Wasike, V. W., Tartanac, F. The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. **Planta**, 250, 709-729, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03169-4>

Jafari, S. M., Ghalehnoei, M. G., e Dehnad, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder technology**, 311, 59-65, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.01.070>

Kawasaki, H., Shimanouchi, T., e Kimura, Y. Recent development of optimization of lyophilization process. **Journal of Chemistry**, v. 2019, p. 1-14, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9502856>

Klauck, C.R. Giacobbo, A.; Altenhofen, C.G.; Silva, L.B.; Meneguzzi, A.; Bernardes, A.M.; Rodrigues, M.A.S. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing of advanced oxidation process and adsorption. **Environmental Technology e Innovation**, v. 8, p. 246–255, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.07.006>

Khabib, Mnh, Sivasanku, Y., Lee, HB, Kumar, S., Kue, CS. Modelos animais alternativos em toxicologia preditiva. **Toxicologia**, v. 465, p. 153053, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.153053>

Leme, D.M. and Marin-morales, M.A. *Allium cepa* L. test in environmental monitoring: A review on its application. **Reviews in Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71–81, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2009.06.002>

Lipan, L., Rusu, B., Sendra, E., Hernández, F., Vázquez-Araújo, L., Vodnar, D. C., e Carbonell-Barrachina, Á. A. Spray drying and storage of probiotic-enriched almond milk: probiotic survival and physicochemical properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 9, pág. 3697-3708, 2020. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10409>

Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E.; Yapar, K. LICOPENO: um produto antioxidante que reduz a toxicidade do ditano em *Allium cepa* L. L. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, pág. 2290, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29481-4>

Marcelino, G., Donadon, JR, Caires, AR, Michels, FS, Oliveira, LC, Cortes, MR, Guimarães, RC. Caracterização e estabilidade oxidativa de óleos e compostos dos frutos de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. em diferentes estádios de maturação. **Journal of the Science of Food and Agriculture** , v. 99, n. 6, pág. 2855-2864, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9498>

Martins, A. C. R., da Costa, J. K. N., Herbert, A., Farias, F. R. S., Rezende, M., Junior, V. A. K., Geus, J. L. Avaliação da toxicidade das tinturas de aroeira e de romã através do bioensaio com *Artemia salina*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e52010313751-e52010313751, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13751>

Martins, D. R. D. S., Sanjinez-Argandoña, E. J., Ortega, N. D. F., Garcia, V. A. D. S., Oliveira, V. S., e Cardoso, C. A. L. Production and characterization of Hibiscus sabdariffa by spray dryer using different sprinkler nozzles and carrier agents. **Journal of Food Processing and Preservation**, 44(7), e14493, 2020. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14493>.

Mesarić, T.; Gambardella, C.; Milivojević, T.; Faimali, M.; Drobne, D.; Falugi, C.; Makovec, D.; Jemec, A.; Sepčić, K. High surface adsorption properties of carbon-based nanomaterials are responsible for mortality, swimming inhibition, and biochemical responses in *Artemia salina* larvae. **Aquatic Toxicology**, v. 163, p. 121–129, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.03.014>

Minolta Corp. **Precise Color Communication**. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. p. 45-49. <https://sensing.konicaminolta.us/>

Nogueira, L. M. S., Figueiredo, P. S., Candido, C. J., Miyagusku, L., Campos, R. P., Hiane, P. A., e Aréco, A. E. T. Caracterização e aceitação sensorial de frozen yogurt formulado com polpa de laranjinha de pacu (*Pouteira glomerata* (Miq.) Radlk) e culturas probióticas. **AMBIÊNCIA**, 14(1), 174-185, 2018. <https://DOI:10.5935/ambiencia.2018.12.01>

Nowacka, M., Tylewicz, U., Romani, S., Dalla Rosa, M., e Witrowa-Rajchert, D. Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the main quality parameters of kiwifruit. **Innovative food science e emerging technologies**, 41, 71-78, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.002>

Ntungwe N, E., Dominguez-martin, EM, Roberto, A., Tavares, J., Isca, V., Pereira, P., Rijo, P. Espécies de Artemia: Uma ferramenta importante para rastrear amostras de toxicidade geral. **Current Pharmaceutical Design**, v. 26, n. 24, pág. 2892-2908, 2020. <https://doi.org/10.2174/1381612826666200406083035>

Oliveira, D. M., Clemente, E., e da Costa, J. M. C. Bioactive compounds and physicochemical parameters of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) from Brazil: pulp and powder. **Food Science and Technology Research**, 20(1), 7-12, 2014. <https://doi.org/10.3136/fstr.20.7>

Oliveira SV, Sanjinez AEJ, Oshiro MA, Carnevali TO e Honorato CA. Desidratação da polpa de *Campomanesia adamantium* cambess. O. Berg por liofilização. **Interbio** 9, 22-27, 2015. <https://www.unigran.br/dourados/interbio/index.php>

Oliveira, V. S. D.; Donadon, J. R.; Guimarães, R. D. C. A.; Hiane, P. A. Application of dehydration technologies as a tool to foster bioeconomics and fruit consumption in rural populations in South America. **Food Science and Technology**, v42, e14021, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.14021>

Orqueda, M. E., Zampini, I. C., Torres, S., e Isla, M. I. Functional Characterization and Toxicity of Pectin from Red Chilto Fruit Waste (Peels). **Plants**, v. 12, n. 14, p. 2603, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12142603>

Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., e Capanoglu, E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food chemistry**, 272, 494-506, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205>

Pansera, M.R., Santos, A.C.A., Paese, K., Wasum, R., Rossato, M., Rota, L.D., Pauletti, G.F., Serafini, L.A. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Farmacognosia**. 13(1), 17-22, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2003000100002>

Park, I. S., Han, Y., Jo, H., Lee, K. W., e Song, Y. S. Piceatannol Is Superior to Resveratrol at Suppressing Adipogenesis in Human Visceral Adipose-Derived Stem Cells. **Plants**, 10(2), 366, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020366>

Pandith, J. A. Induction heating assisted foam mat drying of papaya pulp: drying kinetics, drying modeling, and effects on quality attributes. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 20(2), 206-215, 2018. <http://orcid.org/0000-0003-2143-3385>

Pathakoti, K., Manubolu, M., e Hwang, H. M. Nanostructures: Current uses and future applications in food science. **Journal of food and drug analysis**, 25(2), 245-253, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.02.004>

Pellicer, J. A., Fortea, M. I., Trabal, J., Rodríguez-López, M. I., Gabaldón, J. A., e Núñez-Delicado, E. Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. **Powder Technology**, 347, 179-185, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.03.010>

Pinto, M. R. M. R., de Almeida Paula, D., Alves, A. I., Rodrigues, M. Z., Vieira, É. N. R., Fontes, E. A. F., e Ramos, A. M. Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. **Powder technology**, 339, 939-946, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.08.076>

Prates, M. F. O., Campos, R. P., Silva, M. M. B. D., Macedo, M. L. R., Hiane, P. A., e Ramos Filho, M. M. Nutritional and antioxidant potential of canjiqueira fruits affected by maturity stage and thermal processing. **Ciência Rural**, 45, 399-404, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131272>

Prates, M. F. O. Potencial nutritivo e compostos em frutos de canjiqueira: pós-colheita e processamento[tese]. Universidade Federal de Mato grosso do Sul. Campo grande, MS; 2012.

Ramos, M. D. L. M., Rodrigues, G. D. C. G., Soares, W. R. G., Hiane, P. A., Ramos, M. I. L., Almeida, J. A. D., e Sanches, F. L. F. Z. SUPPLEMENTATION WITH BACURI ALMOND IN THE BODY COMPOSITION OF RATS SUBMITTED TO THE EXERCISE. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 23(4), 294-299., 2017. <https://doi.org/10.1590/1517-869220172304172947>

Rajha, H.N.; Darra, N.E.; Hobaika, Z.; Nadia Boussetta, N.; Eugene Vorobiev, E.; Maroun, R.G.; Louka, N. Extraction of total phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and tannins from grape byproducts by response surface methodology. Influence of solid-liquid ratio, particle size, time, temperature and solvent mixtures on the optimization process. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, p. 397–409, 2014. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.54048>

Ray, S., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R., Ray, S., Raychaudhuri, U., e Chakraborty, R. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. **Food Bioscience**, 13, 76-83, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.009>.

Ré, M. Microencapsulation by spray drying. **Drying technology**, 16(6), 1195-1236, 1998. <https://doi.org/10.1080/07373939808917460>

Rodríguez, L. G. R.; Gasga, V. M. Z.; Pescuma, M.; Van Nieuwenhove, C.; Mozzi, F.; Burgos, J. A. S. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. **Food Research International**, v. 140, p. 109854, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>

Rockett, F. C., Schmidt, H. D. O., Pagno, C. H., Fochezatto, É. S., de Oliveira, V. R., da Silva, V. L., e Rios, A. D. O. Native fruits from southern Brazil: Physico-chemical characterization, centesimal composition, and mineral content. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14582, 2020. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14582>

Rodríguez, Ó., Eim, V., Rosselló, C., Femenia, A., Cárcel, J. A., e Simal, S. Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables: effects on quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98(5), 1660-1673, 2018. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8673>

Sagar, V. R., e Kumar, P. S. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of food science and technology**, 47(1), 15-26, 2010. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0010-8>

Sanchez, B. A. O., Celestino, S. M. C., de Abreu Gloria, M. B., Celestino, I. C., Lozada, M. I. O., Júnior, S. D. A. e de Oliveira, L. D. L. Pasteurization of passion fruit *Passiflora setacea* pulp to optimize bioactive compounds retention. **Food Chemistry**, X, 100084, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100084>

Santos, V. S., Nascimento, T. V., Felipe, J. L., Boaretto, A. G., Damasceno-Junior, G. A., Silva, D. B., e Carollo, C. A. Nutraceutical potential of *Byrsonima cydoniifolia* fruits based on chemical composition, anti-inflammatory, and antihyperalgesic activities. **Food chemistry**, 237, 240-246, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.082>

Sasson, A., e Malpica, C. Bioeconomics in Latin America. **New Biotechnology**, 40(Pt A), 40-45, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.007>

Silva, MG, Furtado, MM, Osório, AT, da Silva Morais, ICP, do Amaral, MPM, Coêlho, AG, & Arcanjo, DDR. A importância dos ensaios de toxicidade para o desenvolvimento e o registro de fitoterápicos no Brasil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 12, pág. e538101220137-e538101220137, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20137>

Song, H., Jung, J. I., Cho, H. J., Her, S., Kwon, S. H., Yu, R., e Park, J. H. Y. Inhibition of tumor progression by oral piceatannol in mouse 4T1 mammary cancer is associated with decreased angiogenesis and macrophage infiltration. **The Journal of nutritional biochemistry**, 26(11), 1368-1378, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.07.005>

Santo, D. E.; Dusman, E.; Silva Gonzalez, R.; Romero, A. L.; Dos Santos Goncalves DO Nascimento, G. C.; de Souza Moura, M. A.; Peron, A. P. Prospecting toxicity of octocrylene in *Allium cepa* L. and *Eisenia fetida* Sav. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 3, p. 8257-8268, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22795-2>

Silva, L.M.; Cavalcante, R.P.; Cunha, R.F.; Gozzi, F.; Dantas, R.F.; de Oliveira, S.C.; Machulek, A.J. Tolfenamic acid degradation by direct photolysis and the UV-ABC/H₂O₂ process: factorial design, kinetics, identification of intermediates, and toxicity evaluation. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 518–531, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.139>

Silva, J. G., Melo, E. R. D., Cavalcante, A. M. D. S. G., da Silva, E. I., do Nascimento, E. R., e de Araujo Torres, I. P. Avaliação toxicológica de espécies vegetais pertencentes a Caatinga e determinação da CL50 frente *Artemia salina* Leach Toxicological evaluation of plant species from the Caatinga and determination of the LC50 against *Artemia salina* Leach. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 3, p. 8428-8441, 2022. <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n3-034>

Silva, C. D. M., Pires, C. R. F., Lima, J. P., Pereira, A. S., e Silva, C. A. Osmotic dehydration to obtain cagaita raisins. **Journal of Bioenergy and Food Science**, 2(4), 226-233, 2015. <http://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v2i4.82.g85>

Silva Bastos, D., do Pilar Gonçalves, M., de Andrade, C. T., de Lima Araújo, K. G., e da Rocha Leão, M. H. M. Microencapsulation of cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) juice using a new chitosan–commercial bovine whey protein isolate system in spray drying. **Food and Bioprocess Processing**, 90(4), 683-692, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.04.005>

Sousa, F. D. C. Avaliação físico-química da polpa de manga (Tommy atkins) em pó obtida por meio da secagem em camada de espuma. *Revista Semiárido De Visu*, 11(1), 1-19, 2023. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v11i1.418>

Sun, Y., Zhang, Y., Xu, W., e Zheng, X. Analysis of the Anthocyanin Degradation in Blue Honeysuckle Berry under Microwave Assisted Foam-Mat Drying. **Foods**, 9(4), 397, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9040397>

Scoditti, E., Massaro, M., Garbarino, S., e Toraldo, D. M. Role of diet in chronic obstructive pulmonary disease prevention and treatment. **Nutrients**, 11(6), 1357, 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11061357>

Shokry, A., Khalil, M., Ibrahim, H., Soliman, M., Ebrahim, S. Acute toxicity assessment of polyaniline/Ag nanoparticles/graphene oxide quantum dots on *Cypridopsis vidua* and *Artemia salina*. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 5336, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84903-5>

Tatar Turan, F., Cengiz, A., Sandıkçı, D., Dervisoglu, M., e Kahyaoglu, T. Influence of an ultrasonic nozzle in spray-drying and storage on the properties of blueberry powder and microcapsules. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 96(12), 4062-4076, 2016. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7605>

TZIMA, Chrysoula S.; BANTI, Christina N.; HADJIKAKOU, Sotiris K. Assessment of the biological effect of metal ions and their complexes using *Allium cepa* and *Artemia salina* assays: a possible environmental implementation of biological inorganic chemistry. **JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry**, v. 27, n. 7, p. 611-629, 2022. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00775-022-01963-2>

Van Noordwijk, M. G. V.; Minang, P. A.; Dewi, S.; Leimona, B.; DUGUMA, L.; Pingault, N.; Meybeck, A. Restauração de terras baseada na natureza e centrada nas pessoas por meio de sistemas agroflorestais: uma tipologia. **Terra**, v. 9, n. 8, pág. 251, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/land9080251>

Vergara, A.S.; Riquelme, A.I. Toxicity of the hydroalcoholic extracts of fruit leaves from the Peruvian Amazon in *Artemia salina*. **F1000Research**, v. 8, p. 1016-1028, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.18997.1>

Vilar, J. B., Ferreira, F. L., Ferri, P. H., Guillo, L. A., e Chen Chen, L. Assessment of the mutagenic, antimutagenic and cytotoxic activities of ethanolic extract of araticum (*Annona crassiflora* Mart. 1841) by micronucleus test in mice. **Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia**, 68(1), 141-147, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100020>. PMID:18470389.

Viscardi, D. Z., Oliveira, V. S. D., Arrigo, J. D. S., Piccinelli, A. C., Cardoso, C. A., Maldonade, I. R., e Sanjinez-Argandoña, E. J. Anti-inflammatory, and antinociceptive effects

of *Campomanesia adamantium* microencapsulated pulp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 27, 220-227, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.09.007>

Vincenzi, S., Tomasi, D., Gaiotti, F., Lovat, L., Giacosa, S., Torchio, F., e Rolle, L. Comparative study of the resveratrol content of twenty-one Italian red grape varieties. **South African Journal of Enology and Viticulture**, 34(1), 30-35, 2013. <https://doi.org/10.21548/34-1-1078>

Wen, J., Lin, H., Zhao, M., Tao, L., Yang, Y., Xu, X., e Weng, D. Piceatannol attenuates D-GalN/LPS-induced hepatotoxicity in mice: Involvement of ER stress, inflammation and oxidative stress. **International immunopharmacology**, 64, 131-139, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.08.03>

Yan, L., Lu, L., Hu, F., Shetti, D., e Wei, K. Piceatannol attenuates RANKL-induced osteoclast differentiation and bone resorption by suppressing MAPK, NF- κ B and AKT signalling pathways and promotes Caspase3-mediated apoptosis of mature osteoclasts. **Royal Society open science**, 6(6), 190360, 2019. <https://doi.org/10.1098/rsos.190360>

Zomer, Ana Paula Lourenção; Rodrigues, Carina Alexandra; Maldaner, Liane. Piceatannol: um estilbeno natural com um espectro amplo de atividades biológicas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e49211932221-e49211932221, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32221>

CAPÍTULO 2 – Artigo publicado: Aplicação de tecnologias de desidratação como ferramenta de incentivo da bioeconomia e consumo de frutas nas populações rurais da América do Sul

Original Article
Food Science and Technology

ISSN 0101-2061 (Print)
ISSN 1678-457X (Online)

DOI: <https://doi.org/10.1590/fs1.14021>



Application of dehydration technologies as a tool to foster bioeconomics and fruit consumption in rural populations in South America

Vinicius Soares de OLIVEIRA^{1*} , Juliana Rodrigues DONADON¹, Rita de Cássia Avellaneda GUIMARÃES¹, Priscila Aiko HIANE¹

Abstract

Strengthening the use and improvement of species native to South America may lead to the development of new food products with high nutritional potential, in addition to contributing to disease prevention, thus meeting the varied demands of consumption. The focus of this strategy is especially on native plant species and/or introduced species, but which have become very popular for presenting edible fruits appreciated for their characteristic flavor and aroma. In addition, the pulp of such fruits has antioxidant potential, which makes it possible to call them functional foods. However, perishability and seasonality hinder production on a larger scale, and it is necessary to explore conservation alternatives to make the fruit pulp available all year round. Studies have shown the use of conventional technologies and emerging and promising technologies for the preservation of the organoleptic characteristics of fruits. Finally, the strengths and weaknesses of each conservation technique are discussed in view of the variety of fruits found in different regions of the world and especially in South American countries.

Keywords: food technology; dehydration; sustainability; antioxidants.

Practical Application: Establish technical and scientific bases to disseminate technologies for dehydration of native fruits.

1 Introduction

South America has the largest biodiversity in the world. It is a world heritage of plant genetic resources that plays a strategic role in sustainable development and increased quality of life, especially for vulnerable populations (Boeri et al., 2020; Abreu et al., 2017). The perishability and seasonality of native fruits are attenuating factors for the food fragility of traditional populations, in addition to economically hindering production on a larger scale, the development of the bioeconomy, and the creation of agro-industries and rural associations (Sasson & Malpica, 2018).

Despite the richness of forage, apiculture, fruit, and timber species in Latin American countries, native peoples, such as diverse indigenous ethnic groups, traditional communities, riverside communities, quilombolas, "caipiras," and wetland inhabitants, face subsistence difficulties mainly due to the lack of food security (van Noordwijk et al., 2020).

Fruit consumption is inversely proportional to the risk of chronic non-communicable diseases, especially cardiovascular and neoplastic diseases (Scoditti et al., 2019). In general, fruits are a source of potassium, dietary fiber, folate, antioxidants, and other bioactive phytochemicals. However, the consumption of fruits and vegetables is also inversely proportional to *per capita* household income (Benton & Young, 2019). The minimum recommended food consumption is 400 g/day, which corresponds

in Brazil to 6-7% of the total daily calories of a diet of 2,300 kcal (Herforth et al., 2020).

Therefore, it is necessary to look for alternatives that allow the integration of biodiversity and traditional and scientific-technological knowledge by applying conservation techniques that make traditional fruit pulps available all year round (Sanchez et al., 2020).

Over time and with the growing demand for food, preservation techniques have been improved and modernized. Irradiation, high-pressure food preservation, the pulsed electric field effect, cooling, freezing, fermentation, and drying have been developed to preserve food and maintain its nutritional value and texture. Different chemical reagents have also been introduced as food additives and preservatives. However, there is a growing concern with the use of chemical additives and preservatives in foods due to possible health risks (Amit et al., 2017).

Among the various food preservation techniques available dehydration has numerous advantages. It reduces the weight and volume of food, facilitates storage, conditioning, and transport, in addition to providing different flavors and smells. With all these benefits, drying is apparently the cheapest method of preserving food (Ray et al., 2016).

Different techniques, such as natural convective drying, sun drying, forced convective drying, microwave drying, foam

Received 12 Mar., 2021

Accepted 17 Aug., 2021

¹Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande, MS, Brazil

*Corresponding author: viniciusbiomed@hotmail.com

mat drying, lyophilization, and atomization (spray drying) can be used to dry fruits and vegetables. In addition to promoting dehydration, some of these methods allow the microencapsulation of food and food products (Ozkan et al., 2019), providing better conditions of protection, stability, solubility, and controlled release of food and its bioactive compounds (Ray et al., 2016).

Another important alternative for the dehydration of fruits and vegetables is osmotic dehydration followed by convective drying. It is widely used as a simple and effective method when applied to treat small quantities at the laboratory and/or manually. However, it is little explored in agro-industries and rural properties due to the difficulty of large-scale production (Rodríguez et al., 2018).

The foam mat drying method was developed seeking to decrease drying time and temperature of foods normally dehydrated by the traditional drying method. It uses a forced air circulation oven due to the greater exposed surface area, thus decreasing energy consumption (Abbasi & Azizpour, 2016). Lyophilization is a drying process consisting of three main stages: product freezing, primary drying, and secondary drying. It has been used to obtain dehydrated products with a superior quality and is recommended for heat-sensitive and oxidation-prone products (Kawasaki et al., 2019).

Spray drying is a well-established and widely used technique for turning liquid food into powder. The initial food must be liquid. It can be a solution, an emulsion, or a suspension. Heat-resistant and heat-sensitive products can be spray dried (Assadpour & Jafari, 2019). The purpose of this review is to seek information on drying methods that may be used in the processing of pulps and other products made of traditional South American fruits.

2 Materials and methods

This study is a literature review and was conducted from May to December 2020. The following databases were used as data sources: Latin American and Caribbean Literature on Health Sciences (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SCIELO), International Literature on Health Sciences (MEDLINE), CAPES Journals Portal, and Google Scholar. Studies published between 2001 and 2020 were selected. A combined search was made using search keywords food technology, dehydration, sustainability, and natural antioxidants. For the combined search, the Boolean operator *AND* was used/applied to facilitate the search and selection process. For a better discussion of publications and materials collected in this study, the present research was organized into five thematic units that describe the main dehydration techniques used for drying native and exotic fruits consumed by populations in South America.

3 Results and discussion

Dehydration is an easy-to-apply process that considerably reduces product moisture and consequently water activity, minimizing physical, chemical, biochemical, and microbiological changes during storage, in addition to reducing packaging and transportation costs. However, during the dehydration process, some constituents such as vitamin C, anthocyanins, and carotenoids may degrade mainly due to heat, sudden

temperature changes, contact with oxygen, and process time. Therefore, several dehydration techniques are continuously studied aiming the retention of these nutritional constituents (Ban et al., 2020). Table 1 shows the main dehydration techniques used for drying fruits.

3.1 Dehydration by foam mat

This technology implies the incorporation of foaming agents into the sample to be dehydrated. After an intense homogenization, a thin layer of foam is added to a drying tray that is subjected to the dehydration process at different temperatures ranging from 50 to 80°C. At the end, the result is a powder product with a good color, flavor, and bioactives retention (Sun et al., 2020).

Foam mat dehydration can be applied in the production of food products with a high added value, such as *smoothie* of banana and strawberry. Strawberries are a very popular fruit worldwide *in natura* and also in beverages. Banana is the fruit of preference in South America, widely available on the market throughout the year, which contributes strongly to its high consumption. Aiming a product with a healthy appeal that attracts consumers, strawberry pulp and banana powder were produced using the foam mat method. The result was a *smoothie* with low added sugar and the potential to be consumed by niche markets due to its characteristic similar to those of natural fruit drinks (Guazi et al., 2019).

In order to obtain pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) powder, rich in carotenoids, the foam layer dehydration method was applied, obtaining at the end of the process a pequi pulp powder (Pinto et al., 2018). Another study reported vitamin C retention in guavira pulp (*Campomanesia adamantium* Cambess O. Berg) dehydrated using the foam mat method, obtaining powdered guavira pulp with 98 mg of vitamin C in 100 g of powder after 45 days of storage (Breda et al., 2012).

The difficulties the authors reported in relation to the method are relevant to the problem of developing this technique on a large scale, as large trays with huge drying ovens would be necessary. Even so, we can verify that foam mat drying is a promising technology for the dehydration of fruits with maintenance of the organoleptic characteristics and antioxidant properties, even though it is a technique of simple execution and low cost, which makes it possible to offer products at an affordable price to consumers.

3.2 Osmotic dehydration and convective dehydration in trays

The osmotic dehydration technique involves the migration of intracellular water to the extracellular medium through the osmotic gradient. Typically, the food to be dehydrated is immersed in an isotonic solution composed of sucrose and then convective drying is applied in trays, however with lower temperatures and drying times compared to the convective technique in trays (Ahmed et al., 2016).

Oven dehydration with an airflow, or also classified as hot air convective drying, is the most common method applied for drying vegetables. The process consists of removing water from

Table 1. Successful experiences in the dehydration of fruits popularly consumed in South America.

Drying Process	Species	Benefits	Reference
Drying convective oven combined with other technologies	Pear <i>Pyrus communis</i>	The combination of osmotic dehydration with conventional dehydration resulted in a 17% higher overall acceptability and reduced the dehydration time by 42%.	Costa Ribeiro et al. (2016)
	Kiwi <i>Actinidia chinensis</i>	Pre-treatment with ultrasound positively affected the chlorophyll content, while the combination of convection with ultrasound improved the general characteristics of the fruit.	Nowacka et al. (2017)
	Strawberry <i>Fragaria ananassa</i>	The drying time of strawberries reduced by 28% when the samples were previously treated with ultrasound in a sucrose solution before conventional drying.	Amami et al. (2017)
	Persimmon <i>Diospyrus kaki</i>	Osmotic dehydration combined with ultrasound before drying by convection decreased the total drying time without changing the color of persimmons.	Bozkir et al. (2019)
	Cagaita <i>Eugenia dysenterica</i>	The sensory analysis showed that the dehydrated cagaita, combining osmotic and convective dehydration, was well accepted, constituting a valid option for adding value to the fruit.	Silva et al. (2015)
Foam mat drying	Strawberry <i>Fragaria x ananassa</i> ; Banana <i>Musa acuminata</i>	A smoothie containing 40% strawberry and 60% banana stood out for its taste, odor, viscosity, flavor, general acceptance, sweetness intensity, and fruit flavor, as well as color tone.	Guazi et al. (2019)
	Guavira <i>C. adamantium</i>	Dehydration of guavira pulp obtained by the foam mat drying method produced a powder with 98 mg of vitamin C in 100 g of powder even after 45 days of storage.	Breda et al. (2012)
	Grape <i>Vitis labrusca</i>	Foam mat dehydration made it possible to obtain grape powder with retention of phenolic compounds and antioxidant activity.	Carvalho Tavares et al. (2019)
	Papaya <i>Carica papaya</i>	At the end, papaya powder resulted in 126 mg of ascorbic acid per 100 g of sample.	Pandith (2018)
	Blueberry <i>Vaccinium myrtillus</i>	The foam mat technique produced highly stable blueberry foam solutions with a 74% process yield and 2.6% moisture.	Darniadi et al. (2018)
Freeze drying	Marolo <i>Annona crassiflora</i>	The best drying performance was for the lyophilized marolo compared to the methods spray and fluidized bed.	Pellicer et al. (2019)
	Bocaluva <i>Acrocomia aculeata</i>	After the analyses, the results showed that the pulp and powder of the grugru palm are products with a high content of soluble solids and a low acidity, highlighting the high levels of β -carotene and vitamin A.	Oliveira et al. (2014)
	Araçá <i>Psidium guineense</i> ; Baru <i>Dipteryx alata</i> ; Mangaba <i>Hancornia speciosa</i>	The pulp powder of the fruits studied showed an antioxidant potential and probably its bioactive characteristics may reduce the damage caused by oxidative stress.	Araujo et al. (2016)
	Cashew <i>Anacardium occidentale</i>	At the end of the process, the authors concluded that spray drying, in addition to dehydrating, promotes the formation of cashew juice microcapsules when encapsulating agents are incorporated, enabling the retention of sensitive compounds such as vitamin C, present in the food matrix.	Bastos et al. (2012)
	Orange <i>Citrus sinensis</i>	The technique allowed the production of a powdered orange essential oil, forming microparticles with up to 90% of oil. In addition, the analytical method has other advantages, such as operational simplicity.	Agular et al. (2020)
Spray drying	Guavira <i>C. damantium</i>	There was a significant reduction in leukocyte migration to different doses of microencapsulated guava pulp.	Viscardi et al. (2017)
	Hibiscus <i>Hibiscus sabdariffa</i>	There were also retention of anthocyanins and antioxidant compounds, low water activity, high solubility, and predominance of a dark red color, which makes it possible to be applied in various food products.	Martins et al. (2020)
	Avocado <i>Persea Americana</i>	Spray drying allowed obtaining an avocado powder with a high level of nutritional value, protein retention, phenolic compounds, and ascorbic acid. It also kept the colorimetric and sensory characteristics of the avocado pulp <i>in natura</i> .	Dantas et al. (2018)
	Pomegranate <i>Punica granatum</i>	At the end of the process, authors obtained powdered pomegranate juice and concluded that the temperature of the input air may affect powder density, while the level of maltodextrin may affect the anthocyanin content of the powder.	Jafari et al. (2017)
	Spouted bed drying	Acerola <i>Malpighia emarginata</i>	The final powder product showed satisfactory nutritional and bioactive attributes, with 72.9% ascorbic acid retention.
Camu-camu <i>Myrciaria dubia</i>		Despite the losses caused by drying, camu-camu powders are still excellent sources of bioactive compounds with a great potential for use as new bioactive ingredients.	Fujita et al. (2013)

the food by the thermal vaporization mechanism. It is carried out by means of heat produced artificially under controlled conditions of temperature, moisture, and airflow. The tray dryer is the most used equipment in this type of operation. Drying is carried out in batches of product. Air heating is generally created by means of electrical resistance, but other energy sources can be used, such as burning LPG gas, using steam in heat exchangers, and solar energy depending on the economic and environmental aspects (Tatar Turan et al., 2016).

The combination of osmotic dehydration with convective dehydration in trays resulted in a 17% higher acceptability, further reducing the dehydration time by 42% compared to conventionally dried pears of the Willians variety (*Pyrus communis*). Thus, the combination of techniques is effective to obtain pears with a low water activity and better general characteristics (Costa Ribeiro et al., 2016).

Osmotic dehydration together with artificial drying in an oven was also used for the production of dehydrated cagaita (*Eugenia dysenterica*). Cagaita is a typical fruit of the Brazilian Cerrado appreciated for its acid flavor and richness in vitamin C, fibers, and carotenoids. Sucrose was used as an osmotic agent at three concentrations/dehydration temperatures (45 °Brix/50 °C, 45 °Brix/70 °C, and 65 °Brix/50 °C). Dehydrated cagaitas were sent for sensory analysis, and the different treatments showed a good acceptance, constituting a valid option regarding the increase in useful life and consequently the improvement in the added value of the fruit (Silva et al., 2015).

The marolo (*Annona crassiflora* Mart.), also known as araticum, is also a typical South American fruit (Figure 1). Its pulp is rich in vitamin C, magnesium, and carotenoids, and it is consumed *in natura* or as sweets, jellies, juices, and liqueurs (Vilar et al., 2008). In this context, Botrel et al. (2016) dehydrated the marolo pulp using the thin layer convection drying method at different

drying temperatures (70 °C, 80 °C, and 90 °C). In this study, convection dehydration combined with the thin layer technique was an effective alternative for obtaining powdered marolo, increasing the pulp's useful life and enabling the development of innovative products in the food industry.

Certain nutritional properties of foods, especially vitamins, can be affected in processes with heat treatment with drying by dehydration. The impacts on the quality of the dehydrated product, with deterioration of flavor and color, are decreases in water absorption capacity and displacement of solutes from the internal part of the material to the surface due to the long drying periods and the high temperatures at which food needs to be subjected for an effective dehydration (Tatar Turan et al., 2016; Engel et al., 2016).

3.3 Dehydration by lyophilization

The main phenomenon involved in lyophilization is sublimation, where water passes directly from the solid state (ice) to the gaseous state (water vapor) without going through the liquid state (Figure 2). The material to be dehydrated is first frozen and then subjected to high vacuum (by conduction, radiation, or both) so that the frozen liquid sublimates, remaining only the dry components (Kawasaki et al., 2019).

The water vapor concentration gradient between the drying front and the condenser is the driving force for removing water during lyophilization. The entire process is carried out at low temperature and pressure, so it is suitable for drying thermolabile compounds. During the lyophilization process, moisture from the fruit is removed at low temperatures, favoring the preservation of nutrients and bioactive substances, and maintaining the flavor and the peculiar characteristics of the pulp, preventing, or delaying deterioration reactions and prolonging its shelf life (Kawasaki et al., 2019).

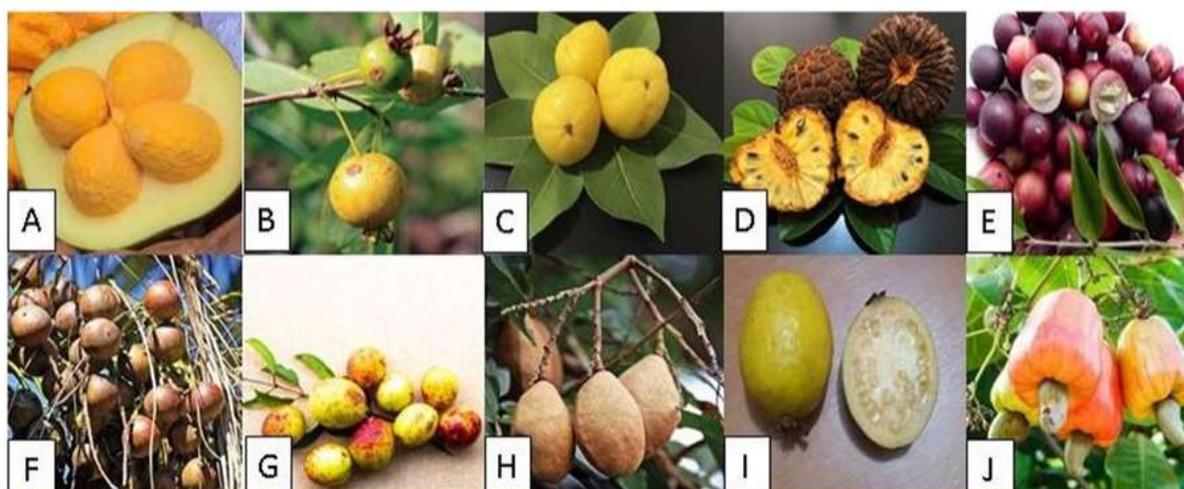


Figure 1. Main native fruits of South America, addressed in this study. (A) Pequi (*Caryocar brasiliense*); (B) Guavira (*Campomanesia adamantium*); (C) Cagaita (*Eugenia dysenterica*); (D) Marolo (*Annona crassiflora*); (E) Camu-camu (*Myrciaria dubia*); (F) Bocaiuva (*Acrocomia aculeata*); (G) Mangaba (*Hancornia speciosa*); (H) Baru (*Dipteryx alata*); (I) Araçá (*Psidium guineense*); (J) Caju (*Anacardium occidentale*). Source: Giacon (2021).

Lyophilization has already been used in the dehydration of fruits popularly used in traditional medicine by riverside, indigenous, and Pantanal populations. The araçá (*Psidium guineense* Swartz), baru (*Dipteryx alata* Vogel), guavira (*Campomanesia pubescens* DC. O. Berg), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) and (*Annona crassiflora* Mart.) were characterized as for antioxidant activity after dehydration by lyophilization. The researchers found that even after lyophilization, the pulps of the fruits showed an antioxidant potential and probably these bioactive characteristics of the fruits may reduce the damage caused by oxidative stress (Araujo et al., 2016).

Lyophilization of fruit juices and pulps with a high content of low molecular weight sugar (fructose and glucose) may result in sticky powders at room temperature. This is due to the

amorphous state in which part of the sugar is found, favoring stickiness, agglomeration, and compaction. In addition, the porous structure of lyophilized foods is fragile and brittle, presenting empty spaces that favor access to oxygen, which may cause degradation of vitamin C by oxidation. Other bottlenecks that need attention in freeze drying are the high costs of equipment and high consumption of electricity during the process (Sagar & Kumar, 2010).

3.4 Spray drying

The spray drying method is characterized by the transformation of a liquid into a dry product in the form of a powder (Figure 3). The liquid is atomized in a centrifugal or high-pressure system, where the atomized droplets come into contact with a flow

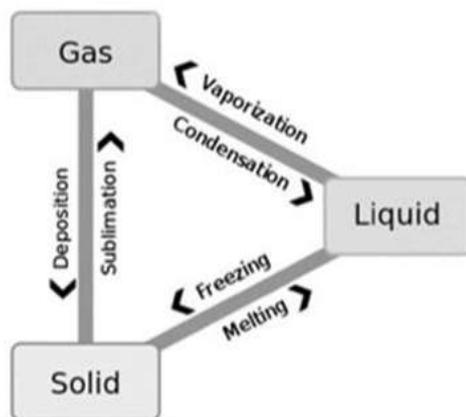


Figure 2. Lyophilizer, ThermoFisher, Thermo scientific. Source: Thermo scientific (2021).

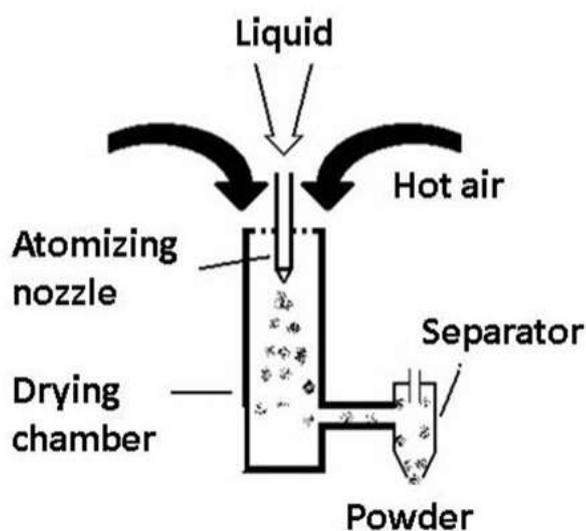


Figure 3. Dehydration scheme by spray drying and mini spray drying apparatus, Buchi, B-290. Source: Dryer Büchi (2021).

of hot air. Thus, there is a fast evaporation, which allows the temperature of the final product to be kept low and the drying of heat-sensitive products without excessively affecting their quality due to the short process time (I Ré, 1998). The atomization process favors a high-quality juice or powdered pulp, since the heat treatment is quick and simple, as Figure 4 shows, avoiding product deterioration (Assadpour & Jafari, 2019).

The differential of this process is the short time the pulp remains in the dryer, which favors the conservation of thermosensitive substances. Another differential of this process is the large-scale production capacity with low energy cost (I Ré, 1998). Spray drying was also applied to dehydrate cashew juice (*Anacardium occidentale* L.), and, at the end of the process, the authors concluded that spray drying, in addition to dehydrating, promotes the formation of cashew juice microcapsules when encapsulating agents are incorporated, enabling the retention of sensitive compounds such as vitamin C, present in the food matrix (Bastos et al., 2012).

Spray drying was also applied in the production of powdered pequi oil (*Caryocar brasiliense* Camb.) (Pinto et al., 2018). This technique was also used in different studies using different carrier agents for the development of microencapsulated pequi oil, with a better protection as for its antioxidant activity compared to bulk oil (Oliveira et al., 2014). The anti-inflammatory activity of guavira microcapsules (*Campomanesia adamantium*) was tested in an animal model. There was a significant reduction

in leukocyte migration according to the different doses of microencapsulated guavira pulp evaluated compared with the control group. The *spray drying* technique is an alternative for microencapsulation of natural products, ensuring the bioavailability and preservation of bioactive components in the guavira pulp (Viscardi et al., 2017).

The *spray drying* method was applied to dehydrate hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*) under different drying parameters, obtaining, at the end of the process, an extract of *H. sabdariffa* with retention of anthocyanins and antioxidant compounds. In addition, the powder extract showed low water activity, high solubility, and predominance of a dark red color, which allows its application in several food products (Martins et al., 2020).

The high sugar content in fruit juice may result in products with a high hygroscopicity, decreasing the process yield. Therefore, it is essential to use carrier agents with a high molecular weight before atomization to facilitate the drying process and the transport and storage operations. Maltodextrin is the carrier agent commonly used in spray drying due to its low hygroscopicity, high solubility in cold water, and low cost (Sagar & Kumar, 2010).

3.5 Microencapsulation of bioactive vegetable ingredients as natural antioxidants

Some dehydration techniques, in addition to drying the product, can provide microencapsulation of bioactive substances.

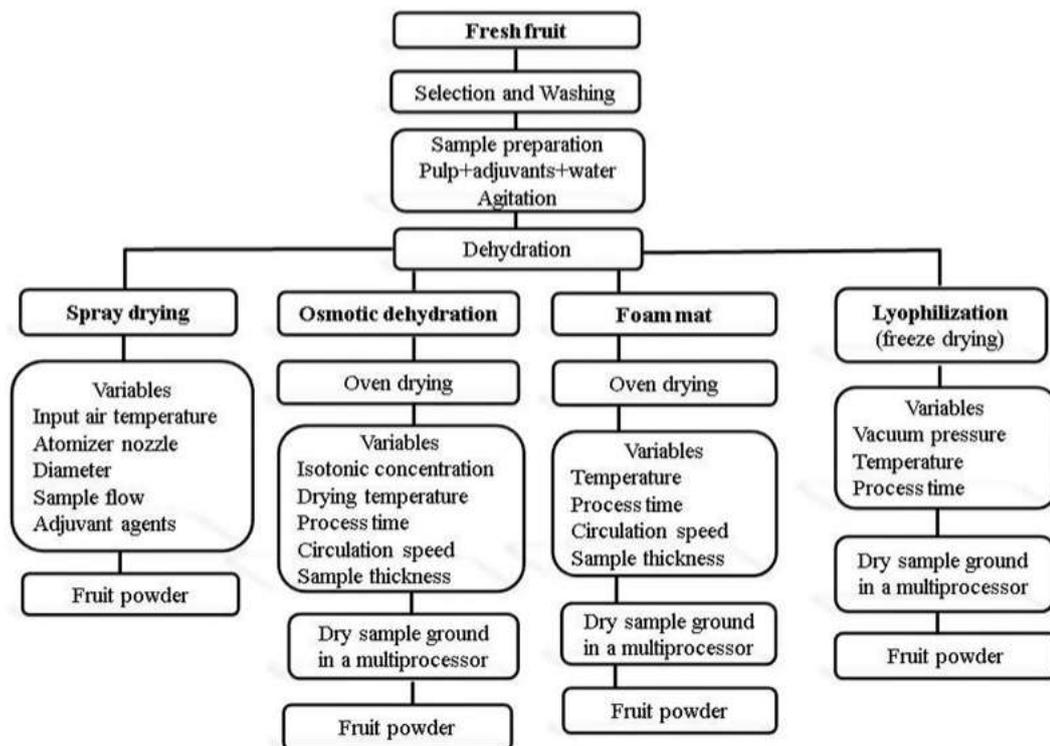


Figure 4. Schematic representation of the main techniques used for the dehydration of fruits.

Microencapsulation consists of involving small particles (through an encapsulating agent) of liquid or gaseous materials and forming miniature capsules, called active material, which can release its contents under controlled conditions or under specific conditions, helping to protect the bioactive agents contained in the encapsulated pulp against degradation factors such as light, oxygen, heat, pH, water, and other deteriorating factors (Pathakoti et al., 2017; Ray et al., 2016). It aims to improve the characteristics of bioactive ingredients, that is, functionality, solubility, bioavailability, and nutritional value.

The techniques frequently studied and used to encapsulate bioactive from food are lyophilization, spray drying, fluidized bed coating, foam mat, and systems based on supercritical fluids (Can Karaca et al., 2020; García-Ruiz et al., 2017). Among

these techniques, the lyophilization is highlighted as one of the best methods for obtaining microcapsules (Figure 5) of the biological materials with high quality, being recommended for thermosensitive bioactive compounds such as vitamins or high-added value products. During the process, the product's water is removed by sublimation at low temperatures, minimizing thermal degradation reactions, favoring the preservation of nutrients, flavors, aromas and bioactive components present in the product. In freeze-dried food, most spoilage and microbiological reactions are inhibited, prolonging its shelf life (Rezvankeh et al., 2019).

Another highlight is spray drying, a widespread method whose advantages include good retention of nutrients and bioactive substances, large-scale production, and lower costs in relation to freeze drying (Lipan et al., 2020; Fortunati et al., 2019).

The most used encapsulating agents in the food industry are gum arabic, maltodextrin, and chitosan, which may be applied separately or incorporated into mixtures previously created by previous optimization studies, according to the microcapsules shown in Figure 6. These microencapsulating agents, in conjunction with the techniques already presented, can provide the formation of capsules with different sizes and shapes, that is, macroparticles ($\geq 5,000 \mu\text{m}$), microparticles (0.2 to $5,000 \mu\text{m}$), and nanoparticles ($\leq 0.2 \mu\text{m}$).

4 Conclusion

The creation and/or development of products using fruits native to South America by means of efficient dehydration technologies, with a long useful life and good preservation of bioactive compounds, allows the valorization, distribution, and commercialization of food plants, especially in the off-season period, as foods that have added value, thus strengthening the economy of the rural population, and stimulating the preservation of biodiversity, as well as the culture of native peoples.

In this work, five techniques for dehydrating products made with native fruits are presented and successfully used/ tested in the processing and conservation of Cerrado and Pantanal fruits. However, the techniques with better results in the retention of bioactive compounds and the maintenance of the organoleptic characteristics of the fruits are different from those that present better performance in energy efficiency and large-scale production.

Future research should be focused on the development of technologies that combine more than one conservation method. Then, these news dimensions should be came up in drying technology to improve product quality and durability and reduce energy utilization and operational cost; and thus, other procedures may be available on the dehydration process of native fruits.

Funding

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

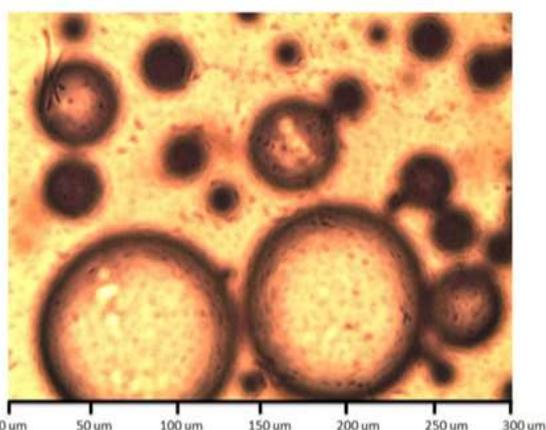


Figure 5. Micrographs of *Campomanesia adamantium* pulp samples produced by lyophilization with a mixture of 24% maltodextrin. 250x magnification. Source: Oliveira et al. (2015).

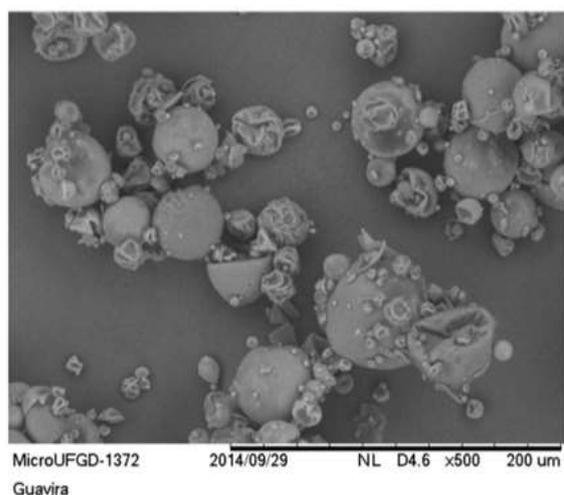


Figure 6. Micrographs of *Campomanesia adamantium* pulp samples produced by atomization at $180 \text{ }^\circ\text{C}$ with a mixture of 8% maltodextrin, 8% gum arabic, and 8% chitosan. Images with (A) 500x and (B) 1,500x magnification. Source: Oliveira et al. (2015).

Acknowledgements

We thank the Graduate Program in the Health and Development in the Central-West Region of Brazil, Federal University of Mato Grosso do Sul-UFMS and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. We also thank Brazil (CAPES) for support.

References

- Abbasi, E., & Azizpour, M. (2016). Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 68, 105-110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.004>.
- Abreu, R. C., Hoffmann, W. A., Vasconcelos, H. L., Pilon, N. A., Rossatto, D. R., & Durigan, G. (2017). The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Science Advances*, 3(8), e1701284. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1701284>. PMID:28875172.
- Aguiar, M. C. S., das Graças Fernandes da Silva, M. F., Fernandes, J. B., & Forim, M. R. (2020). Evaluation of the microencapsulation of orange essential oil in biopolymers by using a spray-drying process. *Scientific Reports*, 10(1), 11799. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-68823-4>. PMID:32678230.
- Ahmed, I., Qazi, I. M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 29-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>.
- Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L. S., Bejar, A. K., Perez, C. T., & Kechaou, N. (2017). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 286-300. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2016.12.007>. PMID:28069213.
- Amit, S. K., Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. M. R., & Khan, M. S. (2017). A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 51. <http://dx.doi.org/10.1186/s40066-017-0130-8>.
- Araujo, L. C. A., Rios, N. L., Boleti, A. P. A., & dos Santos, E. L. (2016). Profile of antioxidant activity of fruits of the savanna brazilian. *Free Radical Biology & Medicine*, 100, S95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.10.237>.
- Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2019). Advances in spray-drying encapsulation of food bioactive ingredients: From microcapsules to nanocapsules. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10(1), 103-131. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121641>. PMID:30649963.
- Ban, Z., Zhang, J., Li, L., Luo, Z., Wang, Y., Yuan, Q., Zhou, B., & Liu, H. (2020). Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the improvement of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit quality. *Food Chemistry*, 306, 125628. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125628>. PMID:31629297.
- Bastos, D. S., Gonçalves, M. P., Andrade, C. T., Araújo, K. G. L., & Rocha Leão, M. H. M. (2012). Microencapsulation of cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) juice using a new chitosan-commercial bovine whey protein isolate system in spray drying. *Food and Bioprocess Processing*, 90(4), 683-692. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2012.04.005>.
- Benton, D., & Young, H. A. (2019). Role of fruit juice in achieving the 5-a-day recommendation for fruit and vegetable intake. *Nutrition Reviews*, 77(11), 829-843. <http://dx.doi.org/10.1093/nutrit/nuz031>. PMID:31504822.
- Boeri, P., Piñuel, L., Dalzotto, D., & Sharry, S. (2020). Native biodiversity: a strategic resource to accelerate bioeconomy development in latin america and the caribbean. In P. Chong, D. Newman & D. Steinmacher (Eds.), *Agricultural, forestry and bioindustry biotechnology and biodiscovery* (pp. 163-174). Cham: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-51358-0_10.
- Botrel, D. A., Rodrigues, I. C. B., Souza, H. J. B., & Fernandes, R. V. B. (2016). Application of inulin in thin-layer drying process of araticum (*Annona crassiflora*) pulp. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 69, 32-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.018>.
- Bozkir, H., Rayman Ergün, A., Serdar, E., Metin, G., & Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry*, 54, 135-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2019.02.006>. PMID:30765216.
- Breda, C. A., Sanjinez-Argandoña, E. J., & Correia, C. A. (2012). Shelf life of powdered *Campomanesia adamantium* pulp in controlled environments. *Food Chemistry*, 135(4), 2960-2964. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.029>. PMID:22980897.
- Can Karaca, A., Baskaya, H., Guzel, O., & Ak, M. M. (2020). Characterization of some physicochemical properties of spray-dried and freeze-dried sour cherry powders. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(1), 14975.
- Carvalho Tavares, I. M., de Castilhos, M. B. M., Mauro, M. A., Ramos, A. M., de Souza, R. T., Gómez-Alonso, S., & Lago-Vanzela, E. S. (2019). BRS Violeta (BRS Rúbea x IAC 1398-21) grape juice powder produced by foam mat drying. Part I: Effect of drying temperature on phenolic compounds and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 298, 124971. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124971>. PMID:31260997.
- Costa Ribeiro, A. S., Aguiar-Oliveira, E., & Maldonado, R. R. (2016). Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 72, 407-415. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.062>.
- Dantas, S. C. M., Pontes Júnior, S. M., Medeiros, F. G. M., Santos Júnior, L. C., Alsina, O. L. S., & Medeiros, M. F. D. (2019). Spouted-bed drying of acerola pulp (*Malpighia emarginata* DC): effects of adding milk and milk protein on process performance and characterization of dried fruit powders. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13205. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpe.13205>.
- Dantas, D., Pasquali, M. A., Cavalcanti-Mata, M., Duarte, M. E., & Lisboa, H. M. (2018). Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. *Food chemistry*, 266, 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.016>.
- Darniadi, S., Ho, P., & Murray, B. S. (2018). Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 2002-2010. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8685>. PMID:28940205.
- Dryer Büchi, S. (2021). *Büchi*. Retrieved from <https://www.buchi.com/pt/produtos/instrumentos/mini-spray-dryer-b-290>.
- Engel, B., de Monte Bacchar, N., Marquardt, L., de Oliveira, M. S. R. & Rohlfes, A. L. B. (2016). Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. *Revista Jovens Pesquisadores*, 6(1), 31-44. <http://dx.doi.org/10.17058/rjp.v6i1.7345>.
- Fortunati, E., Mazzaglia, A., & Balestra, G. M. (2019). Sustainable control strategies for plant protection and food packaging sectors by natural substances and novel nanotechnological approaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 986-1000. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.9341>. PMID:30191564.

- Fujita, A., Borges, K., Correia, R., Franco, B. D. G. M., & Genovese, M. I. (2013). Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). *Food Research International*, 54(1), 495-500. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.025>.
- García-Ruiz, A., Girones-Vilaplana, A., León, P., Moreno, D. A., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J., & Ruales, J. (2017). Banana passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey): Microencapsulation, phytochemical composition and antioxidant capacity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(1), 85. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules22010085>. PMID:28106710.
- Giacon, G. (2021). Retrieved from <https://www.instagram.com/gustavogiacon>.
- Guazi, J. S., Lago-Vanzela, E. S., & Conti-Silva, A. C. (2019). Development of smoothies from dehydrated products of strawberry and banana pulps obtained through foam-mat drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(1), 54-61. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13900>.
- Herforth, A., Bai, Y., Venkat, A., Mahrt, K., Ebel, A., & Masters, W. A. (2020). *Cost and affordability of healthy diets across and within countries: Background paper for The State of Food Security and Nutrition in the World 2020 (FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 9 (vol. 9))*. Rome: FAO.
- I Ré, M. (1998). Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 16(6), 1195-1236. <http://dx.doi.org/10.1080/07373939808917460>.
- Jafari, S. M., Ghalenoci, M. G., & Dehnad, D. (2017). Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. *Powder Technology*, 311, 59-65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2017.01.070>.
- Kawasaki, H., Shimanouchi, T., & Kimura, Y. (2019). Recent development of optimization of lyophilization process. *Journal of Chemistry*, 2019, 9502856. <http://dx.doi.org/10.1155/2019/9502856>.
- Lipan, L., Rusu, B., Sendra, E., Hernández, F., Vázquez-Araújo, L., Vodnar, D. C., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2020). Spray drying and storage of probiotic-enriched almond milk: probiotic survival and physicochemical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(9), 3697-3708. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.10409>. PMID:32248520.
- Martins, D. R. D. S., Sanjinez-Argandoña, E. J., Ortega, N. D. F., Garcia, V. A. D. S., Oliveira, V. S., & Cardoso, C. A. L. (2020). Production and characterization of Hibiscus sabdariffa by spray dryer using different sprinkler nozzles and carrier agents. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), e14493. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14493>.
- Nowacka, M., Tylewicz, U., Romani, S., Dalla Rosa, M., & Witrowa-Rajchert, D. (2017). Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the main quality parameters of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 71-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.002>.
- Oliveira, D. M., Clemente, E., & da Costa, J. M. C. (2014). Bioactive compounds and physicochemical parameters of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) from Brazil: pulp and powder. *Food Science and Technology Research*, 20(1), 7-12. <http://dx.doi.org/10.3136/fstr.20.7>.
- Oliveira, S. V., Sanjinez, A. E. J., Oshiro, M. A., Carnevali, T. O., & Honorato, C. A. (2015). Desidratação da polpa de *Campomanesia adamantium* Cambess O. Berg por liofilização. *Interbio*, 9, 22-27.
- Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., & Capanoglu, E. (2019). A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chemistry*, 272, 494-506. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205>. PMID:30309574.
- Pandith, J. A. (2018). Induction heating assisted foam mat drying of papaya pulp: drying kinetics, drying modeling, and effects on quality attributes. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20(2), 206-215.
- Pathakoti, K., Manubolu, M., & Hwang, H. M. (2017). Nanostructures: current uses and future applications in food science. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(2), 245-253. PMID:28911665.
- Pellicer, J. A., Fortea, M. I., Trabal, J., Rodríguez-López, M. I., Gabaldón, J. A., & Núñez-Delicado, E. (2019). Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. *Powder Technology*, 347, 179-185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2019.03.010>.
- Pinto, M. R. M. R., Paula, D. A., Alves, A. I., Rodrigues, M. Z., Vieira, É. N. R., Fontes, E. A. F., & Ramos, A. M. (2018). Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. *Powder Technology*, 339, 939-946. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2018.08.076>.
- Ray, S., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R., Ray, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 76-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.009>.
- Rezvankhah, A., Emam-Djomeh, Z., & Askari, G. (2019). Encapsulation and delivery of bioactive compounds using spray and freeze-drying techniques: A review. *Drying Technology*, 38(1-2), 235-258. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2019.1653906>.
- Rodríguez, Ó., Eim, V., Rosselló, C., Femenia, A., Cárcel, J. A., & Simal, S. (2018). Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables: effects on quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1660-1673. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8673>. PMID:28906555.
- Sagar, V. R., & Kumar, P. S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15-26. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-010-0010-8>. PMID:23572596.
- Sanchez, B. A. O., Celestino, S. M. C., de Abreu Gloria, M. B., Celestino, I. C., Lozada, M. I. O., Araújo Júnior, S. D., & de Oliveira, L. D. L. (2020). Pasteurization of passion fruit *Passiflora setacea* pulp to optimize bioactive compounds retention. *Food Chemistry*, 6, 100084. PMID:32373788.
- Sasson, A., & Malpica, C. (2018). Bioeconomics in Latin America. *New Biotechnology*, 40(Pt A), 40-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.007>. PMID:28716653.
- Scoditti, E., Massaro, M., Garbarino, S., & Toraldo, D. M. (2019). Role of diet in chronic obstructive pulmonary disease prevention and treatment. *Nutrients*, 11(6), 1357. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11061357>. PMID:31208151.
- Silva, C. D. M., Pires, C. R. F., Lima, J. P., Pereira, A. S., & Silva, C. A. (2015). Osmotic dehydration to obtain cagaita raisins. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 2(4), 226-233. <http://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v2i4.82>.
- Sun, Y., Zhang, Y., Xu, W., & Zheng, X. (2020). Analysis of the anthocyanin degradation in blue honeysuckle berry under microwave assisted foam-mat drying. *Foods*, 9(4), 397. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9040397>. PMID:32244338.
- Tatar Turan, F., Cengiz, A., Sandıkcı, D., Dervisoglu, M., & Kahyaoglu, T. (2016). Influence of an ultrasonic nozzle in spray-drying and storage on the properties of blueberry powder and microcapsules. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 4062-4076. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7605>. PMID:26749368.
- Thermo scientific. (2021). Retrieved from <https://www.thermofisher.com>.

- van Noordwijk, M., Gitz, V., Minang, P. A., Dewi, S., Leimona, B., Duguma, L., Pingault, N., & Meybeck, A. (2020). People-centric nature-based land restoration through agroforestry: a typology. *Land (Basel)*, 9(8), 251. <http://dx.doi.org/10.3390/land9080251>.
- Vilar, J. B., Ferreira, F. L., Ferri, P. H., Guillo, L. A., & Chen Chen, L. (2008). Assessment of the mutagenic, antimutagenic and cytotoxic activities of ethanolic extract of araticum (*Annona crassiflora* Mart. 1841) by micronucleus test in mice. *Brazilian Journal of Biology* = *Revista Brasileira de Biologia*, 68(1), 141-147. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100020>. PMID:18470389.
- Viscardi, D. Z., Oliveira, V. S., Arrigo, J. S., Piccinelli, A. C., Cardoso, C. A. L., Maldonade, I. R., Kassuya, C. A. L., & Sanjinez-Argandoña, E. J. (2017). Anti-inflammatory, and antinociceptive effects of *Campomanesia adamantium* microencapsulated pulp. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 27(2), 220-227. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2016.09.007>.

CAPÍTULO 3 – Artigo a ser submetido: Avaliação da Citotoxicidade dos Extratos Aquosos da *Byrsonima cydoniifolia* a. Juss. em *Allium cepa* L.: Promovendo o Aproveitamento Sustentável de Espécies Nativas do Pantanal

Resumo: Este estudo destaca a importância da valorização e aproveitamento de espécies nativas da América do Sul, como a Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), para promover a segurança alimentar e desenvolver novos produtos com potencial nutricional. Apesar das propriedades benéficas da Canjiqueira, é necessário investigar a segurança do consumo, identificando possíveis efeitos adversos. Objetivos: O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a citotoxicidade dos extratos da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) utilizando o organismo teste *Allium cepa* L. Metodologia: A partir de 24 horas na aclimação, os bulbos com raízes (*A. cepa*) de 1 a 2 cm de comprimento foram lavados e colocados para realização do bioensaio, nos extratos aquosos provenientes do fruto da Canjiqueira (*B. cydoniifolia*) por um período de 48 horas. Esses experimentos foram realizados com seis repetições para cada solução. Resultados: a partir do processo de secagem, aumentou-se a citotoxicidade da amostra de Canjiqueira). A análise de ANOVA mostrou a diferença estatística entre a amostra e o controle negativo, ou seja, valores de *P* menores que 0,05 ($p < 0,05$) foram significativos estatisticamente. Conclusão: Diante dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que as amostras de *B. cydoniifolia* apresentaram citotoxicidade para as raízes de *A. cepa*, demonstrando efeitos inibitórios no crescimento radicular. Essa toxicidade foi observada principalmente nas concentrações mais elevadas das amostras, indicando uma relação dose-dependente.

Palavras-chave: Toxicidade alimentar; Agroecologia; Cebola.

Evaluation of the Cytotoxicity of Aqueous Extracts of *Byrsonima cydoniifolia* a. Juss. in
Allium cepa L.: Promoting the Sustainable Use of Native Species of the Pantanal

Abstract: This study highlights the importance of valuing and using species native to South America, such as Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), to promote food security and develop new products with nutritional potential. Despite the beneficial properties of Canjiqueira, it is necessary to investigate the safety of its consumption, identifying possible adverse effects. **Objectives:** The objective of this research was to evaluate the cytotoxicity of extracts from Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) using the test organism *Allium cepa* L. **Methodology:** After 24 hours of acclimatization, the bulbs with roots (*A. cepa*) of 1 to 2 cm in length were washed and placed for bioassay in aqueous extracts from the Canjiqueira fruit (*B. cydoniifolia*) for a period of 48 hours. These experiments were performed with six replications for each solution. **Results:** from the drying process, the cytotoxicity of the Canjiqueira sample increased). ANOVA analysis showed the statistical difference between the sample and the negative control, that is, P values less than 0.05 ($p < 0.05$) were statistically significant. **Conclusion:** Given the results obtained in this study, it can be concluded that the *B. cydoniifolia* samples showed cytotoxicity to the roots of *A. cepa*, demonstrating inhibitory effects on root growth. This toxicity was observed mainly at the highest concentrations of the samples, indicating a dose-dependent relationship.

Keywords: Food toxic; Agroecology; Onions.

1. Introdução

Apesar da riqueza de espécies forrageiras, apícolas, frutíferas e madeireiras, encontradas nos países latino-americanos, os povos nativos como as diversas etnias indígenas, comunidades tradicionais, ribeirinhos, quilombolas, caipiras e pantaneiros enfrentam dificuldades de subsistência, principalmente pela ausência de segurança alimentar (Van Noordwijk *et al.*, 2020).

A valorização e o aproveitamento de espécies nativas da América do Sul, como a Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), podem trazer diversos benefícios, incluindo o desenvolvimento de novos produtos alimentares com potencialidade nutricional e funcional. Essas espécies vegetais, tanto as nativas quanto as introduzidas, que se tornaram populares devido ao sabor e aroma característicos de suas frutas comestíveis, apresentam um grande potencial para atender às demandas de consumo variadas (Bortolotto *et al.*, 2018).

No entanto, a perecibilidade e a sazonalidade dessas frutas dificultam a produção em maior escala e a disponibilidade ao longo do ano. Portanto, a desidratação se apresenta como alternativa de conservação que permite disponibilizar a polpa do fruto durante todo o ano. Visando manter o sabor, aroma, cor e valor nutricional das frutas mesmo após o processo de conservação. Dessa forma, é possível desfrutar dos benefícios da Canjiqueira mesmo fora da época de colheita (Oliveira *et al.*, 2021).

Apesar das propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias já observadas em literatura (Santos *et al.*, 2017), é necessário investigar a segurança do consumo, identificando possíveis efeitos adversos e estabelecendo limites de consumo adequados dos frutos da Canjiqueira *in natura* e desidratados. Essa abordagem contribuirá para promover a saúde e o bem-estar da população, garantindo que a Canjiqueira seja aproveitada de maneira segura, consciente e sustentável.

Dessa forma, a avaliação da toxicidade de substâncias é de extrema importância para a proteção da saúde humana e do meio ambiente. Quando se trata da Canjiqueira, ao utilizar *A. cepa*, como organismo teste, reduz-se a necessidade de utilizar animais nesses experimentos, tornando o processo mais humano e sustentável, podendo-se observar os efeitos que os extratos da Canjiqueira podem ter no crescimento radicular da *A. cepa*. (Carmo *et al.*, 2020; Klauck *et al.*, 2017; Leme e Marin-Morales, 2009).

Os bulbos de *A. cepa*, com nome comercial de cebola, são facilmente encontrados e ambientados em laboratório, apresentando um ciclo de crescimento relativamente curto e com um crescimento radicular bem desenvolvido. Isso permite que sejam observados os efeitos

tóxicos em um curto período de tempo. Durante o teste de toxicidade, os bulbos de *A. cepa L.* foram expostos às soluções contendo os extratos da Canjiqueira por um determinado período. Após a exposição, foram avaliados diversos parâmetros, como o crescimento das raízes e alterações morfológicas (Carmo *et al.*, 2020; Santo *et al.*, 2023; Macar, *et al.*, 2023).

Dessa forma, essa pesquisa contribui não apenas para o conhecimento sobre a Canjiqueira e seus compostos, mas também abre possibilidades para o desenvolvimento de alimentos nutracêuticos que levam ao aproveitamento de forma segura das propriedades benéficas dessa espécie. Além disso, destaca-se a importância de preservar e valorizar as espécies nativas da América do Sul, não apenas por seus benefícios nutricionais, mas também por sua importância cultural, econômica e ambiental (Rodriguez *et al.*, 2021).

Assim, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a toxicidade dos extratos da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) utilizando o organismo teste *Allium cepa L.*

2. Materiais e métodos

Os frutos da *B. cydoniifolia* A. Juss. (Canjiqueira), foram coletados durante os respectivos períodos de safra na região do Pantanal Sul, classificados visualmente em três estádios de maturação de acordo com a colorimetria da casca e avaliados quanto a coloração (L, a* e b*), estágio verde (100% verde), estágio intermediário (metade do fruto ficou amarelo) e estágio maduro (100% amarelo). Os frutos íntegros (ausência de danos provocados por injúrias ou degradação microbiana) foram pesados para a avaliação da porcentagem de frutos verdes, de vez e maduros, para caracterização do *blend* de frutos submetidos à desidratação em diferentes temperaturas. Após seleção, os frutos foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm e acomodados em mesas de aço inox sob papel toalha para remoção da água superficial.

A análise colorimétrica das amostras foi realizada em colorímetro (Konica Minolta, modelo CM2300d, Ramsey, NJ, EUA), com iluminante D65 e ângulo de visão com abertura de 10°. O sistema de leitura utilizado será o CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*). Foram determinados os parâmetros L*, a* e b*. Onde, claridade ou luminosidade (L*), a* e b* são os parâmetros de cromaticidade variando do vermelho/verde e do amarelo/azul, respectivamente (Minolta CORP., 1994).

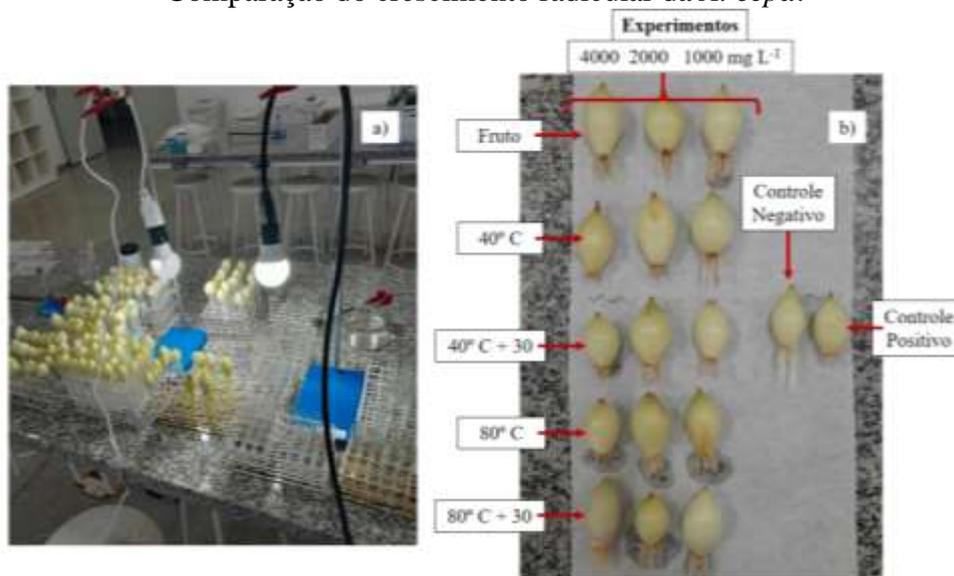
A desidratação dos frutos de *Byrsonima cydoniifolia* foi realizada artificialmente em secador de leite fixo do tipo cabine (marca: Cienlab, modelo: digital), com circulação de ar forçado a 40, e 80°C. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo

método gravimétrico, conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água desejado (15%).

Em relação a temperatura do ar de secagem, o monitoramento foi por meio de um termômetro instalado no interior do secador. Após a secagem nas diferentes condições de ar os frutos foram triturados em moinho, peneirados em Tamis, acondicionados em embalagens rígidas de polietileno de alta densidade e armazenados na temperatura ambiente, por até 30 dias. A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por meio de termohigrômetro.

Para avaliar os efeitos tóxicos, citotóxicos e genotóxicos produzidos por substâncias de plantas, a espécie *Allium cepa*. é um organismo teste promissor (Klauck *et al.*, 2017; Leme e Marin-Morales, 2009). Esses bioensaios foram realizados utilizando bulbos saudáveis de *A. cepa*, espécie conhecida como cebola (nome comercial), de massa na faixa de 30-40 g. O preparo das cebolas é primeiramente realizado removendo-se as raízes secas com cuidado para não danificar o meristema radicular. Depois do preparo é realizada a aclimação colocando as cebolas em 15 mL de água potável em tubos falcon por 24 horas e fotoperíodo 16/8h a 25 ± 2 °C, apresentada na Figura 1.

Figura 1: a) Teste de toxicidade aguda da *A. cepa* em fotoperíodo 16/8h a 25 ± 2 °C; b) Comparação do crescimento radicular da *A. cepa*.



Fonte: o autor (2023)

A partir de 24 horas na aclimação, os bulbos com raízes de 1 a 2 cm de comprimento foram lavados e colocados para realização do bioensaio, no extrato aquoso dos frutos da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) por um período de 48 horas. Esses

experimentos foram realizados com seis repetições para cada solução. Dessa forma, as raízes foram removidas e lavadas após as 48 horas de exposição com as amostras (Klauck *et al.*, 2017; Leme e Marin-Morales, 2009). Enquanto, para o teste positivo foi utilizado o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) com a concentração de 100 mg L^{-1} . A Figura 1 apresenta o comparativo dos bulbos de *A. cepa* após as 48 horas de exposição.

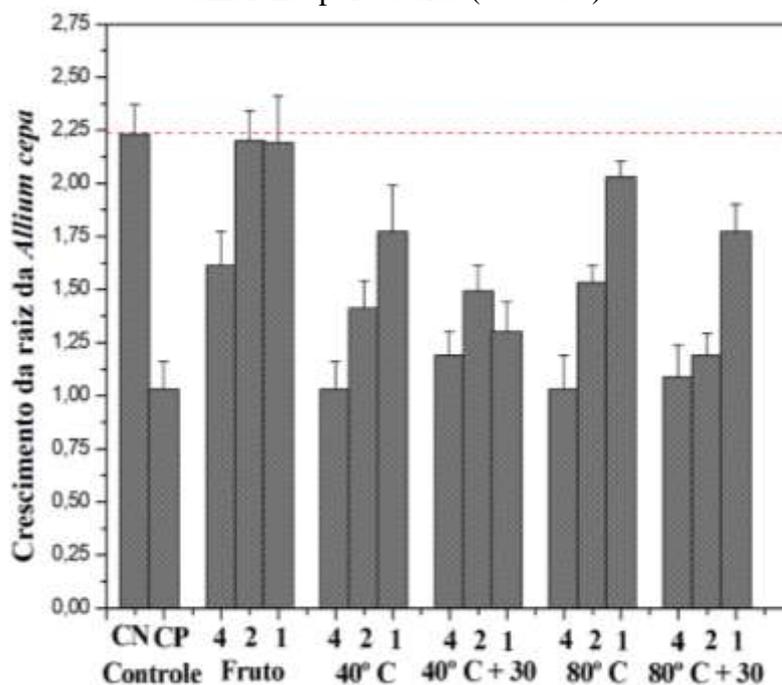
Para ensaios e estudos, a espécie possui autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio)/Ministério do Meio Ambiente e a autorização para o acesso ao patrimônio genético com finalidade de pesquisa científica via Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN).

Todos os ensaios foram realizados em três repetições. Os dados relativos aos ensaios foram analisados por análise de variância com o teste de comparação múltipla de Tukey, com nível de significância de 5% (ANOVA).

3. Resultados e discussão

O estudo de citotoxicidade utilizando *A. cepa* é vantajoso, pois apresenta baixo custo e possibilita várias análises de extratos de plantas (Carmo *et al.*, 2020). Esse estudo foi realizado com as amostras de Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) em três concentrações 4000, 2000 e 1000 mg L^{-1} . As amostras foram: (i) Fruto; (ii) processo 80° C ; (iii) processo 80° C com 30 dias de armazenamento em temperatura ambiente; (iv) processo 40° C ; (v) processo 40° C com 30 dias de armazenamento em temperatura ambiente; (vi) controle positivo com concentração $[K_2Cr_2O_7] = 100\text{ mg L}^{-1}$. A Figura 2 apresenta o gráfico de crescimento da raiz de *A. cepa* com a comparação dos valores obtidos nas diferentes concentrações.

Figura 2: Gráfico do crescimento da raiz de *Allium cepa* em 48 horas de exposição nas amostras de Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.), controle positivo (CP) e controle negativo (CN). As concentrações expostas da Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) foram: **4** = 4000 mg L⁻¹; **2** = 2000 mg L⁻¹; e **1** = 1000 mg L⁻¹, fruto da canjiqueira desidratado em temperatura de 40°C e armazenado em temperatura ambiente por 30 dias (40° + 30), fruto da canjiqueira desidratado em temperatura de 80°C e armazenado em temperatura ambiente por 30 dias (80° + 30).



Fonte: o autor (2023).

Na Figura 2 é possível observar que ao diminuir a concentração das amostras o crescimento radicular aumenta, evidenciando que as amostras de Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) apresentaram uma toxicidade para as raízes de *A. cepa*. Porém, a amostra do fruto demonstrou a menor inibição do crescimento radicular, que pode estar correlacionado com a granulometria, uma vez que, depois do processo de secagem a granulometria da amostra aumentou e, assim, possibilitando a maior liberação de compostos. Esse comportamento é observado em outros trabalhos em que a granulometria interferiu na extração de compostos fenólicos (Rajha *et al.*, 2014).

Outro fator que explica o aumento da toxicidade para o fruto desidratado, conforme observado na Tabela 1, é a concentração dos compostos após a extração da água, incluindo aqueles com potencial toxicidade. Isso ocorre porque, durante a desidratação, a água é removida da fruta, resultando em uma maior concentração de sólidos, incluindo os compostos. Essa concentração mais elevada pode levar a um aumento da toxicidade dos frutos desidratados em comparação com os frutos frescos. Alguns compostos naturais presentes em frutas podem ter propriedades tóxicas em altas concentrações ou quando consumidos em

excesso. Portanto, é importante avaliar a toxicidade dos frutos desidratados para garantir a segurança do consumo.

Tabela 1: Valores do crescimento da raiz (cm), porcentagem de inibição da raiz de *A. cepa* e a comparação com o controle negativo utilizando ANOVA para análise de significância estatística com valores $p < 0,05$.

Amostras	Concentração em mg L ⁻¹	Média do crescimento da raiz <i>A. cepa</i> (cm)	% Inibição da raiz	Teste-t
Controle Negativo	Água destilada	2,23	--	--
Controle Positivo (K ₂ Cr ₂ O ₇)	100	1,03	53,81	0,004
Fruto	4000	1,61	27,80	0,095
	2000	2,2	1,35	0,91
	1000	2,19	1,79	0,87
40° C	4000	1,03	53,81	0,004
	2000	1,41	36,77	0,021
	1000	1,77	20,63	0,18
40°C + 30	4000	1,19	46,64	0,010
	2000	1,49	33,18	0,026
	1000	1,3	41,70	0,010
80° C	4000	1,03	53,81	0,005
	2000	1,53	31,39	0,036
	1000	2,03	8,97	0,56
80° C + 30	4000	1,09	51,12	0,004
	2000	1,19	46,64	0,015
	1000	1,77	20,63	0,15

Fonte: o autor (2023).

Com base na Tabela 1 é possível analisar que a partir do processo de secagem aumentou a citotoxicidade da amostra de Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.). A análise de ANOVA proporcionou verificar a diferença estatística que existe entre a amostra e o controle negativo, ou seja, valores de p menores que 0,05 ($p < 0,05$) são estatisticamente significativos. Esses valores podem ser observados nas amostras de controle positivo e nas concentrações de 4000 e 2000 mg L⁻¹ para as amostras de Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) depois do processo de secagem. Apenas a amostra 40° C + 30 apresentou valores significativos igual a 0,01 para a concentração de 1000 mg L⁻¹.

4. Conclusão

Diante dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que as amostras de Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) apresentaram toxicidade para as raízes de *Allium cepa*, demonstrando efeitos inibitórios no crescimento radicular. Essa toxicidade foi observada principalmente nas concentrações mais elevadas das amostras, indicando uma relação dose-dependente.

Dados do estudo também revelaram que o processo de secagem das frutas da Canjiqueira pode aumentar a toxicidade das amostras. Isso pode ser atribuído às reações bioquímicas decorrentes do processo de desidratação. Portanto, é necessário considerar a segurança do consumo dos frutos desidratados, avaliando cuidadosamente a toxicidade e estabelecendo limites de consumo adequados.

A utilização de *Allium cepa* como organismo teste neste trabalho mostrou-se eficaz na avaliação da toxicidade das amostras da Canjiqueira. Esse método apresenta vantagens, como baixo custo e curto período de tempo para observar os efeitos tóxicos. Além disso, o uso de organismos vegetais como alternativa aos testes em animais contribui para uma abordagem mais sustentável e ética.

Referências

Bortolotto, I. M., Hiane, P. A., Ishii, I. H., Souza, P. R., Campos, R. P., Gomes, R. J. B., Farias, C. S., Leme, F. M., Arruda, R. C. O., Costa, L. B. L. C., E Damasceno-Junior, G. A. A knowledge network to promote the use and valorization of wild food plants in the Pantanal and Cerrado, Brazil. **Regional Environmental Change**, v.17, n.5, p. 1329-1341, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9296-9>

Carmo, L.R.; Leal, L.S.; Ribeiro, L.R. *Allium cepa* L. and Micronucleus test as bioindicators of cytogenotoxicity in aqueous extracts of medicinal plants. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p.82419-82430, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-610>

El Fels, L., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., *Artemia salina* as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. **Waste Management**, v. 50, p. 194–200, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.02.002>

Klauck, C.R. Giacobbo, A.; Altenhofen, C.G.; Silva, L.B.; Meneguzzi, A.; Bernardes, A.M.; Rodrigues, M.A.S. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing of advanced oxidation process and adsorption. **Environmental Technology e Innovation**, v. 8, p. 246–255, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.07.006>

LEME, D.M. And MARIN-MORALES, M.A. *Allium cepa* L. test in environmental monitoring: A review on its application. **Reviews in Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71–81, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2009.06.002>

Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E.; Yapar, K. Licopeno: um produto antioxidante que reduz a toxicidade do ditano em *Allium cepa* L. L. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, pág. 2290, 2023. DOI: | <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29481-4>

Mesarić, T.; Gambardella, C.; Milivojević, T.; Faimali, M.; Drobne, D.; Falugi, C.; Makovec, D.; Jemec, A.; Sepčić, K. High surface adsorption properties of carbon-based nanomaterials are responsible for mortality, swimming inhibition, and biochemical responses in *Artemia salina* larvae. **Aquatic Toxicology**, v. 163, p. 121–129, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.03.014>

Nolasco, E.M.; Da Silva, J.V.S.; De Paula, J.V.V.; Da Silva, F.L.C.; Leitão, M.M.; Araújo, A.S.A.; Massulo, A.O.; Amilcar Machulek, A. Da Silva, L.M. Combined Toxicity of Methylparaben and Propylparaben in *Artemia salina* and *Allium cepa* Applying Experimental Design. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 15, p. 153-162, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v15i3.17993>

Oliveira, V. S. D.; Donadon, J. R.; Guimarães, R. D. C. A.; Hiane, P. A. Application of dehydration technologies as a tool to foster bioeconomics and fruit consumption in rural populations in South America. **Food Science and Technology**, v42, e14021, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.14021>

Rajha, H.N.; Darra, N.E.; Hobaika, Z.; Nadia Boussetta, N.; Eugene Vorobiev, E.; Maroun, R.G.; Louka, N. Extraction of Total phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and tannins from grape byproducts by response surface methodology. Influence of solid-liquid

ratio, particle size, time, temperature and solvent mixtures on the optimization process. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, p. 397–409, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4236/fns.2014.54048>

Rodríguez, L. G. R.; Gasga, V. M. Z.; Pescuma, M.; Van Nieuwenhove, C.; Mozzi, F.; Burgos, J. A. S. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. **Food Research International**, v. 140, p. 109854, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>

Santo, D. E.; Dusman, E.; Da Silva Gonzalez, R.; Romero, A. L.; Dos Santos Goncalves Do Nascimento, G. C.; De Souza Moura, M. A.; Peron, A. P. Prospecting toxicity of octocrylene in *Allium cepa* L. and *Eisenia fetida* Sav. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 3, p. 8257-8268, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22795-2>

Silva, L.M.; Cavalcante, R.P.; Cunha, R.F.; Gozzi, F.; Dantas, R.F.; De Oliveira, S.C.; Machulek, A.J. Tolfenamic acid degradation by direct photolysis and the UV-ABC/H₂O₂ process: factorial design, kinetics, identification of intermediates, and toxicity evaluation. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 518–531, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.139>

Van Noordwijk, M. G. V.; Minang, P. A.; Dewi, S.; Leimona, B.; Duguma, L.; Pingault, N.; Meybeck, A. Restauração de terras baseada na natureza e centrada nas pessoas por meio de sistemas agroflorestais: uma tipologia. **Terra**, v. 9, n. 8, pág. 251, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/land9080251>

Vergara, A.S.; Riquelme, A.I. Toxicity of the hydroalcoholic extracts of fruit leaves from the Peruvian Amazon in *Artemia salina*. **F1000Research**, v. 8, p. 1016-1028, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.18997.1>

CAPÍTULO 4 – Artigo a ser submetido: Avaliação da citotoxicidade da polpa de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss *in natura* e desidratada sob diferentes condições de temperatura e armazenamento

Resumo: A desidratação é uma alternativa eficiente para a conservação da polpa de frutos nativos, permitindo seu uso ao longo do ano. No entanto, é essencial avaliar a toxicidade dos frutos desidratados da canjiqueira, tanto *in natura* quanto após o processo de desidratação, a fim de garantir a segurança do consumo. Objetivo: Este estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade aguda da polpa da *B. cydoniifolia* A. Juss., tanto *in natura* quanto desidratada, sob diferentes condições de temperatura e armazenamento. Materiais e Métodos: Os frutos da *B. cydoniifolia* A. Juss. foram coletados durante os períodos de safra no Pantanal e classificados em estádios de maturação. Após a seleção, os frutos foram sanitizados e submetidos ao processo de desidratação em diferentes temperaturas. A redução do teor de água foi acompanhada por métodos gravimétricos. Para avaliar a toxicidade, foram realizados testes com *Artemia salina* (*A. salina*), um microcrustáceo utilizado como organismo teste devido à sua sensibilidade a compostos tóxicos. Foram analisadas diferentes concentrações das amostras de Canjiqueira em relação à mortalidade dos organismos ao longo de 96 horas de exposição. Resultados e Discussão: O extrato do fruto *in natura* apresentou um CL50 de 863,23 mg L⁻¹, classificada como "Toxicidade baixa". Em contraste, as amostras desidratadas a 80° C e 40° C exibiram valores de CL50 mais baixos (235,28 mg L⁻¹ e 153,31 mg L⁻¹, respectivamente), sendo ambas classificadas como "Tóxico". É importante notar que as amostras desidratadas a 40° C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias, apresentou um CL50 de 214,49 mg L⁻¹, indicando toxicidade. Conclusão: A canjiqueira apresenta toxicidade aguda para a *A. salina*, e essa toxicidade aumenta após o processo de secagem. A granulometria da amostra e as condições de armazenamento também influenciaram a toxicidade da polpa. Esses achados destacam a importância de uma avaliação criteriosa da toxicidade e do estabelecimento de limites adequados de consumo.

Palavras-chave: *Artemia salina*, Compostos Fitoquímicos, Agroecologia

Evaluation of the cytotoxicity of the pulp of *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss *in natura* and dehydrated under different temperature and storage conditions

Abstract: Dehydration is an efficient alternative for conserving native fruit pulp, allowing its use throughout the year. However, it is essential to evaluate the toxicity of dehydrated canjiqueira fruits, both *in natura* and after the dehydration process, in order to guarantee safe consumption. **Objective:** This study aimed to evaluate the acute toxicity of the pulp of *B. cydoniifolia* A. Juss., both fresh and dehydrated, under different temperature and storage conditions. **Materials and Methods:** The fruits of *B. cydoniifolia* A. Juss. were collected during harvest periods in the Pantanal and classified into maturity stages. After selection, the fruits were sanitized and subjected to the dehydration process at different temperatures. The reduction in water content was monitored by gravimetric methods. To assess toxicity, tests were carried out with *Artemia salina* (*A. salina*), a microcrustacean used as a test organism due to its sensitivity to toxic compounds. Different concentrations of Canjiqueira samples were analyzed in relation to the mortality of organisms over 96 hours of exposure. **Results and Discussion:** The fresh fruit extract presented an LC50 of 863.23 mg L⁻¹, classified as "Low toxicity". In contrast, samples dehydrated at 80° C and 40° C exhibited lower LC50 values (235.28 mg L⁻¹ and 153.31 mg L⁻¹, respectively), both being classified as "Toxic". It is important to note that the samples dehydrated at 40° C and stored at room temperature for 30 days, presented an LC50 of 214.49 mg L⁻¹, indicating toxicity. **Conclusion:** Canjiqueira presents acute toxicity to *A. salina*, and this Toxicity increases after the drying process. The particle size of the sample and storage conditions also influenced the toxicity of the pulp. These findings highlight the importance of a careful assessment of toxicity and the establishment of appropriate consumption limits.

Key-words: Artemia, Phytochemical Compounds, Agroecology

1. Introdução

A busca por alimentos saudáveis e nutritivos, desperta o interesse na valorização de espécies nativas e na diversificação da dieta alimentar. Assim, a *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., popularmente conhecida como canjiqueira, destaca-se como uma fruta com potencialidade nutricional e funcional, além de ser encontrada em abundância nas planícies do Pantanal (Bortolotto *et al.*, 2018).

Com isso, a canjiqueira possui características atrativas, como o sabor e aroma característicos de suas frutas comestíveis, que a tornam uma opção promissora para o desenvolvimento de novos produtos alimentares. No entanto, a perecibilidade das frutas frescas e a sazonalidade de sua disponibilidade ao longo do ano são desafios para a produção em maior escala e a garantia de sua preservação (Oliveira *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, a desidratação é uma alternativa eficiente, acessível, sustentável e econômica para a conservação da polpa de diversos frutos nativos do Pantanal e do Cerrado, permitindo a disponibilidade destes frutos durante todo o ano (Bortolotto *et al.*, 2021). A desidratação consiste no processo de remoção da água presente nas frutas, mantendo suas propriedades nutricionais e sensoriais, como sabor, aroma, cor e textura (Calín-Sánchez *et al.*, 2020). Dessa forma, é possível desfrutar dos benefícios da canjiqueira mesmo fora da época de colheita.

No entanto, é essencial avaliar a toxicidade dos frutos desidratados da canjiqueira, tanto *in natura* quanto após o processo de desidratação, a fim de garantir a segurança do consumo. A avaliação da toxicidade é fundamental para identificar possíveis efeitos adversos à saúde e estabelecer limites de consumo adequados. Além disso, as condições de temperatura e armazenamento também podem influenciar a qualidade e a segurança dos alimentos desidratados (Gallo *et al.*, 2020). É importante investigar como diferentes temperaturas e condições de armazenamento afetam a toxicidade da polpa de canjiqueira, a fim de garantir a sua segurança e promover a sustentabilidade do seu aproveitamento.

A *Artemia salina* (*A. salina*), também conhecida como "Artemia", é um microcrustáceo amplamente utilizado em testes de toxicidade devido às suas características biológicas e à sua sensibilidade a compostos tóxicos (Ntungwe *et al.*, 2020). Do ponto de vista ético, a utilização da *A. salina* reduz significativamente a necessidade de testes em animais de maior porte, como roedores ou primatas (Shokry *et al.*, 2021). Isso contribui para a diminuição do uso de animais em experimentação, alinhando-se a princípios de respeito e bem-estar animal (Khabib *et al.*, 2022).

Além disso, ao adotar a metodologia de *A. salina*, é possível realizar testes em uma escala maior, avaliando diferentes amostras de um mesmo fruto e comparando seus efeitos tóxicos. Isso contribui para a ampliação do conhecimento científico sobre a citotoxicidade desses frutos, possibilitando a adoção de medidas preventivas e a promoção do consumo consciente (Orqueda *et al.*, 2023).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade da polpa da *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., tanto *in natura* quanto desidratada, sob diferentes condições de temperatura e armazenamento. A partir da avaliação da toxicidade aguda, foi possível obter informações importantes sobre a citotoxicidade da canjiqueira, contribuindo para o seu aproveitamento sustentável e promovendo a diversificação da dieta alimentar com espécies nativas do Pantanal.

2. Materiais e Métodos

Os frutos da *B. cydoniifolia* A. Juss. (Canjiqueira), foram coletados em Passo da Lontra (19°34'13,33"S e 57°01'11,20"W), no município de Corumbá, estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, durante o mês de janeiro do ano de 2020. Os frutos foram classificados visualmente em três estádios de maturação de acordo com a colorimetria da casca e avaliados quanto a coloração (L, a* e b*), estágio verde (100% verde), estágio intermediário (metade do fruto ficou amarelo) e estágio maduro (100% amarelo). Os frutos íntegros (ausência de danos provocados por injúrias ou degradação microbiana) foram pesados para a avaliação da porcentagem de frutos verdes, de vez e maduros, para caracterização do *blend* de frutos submetidos à desidratação em diferentes temperaturas. Após seleção, os frutos foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm e acomodados em mesas de aço inox sob papel toalha para remoção da água superficial.

A análise colorimétrica das amostras foi realizada em colorímetro (Konica Minolta, modelo CM2300d, Ramsey, NJ, EUA), com iluminante D65 e ângulo de visão com abertura de 10°. O sistema de leitura utilizado será o CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*). Foram determinados os parâmetros L*, a* e b*. Onde, claridade ou luminosidade (L*), a* e b* são os parâmetros de cromaticidade variando do vermelho/verde e do amarelo/azul, respectivamente (Minolta Corp., 1994).

A desidratação dos frutos de *Byrsonima cydoniifolia* foi realizada artificialmente em secador de leite fixo do tipo cabine (marca: Cienlab, modelo: digital), com circulação de ar forçado a 40, e 80°C. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo

método gravimétrico, conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água desejado (15% bu).

Em relação a temperatura do ar de secagem, o monitoramento foi realizado por meio de um termômetro instalado no interior do secador. Após a secagem nas diferentes condições de ar os frutos foram triturados em moinho, peneirados em Tâmis, acondicionados em embalagens rígidas de polietileno de alta densidade com dimensões de 120x120 mm e 10 µm de espessura. As amostras 40° C + 30 e 80° C + 30 foram armazenadas em temperatura ambiente, por 30 dias. Enquanto as amostras 40° C e 80° C foram armazenadas em freezer em temperatura de -12 ° C, por 30 dias.

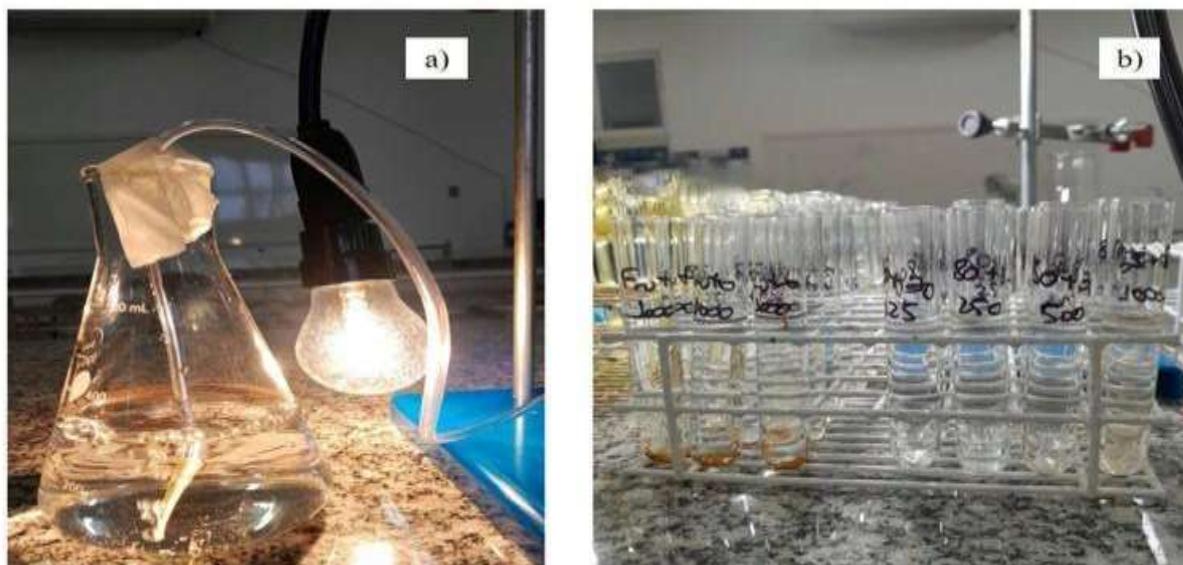
O teste de toxicidade foi realizado com neonatos de *A. salina* obtidos após a eclosão dos cistos em água do mar sintética (32 g L⁻¹) com aeração durante 48 horas sob iluminação para o aquecimento da incubadora mostrada na Figura 1a. Esses bioensaios foram executados em triplicata (10 indivíduos por réplica), mantidos em temperatura de 20 ± 2°C e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro com duração de até 96 horas em sistema estático em tubos de ensaios de 10 ou 15 mL para cada teste em pH alcalino (pH 8-9) (El Fels *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016; Mesarić *et al.*, 2015).

A Figura 1 b, mostra os testes de toxicidade aguda realizados em diferentes concentrações das amostras de em 96 horas de exposição nas concentrações (1000, 500, 250, 125 e 62,5 mg L⁻¹), no intuito de obter os valores de concentração letal em 50% da população estudada (CL₅₀) (El Fels *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016; Mesarić *et al.*, 2015). Além disso, o sal marinho sintético foi adicionado nas amostras em concentração de 32 g L⁻¹, com objetivo de manter um meio propício de nutrientes para o organismo teste. Outro teste realizado foi o positivo com o dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) a partir de uma solução de 100 mg L⁻¹, com o teste (100, 50, 25, 12,5, 10,0, 6,25 e 3,1 % v/v) para obter o valor de CL₅₀.

Para ensaios e estudos, a espécie possui autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio)/Ministério do Meio Ambiente e a autorização para o acesso ao patrimônio genético com finalidade de pesquisa científica via Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN).

Todos os ensaios foram realizados em três repetições. Os dados relativos aos ensaios foram analisados por análise de variância com o teste de comparação múltipla de Tukey, com nível de significância de 5% (ANOVA).

Figura 1: a) Sistema de eclosão dos cistos de *A. salina*; b) bioensaios com diferentes concentrações das amostras de Canjiqueira.



Fonte: o autor (2023).

3. Resultados e discussão

Conforme apresentado na Tabela 1, os parâmetros de cor diferem significativamente conforme o estágio de maturação dos frutos de *Byrsonima cydoniifolia*. Os frutos maduros exibem tom amarelo alaranjado claro, enquanto os frutos verdes e intermediários se apresentam na cor verde escuro e/ou amarelos acinzentados, semelhantes ao que é relatado anteriormente na literatura para frutos de *B. cydoniifolia* (Marcelino *et al.*, 2019).

Tabela 1. Parâmetros colorimétricos *Byrsonima cydoniifolia* em diferentes estádios de maturação.

Fruto/Estágio	L*±DP	a*±DP	b*±DP
Canjiqueira 100% madura	61,10 ± 0,03 ^a	11,95 ± 0,04 ^a	34,25 ± 0,20 ^a
Canjiqueira 50% madura	49,75 ± 0,01 ^b	- 3,09 ± 0,06 ^b	21,21 ± 0,03 ^b
Canjiqueira 25% madura	49,65 ± 0,16 ^b	- 3,41 ± 0,03 ^b	20,14 ± 0,14 ^b
Canjiqueira 100% verde	47,87 ± 0,11 ^b	- 4,64 ± 0,03 ^b	19,90 ± 0,05 ^b

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$), DP (desvio padrão).

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: o autor (2023).

A cromaticidade, que pode estar relacionada à intensidade do pigmento, aumenta durante o amadurecimento devido ao maior teor de carotenóides nos frutos maduros. Em relação aos valores de a* e b*, todos os estádios de maturação tiveram valores de b* positivos, entretanto os frutos maduros apresentam maiores os maiores índices de b positivo,

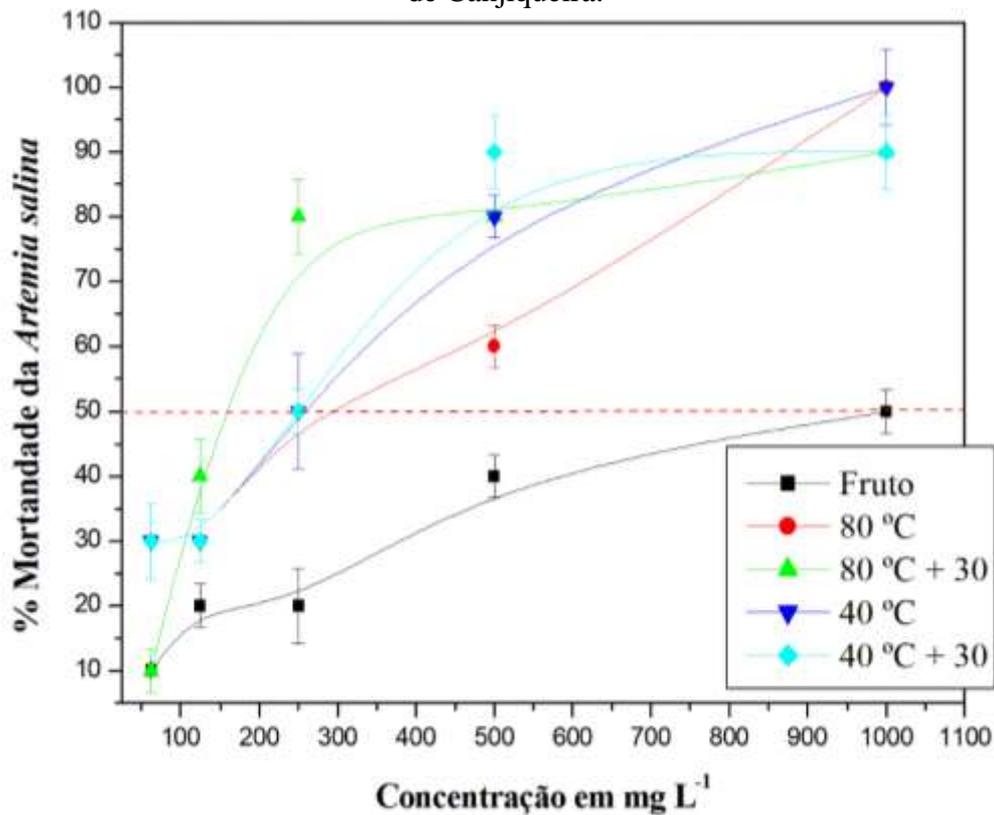
indicando maior ocorrência de tons de amarelo nessa fase do fruto. Os frutos maduros foram os únicos que apresentaram valores de a^* positivos, indicando a presença de tons de vermelho, enquanto os frutos em estádios intermediários e verdes apresentaram valores de a^* negativos, indicando a predominância de tons da cor verde (Marcelino *et al.*, 2019).

Os frutos de *B. cydoniifolia* quando *in natura* apresentam altos valores de compostos, como ácido ascórbico, fenóis totais, carotenóides, sendo a luteína o principal carotenoide. Além disso, a fração lipídica do fruto apresenta ácido oleico, palmítico e linoleico (Marcelino *et al.*, 2019). Esses ácidos graxos são considerados bioativos devido ao seu papel essencial na saúde humana. O ácido oleico, por exemplo, é um ácido graxo monoinsaturado encontrado em grandes quantidades no azeite de oliva e está associado a benefícios para a saúde cardiovascular. O ácido palmítico, um ácido graxo saturado, é encontrado em muitos alimentos de origem animal e vegetal, mas em excesso pode estar associado a riscos cardiovasculares. Já o ácido linoleico é um ácido graxo poli-insaturado ômega-6, que também é essencial para o corpo humano e tem implicações na saúde cardiovascular e metabólica (Calder, 2015).

A avaliação da toxicidade de extratos de plantas regionais utilizando os neonatos de microcrustáceos *A. salina* é importante, pois é um organismo que não faz parte do filo Chordata. Isto é importante, porque a Lei Federal nº 11.794/08 relata que não é necessário submeter o projeto para o comitê de ética em pesquisa quando os organismos que não fazem parte desse filo. Nesse sentido, estudos de avaliação primária de novos compostos incentivam ao aprimoramento e aplicação desses organismos aquáticos (Silva *et al.*, 2022).

Os testes realizados com *A. salina* revelaram que tanto o fruto *in natura* quanto às amostras de Canjiqueira desidratada apresentaram toxicidade aguda após 96 horas de exposição. Ao analisar a Figura 2, é possível observar que a toxicidade aumentou significativamente após o processo de secagem, conforme evidenciado pelos valores de CL_{50} : fruto fresco com $CL_{50} = 863,23 \text{ mg L}^{-1}$; processo a 80° C com $CL_{50} = 256,81 \text{ mg L}^{-1}$; processo à $80^\circ \text{ C} + 30$ com $CL_{50} = 235,28 \text{ mg L}^{-1}$; processo a 40° C com $CL_{50} = 153,31 \text{ mg L}^{-1}$; e processo a $40^\circ \text{ C} + 30$ com $CL_{50} = 214,49 \text{ mg L}^{-1}$. De acordo com a referência de Vergara e Riquelme (2019), extratos de plantas são considerados tóxicos quando abaixo de 500 mg L^{-1} . Esses resultados indicam que as amostras de Canjiqueira podem apresentar uma toxicidade relevante para organismos aquáticos.

Figura 2: Gráfico da mortalidade de *Artemia salina* em 96 horas de exposição das amostras de Canjiqueira:



Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira in natura; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; CL₅₀: concentração letal média; mg L⁻¹: miligramas por litro. Fonte: o autor (2023).

A comparação dos resultados de CL₅₀ e a classificação de toxicidade na Tabela 2 revela que o fruto *in natura* apresentou baixa toxicidade. No entanto, após o processo de secagem, a granulometria da amostra aumentou, o que pode ter facilitado a liberação de compostos. Esse comportamento já foi observado em outros estudos em que a granulometria interferiu na extração de compostos fenólicos (RAJHA *et al.*, 2014). Esses resultados sugerem que o processo de secagem pode potencializar a toxicidade da canjiqueira.

Tabela 2: Valores de CL₅₀ e classificação de toxicidade das amostras de Canjiqueira.

Amostras	Valores de CL ₅₀ (mg L ⁻¹) ±DP	Classificação das amostras de Canjiqueira	(VERGARA E RIQUELME, 2019)
Fruto	863,23±1,00 ^a	Toxicidade baixa	500 < CL ₅₀ ≤ 1000 Toxicidade baixa
80° C	235,28±0,80 ^c	Tóxico	
80° C + 30	256,81±0,70 ^b	Tóxico	100 < CL ₅₀ ≤ 500
40° C	153,31±0,60 ^e	Tóxico	Tóxico
40° C + 30	214,49±0,90 ^d	Tóxico	

Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira in natura; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; CL₅₀: concentração letal média; mg L⁻¹: miligramas por litro. Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si (P >0,05), DP (desvio padrão). Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: o autor (2023).

O aumento na temperatura de desidratação (80° C) levou à diminuição da toxicidade das amostras, e esse fato está relacionado com a degradação de compostos durante o processo de secagem. Seguindo a mesma lógica, as amostras desidratadas e armazenadas em freezer apresentaram maior toxicidade (40° C e 80° C) quando comparadas com as amostras armazenadas em temperatura ambiente (40° C + 30 e 80° C + 30) e desidratadas sob as mesmas condições das armazenadas em freezer.

Em discussão, os resultados indicam que a canjiqueira, tanto na forma de fruto *in natura* quanto após o processo de secagem, apresenta toxicidade aguda para *A. salina*. A toxicidade aumenta após o processo de secagem, possivelmente devido à maior liberação de compostos e alterações na granulometria da amostra (Sabet *et al.*, 2020; Rajha *et al.*, 2014). Esses achados destacam que o processo de desidratação é eficiente na retenção de compostos da *B. cydoniifolia*. Além disso, é necessário realizar estudos adicionais para identificar os compostos responsáveis pela toxicidade e investigar possíveis implicações para a saúde humana e o meio ambiente. Essas informações são fundamentais para promover o aproveitamento sustentável das espécies nativas do Pantanal, como a canjiqueira, e garantir a preservação desse importante ecossistema.

4. Considerações finais

Com base nos resultados, observamos variações significativas nos valores de CL50, indicando diferentes níveis de toxicidade nas amostras de Canjiqueira sob distintas condições de processamento. Por exemplo, o extrato do fruto *in natura* apresentou CL50 de 863,23 mg L⁻¹, classificada como "Toxicidade baixa". Em contraste, as amostras desidratadas a 80° C e 40° C exibiram valores de CL50 mais baixos (235,28 mg L⁻¹ e 153,31 mg L⁻¹, respectivamente), sendo ambas classificadas como "Tóxico". É importante notar que as amostras desidratadas a 40° C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias, apresentou CL50 de 214,49 mg L⁻¹, indicando toxicidade. Esses resultados sugerem que a desidratação, combinada com o armazenamento em temperatura ambiente por 30 dias, pode intensificar a toxicidade da Canjiqueira.

A consistência na classificação das amostras como "Tóxico" destaca a presença potencial de substâncias nocivas, reforçando a importância da avaliação cuidadosa das condições de processamento. Essas conclusões apontam para a necessidade de investigações mais aprofundadas para identificar os compostos específicos responsáveis pela toxicidade e compreender melhor como esses componentes são afetados pelas diferentes condições de processamento, incluindo a desidratação e o armazenamento. Essa abordagem é crucial para orientar práticas de processamento mais seguras, visando a produção de Canjiqueira com menor impacto na toxicidade e, conseqüentemente, garantindo a qualidade do produto final destinado ao consumo humano.

Referências

Bortolotto, I. M., Hiane, P. A., Ishii, I. H., Souza, P. R., Campos, R. P., Gomes, R. J. B., Farias, C. S., Leme, F. M., Arruda, R. C. O., Costa, L. B. L. C., E Damasceno-Junior, G. A. A knowledge network to promote the use and valorization of wild food plants in the Pantanal and Cerrado, Brazil. *Regional Environmental Change*, 17(5), 1329-1341, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9296-9>

Bortolotto, Im, De Cássia A.G.R., Campos, R.P, Da Silva Lopes, Mr, Da Silva, Lpr, Silva, Rh, Hiane, Pa. Food Composition Data: Edible Plants in Pantanal. In: **Local Food Plants of Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 297-324. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69139-4_14#DOI

Calder, Philip C. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. **Journal of parenteral and enteral nutrition**, v. 39, p. 18S-32S, 2015. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>

Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., Figiel, A. Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1261, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9091261>

El Fels, L., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., *Artemia salina* as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. **Waste Management**, v. 50, p. 194–200, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.02.002>

Gallo, M., Ferrara, L., Calogero, A., Montesano, D., Naviglio, D. Relationships between food and diseases: What to know to ensure food safety. **Food Research International**, v. 137, p. 109414, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109414>

Khabib, Mnh, Sivasanku, Y., Lee, Hb, Kumar, S., Kue, CS. Modelos animais alternativos em toxicologia preditiva. **Toxicologia**, v. 465, p. 153053, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.153053>

Klauck, C.R. Giacobbo, A.; Altenhofen, C.G.; Silva, L.B.; Meneguzzi, A.; Bernardes, A.M.; Rodrigues, M.A.S. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing of advanced oxidation process and adsorption. **Environmental Technology e Innovation**, v. 8, p. 246–255, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.07.006>

Marcelino, G., Donadon, Jr, Caires, Ar, Michels, Fs, Oliveira, Lc, Cortes, Mr, Guimarães, RC. Caracterização e estabilidade oxidativa de óleos e compostos dos frutos de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. em diferentes estádios de maturação. **Journal of the Science of Food and Agriculture** , v. 99, n. 6, pág. 2855-2864, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9498>

Mesarić, T.; Gambardella, C.; Milivojević, T.; Faimali, M.; Drobne, D.; Falugi, C.; Makovec, D.; Jemec, A.; Sepčić, K. High surface adsorption properties of carbon-based nanomaterials

are responsible for mortality, swimming inhibition, and biochemical responses in *Artemia salina* larvae. **Aquatic Toxicology**, v. 163, p. 121–129, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.03.014>

Minolta Corp. Precise Color Communication. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. p. 45-49. <https://sensing.konicaminolta.us/>

Ntungwe N, E., Dominguez-Martin, Em, Roberto, A., Tavares, J., Isca, V., Pereira, P., Rijo, P. Espécies de Artemia: Uma ferramenta importante para rastrear amostras de toxicidade geral. **Current Pharmaceutical Design**, v. 26, n. 24, pág. 2892-2908, 2020. <https://doi.org/10.2174/1381612826666200406083035>

Oliveira, V. S. D.; Donadon, J. R.; Guimarães, R. D. C. A.; Hiane, P. A. Application of dehydration technologies as a tool to foster bioeconomics and fruit consumption in rural populations in South America. **Food Science and Technology**, v. 42, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.14021>

Orqueda, M. E., Zampini, I. C., Torres, S., E Isla, M. I. Functional Characterization and Toxicity of Pectin from Red Chilito Fruit Waste (Peels). **Plants**, v. 12, n. 14, p. 2603, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12142603>

Rajha, H.N.; Darra, N.E.; Hobaika, Z.; Nadia Boussetta, N.; Eugene Vorobiev, E.; Maroun, R.G.; Louka, N. Extraction of Total Phenolic Compounds, Flavonoids, Anthocyanins and Tannins from Grape Byproducts by Response Surface Methodology. Influence of Solid-Liquid Ratio, Particle Size, Time, Temperature and Solvent Mixtures on the Optimization Process. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, p. 397–409, 2014. <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=42786>

Sabet, S., Rashidinejad, A., Melton, Ld E Mcgillivray, Dj. Avanços recentes para melhorar a biodisponibilidade oral da curcumina. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 110, 253-266, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.006>

Silva, L.M.; Cavalcante, R.P.; Cunha, R.F.; Gozzi, F.; Dantas, R.F.; De Oliveira, S.C.; Machulek, A.J. Tolfenamic acid degradation by direct photolysis and the UV-ABC/H₂O₂

process: factorial design, kinetics, identification of intermediates, and toxicity evaluation. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 518–531, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.139>

Silva, J. G., Melo, E. R. D., Cavalcante, A. M. D. S. G., Da Silva, E. I., Do Nascimento, E. R., E De Araujo Torres, I. P. Avaliação toxicológica de espécies vegetais pertencentes a Caatinga e determinação da CL50 frente *Artemia salina* Leach Toxicological evaluation of plant species from the Caatinga and determination of the LC50 against *Artemia salina* Leach. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 3, p. 8428-8441, 2022. <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n3-034>

Shokry, A., Khalil, M., Ibrahim, H., Soliman, M., Ebrahim, S. Acute toxicity assessment of polyaniline/Ag nanoparticles/graphene oxide quantum dots on *Cypridopsis vidua* and *Artemia salina*. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 5336, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84903-5>

Vergara, A.S.; Riquelme, A.I. Toxicity of the hydroalcoholic extracts of fruit leaves from the Peruvian Amazon in *Artemia salina*. **F1000Research**, v. 8, p. 1016-1028, 2019. <https://doi.org/10.12688/f1000research.18997.1>

CAPÍTULO 5 – Artigo a ser submetido: A Retenção de Piceatannol no Fruto Integral de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. em Pó, Seco por Desidratação Convencional em Estufa

Relevância do trabalho: Este estudo aborda a preservação de espécies nativas sul-americanas para desenvolver alimentos saudáveis e nutricionalmente ricos, focando na polpa da Canjiqueira. Foram exploradas as técnicas de conservação para superar os desafios sazonais, destacando a desidratação convencional. Em especial, foi investigada a retenção de piceatannol, um composto antioxidante e nutracêutico. Esta pesquisa inédita ressalta a importância de preservar as características sensoriais em frutas nativas e destaca o potencial do piceatannol na promoção da saúde.

Aproveitamento integral da *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.

Resumo: O fortalecimento do uso, do aproveitamento e da valorização de espécies nativas da América do Sul pode levar ao desenvolvimento de novos produtos alimentares com potencialidade nutricional além de contribuir para a prevenção de doenças, atendendo as demandas variadas de consumo. Em especial as espécies vegetais nativas e/ou espécies introduzidas, mas que se tornaram muito populares por apresentar frutas comestíveis apreciadas pelo sabor e aroma característicos. No entanto, a perecibilidade e a sazonalidade dificultam a produção em maior escala, sendo necessário prospectar alternativas de conservação para disponibilizar a polpa do fruto o ano inteiro. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi obter o fruto integral de *B. cydoniifolia* em pó, seco por desidratação convencional em estufa, aplicando distintas temperaturas de secagem, visando um produto com alto valor agregado pela retenção de piceatannol. Os frutos de *B. cydoniifolia* foram coletados na região do Pantanal, município de Corumbá, estado do Mato Grosso do Sul. A partir dos frutos maduros da Canjiqueira, foram elaborados cinco extratos etanólicos distintos, comparando as propriedades entre a fruta *in natura* e a fruta desidratada. O processo de desidratação foi conduzido em uma estufa convencional, utilizando diferentes temperaturas. Além disso, algumas amostras foram submetidas a um período de armazenamento após a desidratação. A desidratação convencional em estufa se mostrou eficaz quando aplicada na produção de canjiqueira em pó. Mesmo após o processo de desidratação, a Canjiqueira manteve níveis de piceatannol e outros bioativos. Por exemplo, a amostra desidratada a 40°C apresentou um potencial antioxidante de 77,13%, com teores de piceatannol, taninos e flavonoides de 1,23

mg/g, 42,23 mg/g e 30,36 mg/g, respectivamente. A amostra desidratada a 80°C também exibiu valores consideráveis, com potencial antioxidante de 75,50% e teores de piceatannol, taninos e flavonoides de 1,06 mg/g, 40,60 mg/g e 29,06 mg/g, respectivamente. E mesmo após o armazenamento pós-desidratação por 30 dias, a amostra desidratada a 80°C manteve níveis relevantes, com potencial antioxidante de 71,33% e teores de piceatannol, taninos e flavonoides de 0,73 mg/g, 36,53 mg/g e 25,53 mg/g, respectivamente. Esse estudo não apenas destacou a eficácia da desidratação como método de conservação, mas também contribuiu para a promoção da diversidade alimentar e sustentabilidade dos recursos naturais, valorizando espécies nativas e seus benefícios à saúde.

Aplicação Prática: Estabelecer bases técnico-científicas para difundir as potencialidades da *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.

Palavras-chave: Tecnologia de alimentos; Desidratação; Sustentabilidade; Estilbenos.

The Retention of Piceatannol in the Whole Fruit of *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. Powder,
Dried by Conventional Dehydration in an Oven

Abstract: Strengthening the use, exploitation and appreciation of species native to South America can lead to the development of new food products with nutritional potential, in addition to contributing to the prevention of diseases, meeting varied consumption demands. In particular, native plant species and/or introduced species, which have become very popular because they have edible fruits appreciated for their characteristic flavor and aroma. However, perishability and seasonality make larger-scale production difficult, making it necessary to explore conservation alternatives to make the fruit pulp available throughout the year. Therefore, the objective of this study was to obtain the whole fruit of *B. cydoniifolia* in powder form, dried by conventional dehydration in an oven, applying different drying temperatures, aiming for a product with high added value due to the retention of piceatannol. The fruits of *B. cydoniifolia* were collected in the Pantanal region, municipality of Corumbá, state of Mato Grosso do Sul. From the ripe fruits of Canjiqueira, five different ethanolic extracts were prepared, comparing the properties between the fresh fruit and the fruit dehydrated. The dehydration process was conducted in a conventional oven, using different temperatures. Furthermore, some samples were subjected to a period of storage after dehydration. Conventional dehydration in an oven proved to be effective when applied to the

production of canjiqueira powder. Even after the dehydration process, Canjiqueira maintained levels of piceatannol and other bioactives. For example, the sample dehydrated at 40°C presented an antioxidant potential of 77.13%, with piceatannol, tannins and flavonoids levels of 1.23 mg/g, 42.23 mg/g and 30.36 mg/g, respectively. . The sample dehydrated at 80°C also exhibited considerable values, with an antioxidant potential of 75.50% and piceatannol, tannin and flavonoid contents of 1.06 mg/g, 40.60 mg/g and 29.06 mg/g, respectively. . And even after post-dehydration storage for 30 days, the sample dehydrated at 80°C maintained relevant levels, with an antioxidant potential of 71.33% and piceatannol, tannins and flavonoids contents of 0.73 mg/g, 36.53 mg/g and 25.53 mg/g, respectively. This study not only highlighted the effectiveness of dehydration as a conservation method, but also contributes to the promotion of dietary diversity and sustainability of natural resources, valuing native species and their health benefits.

Practical Application: Establish technical-scientific bases to disseminate the potential of *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.

Keywords: Food technology; Dehydration; Sustainability; Stilbenes.

1 Introdução

O piceatannol (3,3',4,5'-*trans*-trihidroxiestilbeno) é um estilbenoide análogo hidroxilado natural do resveratrol, é menos estudado que o resveratrol, mas exibe um amplo espectro de atividade biológica (Zomer et al., 2022). Além dos efeitos antioxidantes, o piceatannol exibe potenciais propriedades anticâncer, por sua capacidade de suprimir a proliferação de uma ampla variedade de células tumorais, incluindo leucemia, linfoma; câncer de mama, próstata, cólon e melanoma, além de atividade cardioprotetora (Yan et al., 2019; Song et al., 2015). O piceatannol também é efetivo na prevenção de patologias cardiovasculares (Choi et al., 2010) e atividade anti-inflamatória (Wen et al., 2018). A identificação e quantificação de piceatannol foram inicialmente relatadas a partir da caracterização da *Euphorbia lagascae* (Ferrigni et al., 1984). Estudos “*in vitro*” demonstram que o piceatannol apresenta capacidade no desenvolvimento de funções neurais, justamente pelo fato de que a geração de astrócitos apresenta função primordial no desenvolvimento do cérebro e, ao contrário do resveratrol, o piceatannol é capaz de promover a diferenciação de células-tronco neurais em astrócitos (Park et al., 2021; Arai et al., 2016). Recentemente, o piceatannol também foi apresentado como agente antiadipogênico, com capacidade superior em comparação com resveratrol no modelo de obesidade visceral (Park et al., 2021). Apesar de ser encontrado em um número restrito de espécies, o piceatannol é encontrado, em quantidades consideráveis, nas sementes e polpa *in natura* da *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss (Arakaki et al., 2020).

A *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., conhecida popularmente como canjiqueira, é uma fruta nativa do Pantanal e Cerrado que cresce exclusivamente em solos arenosos. Os frutos maduros são amarelos, medindo 1,5 a 2 cm. A polpa é carnuda e macia, sendo seu consumo geralmente *in natura* ou na forma de sucos, sorvetes, geleias e licores. Embora a canjiqueira seja utilizada como fonte de alimento da população rural, essa espécie continua sendo uma das frutas nativas inexploradas no Brasil (Prates et al., 2015).

Diversos estudos têm se dedicado ao mapeamento da distribuição da canjiqueira no Pantanal, abrangendo áreas como Santo Antônio do Leverger, sub-regiões de Nabileque e Miranda, além de Poconé. A canjiqueira é uma das espécies emblemáticas do Pantanal e, em algumas situações, forma agrupamentos exclusivos conhecidos como canjiqueirais. Esses agrupamentos são caracterizados por apresentarem mais de 50% dos indivíduos ou da cobertura formada por uma única espécie, e em muitos casos são considerados "invasores" (Bortolotto et al., 2018).

Vários compostos nutracêuticos são identificados no fruto da *B. cydoniifolia*, como ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides. Além disso, a fração lipídica do fruto apresenta ácido oleico, palmítico e linoleico, com aplicações na indústria e na saúde (Marcelino *et al.*, 2019). No entanto, a perecibilidade e a sazonalidade dos frutos da *B. cydoniifolia in natura*, obtidos por meio do extrativismo, são gargalos para as indústrias farmacêuticas e alimentícias que demandam matérias primas em constância e volume, sendo necessário prospectar alternativas de aproveitamento dos frutos, acessíveis aos povos nativos, como as diversas etnias indígenas, ribeirinhos, quilombolas, caipiras e pantaneiros que enfrentam dificuldades de subsistência, principalmente pela ausência de segurança alimentar (Van Noordwijk *et al.*, 2020), para aumentar a oferta ao longo do ano.

A desidratação convencional em estufa é um processo de fácil aplicação que diminui consideravelmente a umidade do produto e, conseqüentemente, a atividade de água, minimizando as alterações físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas durante o seu armazenamento, além de reduzir os custos com transporte. Por se tratar de uma técnica simples, a desidratação convencional em estufa permite integrar a biodiversidade, o conhecimento tradicional e científico-tecnológico para disponibilizar o fruto da *B. cydoniifolia* durante o ano inteiro (Sanchez *et al.*, 2020).

As técnicas que envolvem a desidratação são as mais empregadas para a conservação de alimentos, entretanto, faz-se necessário prospectar variáveis eficientes de secagem e armazenamento para maior rendimento de produto final, retenção de bioativos, reduzir custo operacional e manter o aroma, sabor e coloração dos frutos nativos (Ray, Raychaudhuri e Chakraborty, 2016).

Embora o piceatannol tenha sido identificado na polpa (2,085 µg/mg) e semente (127,315 µg/mg) da canjiqueira *in natura*, não há relatos na literatura sobre a retenção desse composto em frutos desidratados e armazenados. Desta forma, o objetivo deste estudo foi obter o fruto integral de *B. cydoniifolia* em pó, seco por desidratação convencional em estufa, aplicando distintas temperaturas de secagem, visando um produto com alto valor agregado pela retenção de piceatannol.

2 Materiais e métodos

2.1 Material vegetal

Os frutos da *B. cydoniifolia*, foram coletados durante os respectivos períodos de safra na região do Pantanal Sul (MS), localizado nas coordenadas 19°18'31''S e 57°03'15'', classificados visualmente em três estádios de maturação, de acordo com a cor da casca (favorável ao consumo) e avaliados quanto a coloração (L, a* e b*), estágio verde (100% verde), estágio intermediário (metade do fruto ficou amarelo) e estágio maduro (100% amarelo). Os frutos íntegros (ausência de danos provocados por injúrias ou degradação microbiana) foram pesados para a avaliação da porcentagem de frutos verdes, “de vez” e maduros, para caracterização do *blend* de frutos submetidos à desidratação em diferentes temperaturas. Após seleção, os frutos foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm de cloro ativo e acomodados em mesas de aço inox sob papel toalha para remoção da água superficial.

Para ensaios e estudos, a espécie possui autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio)/Ministério do Meio Ambiente e a autorização para o acesso ao patrimônio genético com finalidade de pesquisa científica via Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN). A Figura 1 apresenta os frutos de canjiqueira em processo de maturação no campo e depois de colhidos e selecionados quando ao ponto de maturação.

Figura 1- Frutos da canjiqueira (*B. cydoniifolia* A. Juss) em processo de maturação (A), blend de frutos submetidos à desidratação (B) e maduros (C).



Fonte: Adaptado de Prates (2012).

2.2 Processo de desidratação

A desidratação dos frutos integrais de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss foi realizada artificialmente em secador de leito fixo do tipo cabine (marca: Cienlab, modelo: digital), com circulação de ar forçado a 40°C por 24 horas, e 80°C por 12 horas. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico, conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água desejado de 15% de umidade (g/100g).

A temperatura do ar de secagem, 40°C e 80°C respectivamente, foi monitorada por meio de um termômetro instalado no interior do secador. Após a secagem, os frutos foram triturados em moinho, e a granulometria foi padronizada em peneiras de 16 mesh, acondicionados em embalagens rígidas de polietileno de alta densidade com dimensões de 120x120 mm e 10 µm de espessura. As amostras “40°C + 30” e “80°C + 30”, foram armazenadas em temperatura ambiente por 30 dias. Já as amostras “40°C” e “80°C”, foram armazenadas em freezer com temperatura de -12°C durante 30 dias.

As amostras de cada tratamento foram submetidas à extração com etanol: água 7: 3 (v/v) na proporção 4: 1 amostra/ extrato solvente, por meio do banho ultrassônico por 15 min. Em seguida, os extratos foram concentrados em evaporador rotativo e liofilizados para posteriormente serem empregados como amostras nos testes de potencial antioxidante, compostos fenólicos, flavonoides, taninos e quantificação de piceatannol (Santos *et al.*, 2017).

2.4 Análises químicas

Preparação das amostras

O cartucho Strata C18-E (PhenomenexTM, EUA) foi acondicionado com 10 mL de metanol, seguido de 10 mL de água destilada. Um g de amostra foi solubilizado em metanol e inserido no cartucho, o qual foi eluído com 10 mL de metanol e 5 mL de acetona. Esses eluatos foram coletados conjuntamente em um frasco e depois evaporados em capela de exaustão até a secura. O extrato foi ressuspensão em 1 mL de metanol. A amostra foi preparada na concentração de 1000 µg mL⁻¹ para todas as análises realizadas.

Potencial antioxidante

O potencial antioxidante foi verificado por meio da inibição do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Foi realizada, em local escuro, uma reação de 30 min de 100 µL de amostra com 2 mL de solução etanólica de DPPH 0.1 mmol/L, realizando a leitura em

espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm (Capanoglu *et al.*, 2006). A inibição do radical pelas amostras foi calculada por meio da equação 1, em que Q é a inibição, A_0 é a absorção do controle e A_c é a absorção da amostra após a reação.

Equação 1- Fórmula para a obtenção do potencial antioxidante.

*Inhibition*_{DPPH}

$$= \frac{100 \times (\text{Absorbance of control}_{517\text{nm}} - \text{Absorbance of solution}_{517\text{nm}})}{\text{Absorbance of control}_{517\text{nm}}}$$

Teor de compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos foi determinado com base no método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Djeridane *et al.*, 2006). Para tal, adicionou-se 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e 1 mL de água destilada em 0,1 mL de amostra. Após 1 minuto, adicionou-se 1,5 mL de carbonato de sódio a 20% (m/v) e aguardou-se por 2h em local escuro. Foi realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 760 nm. Foi utilizada uma curva analítica de ácido gálico como padrão (10 e 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$). O resultado foi expresso em mg de ácido gálico equivalente (AGE) por g de amostra.

Teor de flavonoides

A determinação dos flavonoides seguiu a metodologia descrita por Djeridane *et al.* (2006). Reagiu-se 1 mL de amostra com 1 mL de cloreto de alumínio 2% (m/v) em metanol, aguardando a reação por 15 min. A leitura foi realizada em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 430 nm. Foi utilizada curva padrão de rutina (10 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) para quantificação. O resultado foi expresso em mg de rutina equivalente (RE) por g de amostra.

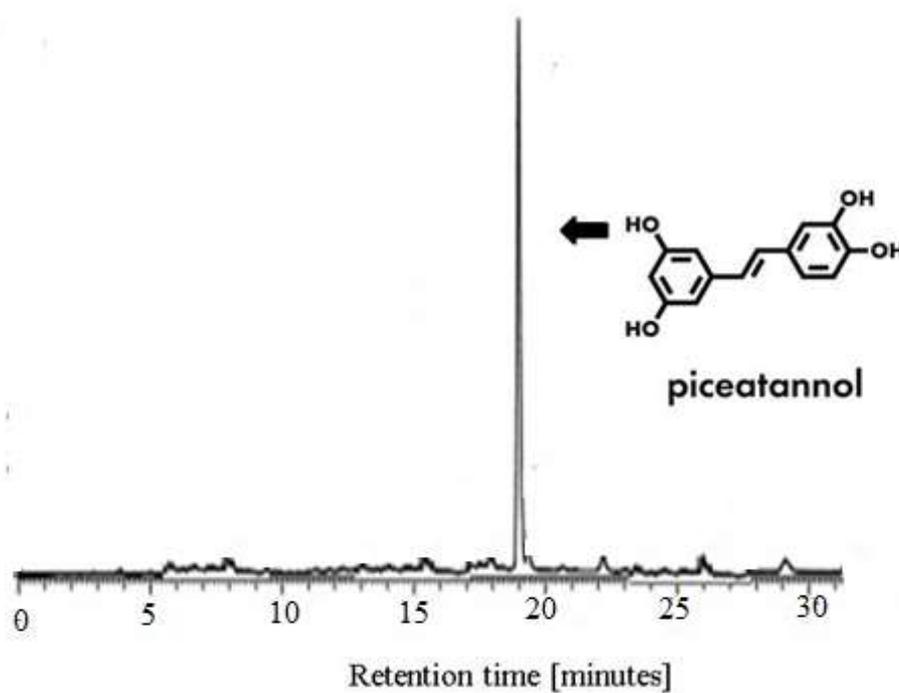
Teor de taninos

O teor de taninos foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Denis (Pansera *et al.*, 2003) com adaptações nos volumes dos reagentes, sem alterar as proporções. Adicionou-se 0,5 mL de reagente de Folin-Denis em 0,5 mL de amostra, agitando e aguardando 3 minutos. Sequencialmente, adicionou-se 0,5 mL de carbonato de sódio 8% (m/v), homogeneizando e aguardando a reação por 2h em local escuro. A absorbância foi medida no comprimento de onda de 725 nm. Para o cálculo da concentração dos taninos, foi feita uma curva padrão com o ácido tânico (0,5 a 150 $\mu\text{g mL}^{-1}$). O resultado foi expresso em mg de ácido tânico equivalente (ATE) por g de extrato liofilizado.

Quantificação do piceatannol

A análise do piceatannol no extrato foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência - CLAE (Shimadzu, Japão) com detector de arranjo de diodos. A coluna analítica consistiu em uma coluna de fase reversa C18, marca Strava (100 × 3 mm i.d.; tamanho de partícula de 2,5 µm). As fases móveis foram (A) water com 0,1% de ácido fórmico e (B) acetonitrila. A taxa de vazão foi de 0,8 ml/min e a temperatura da coluna foi de 35°C. O gradiente de 40 min foi o seguinte: 0–10 min, 0–15% B; 10–20 min, 15% B; 20–25min, 15–50% B; 25-27min, 50–100% B; 27-31 min, 0% B. Uma alíquota de 20 µL da amostra foi injetada em cada análise. O piceatannol foi identificado por seus tempos de retenção e dados espectrais em comparação com o padrão. A quantificação foi realizada usando curva de calibração de cinco pontos com o piceatannol.

Figura 2 - Perfil cromatográfico dos extratos hidroetanólicos da fruta canjiqueira (*B. cydoniifolia* A. Juss.).



Fonte: o autor (2023)

2.5 Organização e Análise estatística

O delineamento utilizado é inteiramente casualizado e a análise dos resultados foi realizada utilizando-se três repetições para cada análise/amostra. Os resultados estão expressos em base seca de 15% de umidade (g/100g). E foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

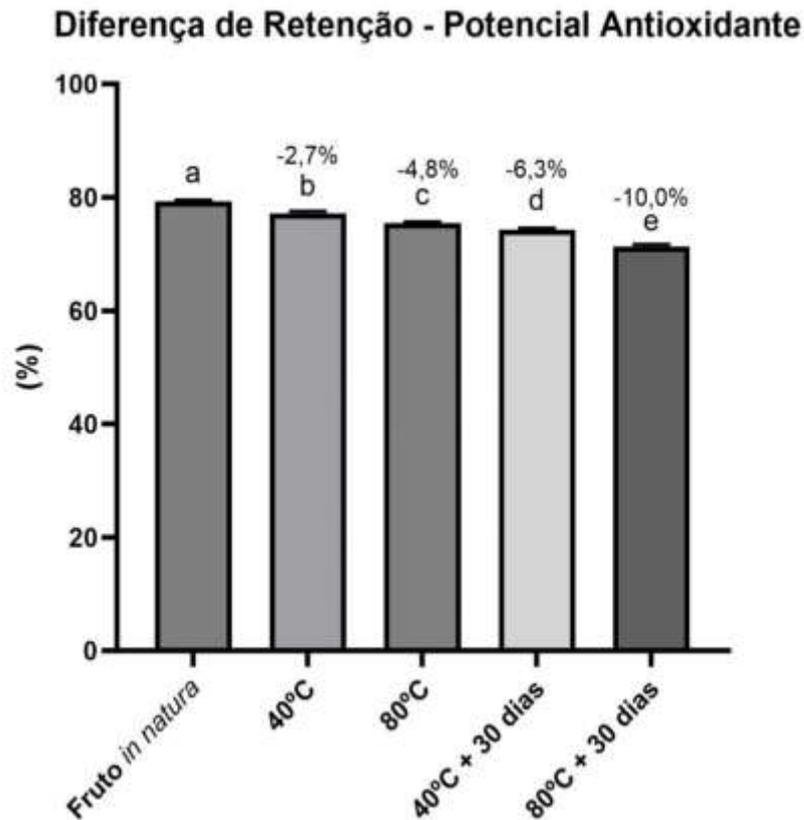
3. Resultados e Discussão

O fruto *in natura* da canjiqueira exibiu potencial antioxidante, com uma taxa de inibição de 79,33% do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil, concentração de compostos fenólicos 104,83 mg/g, taninos 44,23 mg/g e flavonoides com 31,43 mg/g, o que confere a ele a classificação de alimento funcional (Diaz *et al.*, 2020). Além disso, os resultados promissores do potencial antioxidante observados em todas as amostras desidratadas (Figura 3) destacam a desidratação em estufa como uma estratégia viável de conservação. Essa abordagem permite que o fruto da canjiqueira esteja disponível durante todo o ano, reduzindo as limitações associadas à sua perecibilidade e sazonalidade, o que por vezes dificulta a produção em larga escala.

Figura 3 - Gráfico comparando a diferença do potencial antioxidante nas diferentes amostras de Canjiqueira (*B. cydoniifolia* A. Juss.). Letras diferentes indicam diferença estatística.

Análise de variância unilateral seguida pelo pós-teste de Tukey. (ANOVA) $p < 0.05$.

Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira in natura; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias;



Fonte: o autor (2023)

Além da desidratação em estufa, outros métodos de secagem são aplicados na conservação de frutos nativos. A liofilização já foi empregada na desidratação de frutos popularmente utilizados na medicina tradicional pelas populações ribeirinhas, indígenas e pantaneiras. O araçá (*Psidium guineense* Swartz), baru (*Dipteryx alata* Vogel), guavira (*Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.) foram caracterizados quanto à atividade antioxidante após a desidratação por liofilização. Os pesquisadores verificaram que mesmo após a liofilização, as polpas dos frutos estudados apresentaram potencial antioxidante e, provavelmente, essas suas características bioativas podem diminuir os danos causados pelo estresse oxidativo (Araújo *et al.*, 2016).

O processo de desidratação demonstrou um impacto significativo em todos os parâmetros químicos avaliados em comparação com o fruto *in natura*, independentemente das condições de temperatura de secagem e armazenamento, conforme ilustrado na Tabela 1. No entanto, é notável que, considerando a relevância da desidratação na preservação da vida útil dos alimentos, o método apresenta importante capacidade de retenção dos principais compostos presentes nos frutos da canjiqueira.

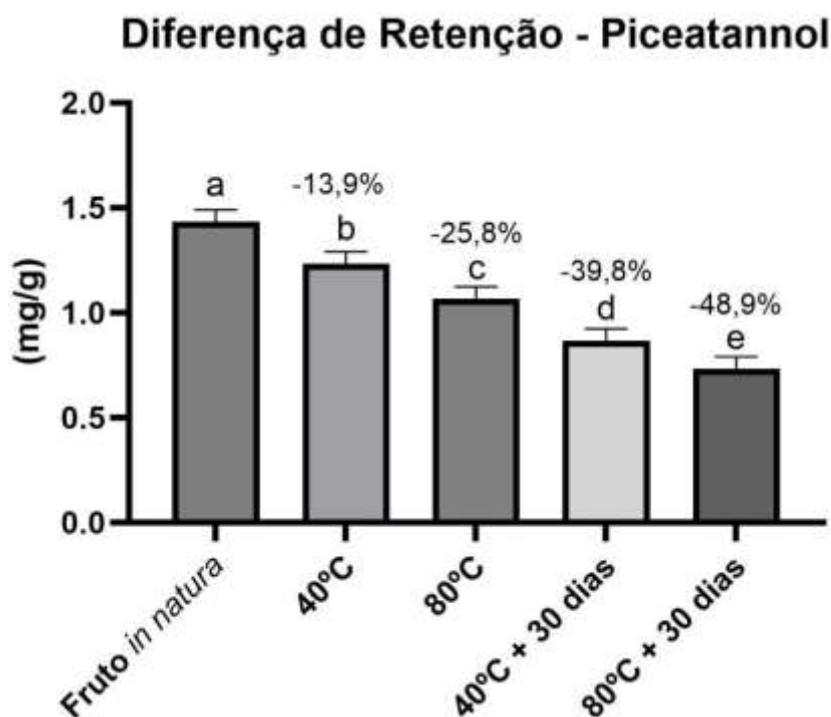
Tabela 1 - Compostos e atividade antioxidante presente nos frutos de canjiqueira *in natura* e desidratados (*B. cydoniifolia* A. Juss.). Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira *in natura*; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias. Os resultados estão expressos em base seca de 15% de umidade (g/100g).

Amostras	Potencial antioxidante [%]	Compostos fenólicos [mg/g]	Piceatannol [mg/g]	Taninos [mg/g]	Flavonoides [mg/g]
Fruto	79,33 ± 0,07 ^a	104,83 ± 0,7 ^a	1,43 ± 0,07 ^a	44,23 ± 0,17 ^a	31,43 ± 0,07 ^a
40°C	77,13 ± 0,37 ^b	100,40 ± 0,3 ^b	1,23 ± 0,07 ^b	42,23 ± 0,07 ^b	30,36 ± 0,14 ^b
80°C	75,50 ± 0,10 ^c	99,63 ± 0,07 ^c	1,06 ± 0,04 ^c	40,60 ± 0,4 ^c	29,06 ± 0,14 ^c
40°C + 30	74,93 ± 0,97 ^c	97,83 ± 0,07 ^d	0,86 ± 0,04 ^d	39,86 ± 0,04 ^d	27,86 ± 0,04 ^d
80°C + 30	71,33 ± 0,37 ^d	94,73 ± 0,27 ^e	0,73 ± 0,07 ^d	36,53 ± 0,17 ^e	25,53 ± 0,17 ^e

Fonte: o autor (2023).

A Figura 4 apresenta a análise da retenção de piceatannol em diferentes condições de secagem e armazenamento das amostras de frutas. Ao comparar os valores de piceatannol obtidos no fruto *in natura* (1,43 mg/g) com os desidratados, observa-se que ocorreram variações significativas na retenção do composto após as diferentes etapas. Nas amostras desidratadas a 80°C e armazenadas por 30 dias em temperatura ambiente, a retenção de piceatannol foi de 51,1% (0,73 mg/g). Isso significa que cerca de metade do piceatannol original foi mantido após esse processamento e armazenamento. Para as amostras desidratadas a 40°C e armazenadas por 30 dias em temperatura ambiente, a retenção foi um pouco maior, atingindo 60,2% (0,86 mg/g). Isso indica que o processo de desidratação a uma temperatura mais baixa e o armazenamento subsequente tiveram um efeito ligeiramente positivo na retenção do piceatannol.

Figura 4 - Gráfico comparando a diferença da retenção de piceatannol nas diferentes amostras de Canjiqueira (*B. cydoniifolia* A. Juss.). Letras diferentes indicam diferença estatística. Análise de variância unilateral seguida pelo pós-teste de Tukey. (ANOVA) $p < 0.05$. Legenda. Fruto: polpa de canjiqueira in natura; 80°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C; 80°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 80°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias; 40°C: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C; 40°C + 30: polpa de canjiqueira desidratada em temperatura de 40°C e armazenada em temperatura ambiente por 30 dias;



Fonte: o autor (2023).

Por outro lado, as amostras desidratadas a 80°C sem armazenamento exibiram uma retenção ainda maior, de 74,20% (1,06 mg/g). Isso sugere que a desidratação a uma temperatura mais alta, sem armazenamento prolongado, contribuiu para uma retenção mais eficaz do piceatannol. As amostras desidratadas a 40°C sem armazenamento apresentaram a maior retenção entre todas as condições analisadas, atingindo 86,01% (1,23 mg/g). É interessante notar que a concentração de piceatannol obtida nos frutos de canjiqueira *in natura* (1,43 mg/g) é maior do que as concentrações desse composto em outras espécies tidas como fontes de piceatannol, como a uva e o maracujá (Zomer *et al.*, 2022). Anteriormente, Arakaki *et al.* (2020) relataram uma concentração de 1,27 mg/g de piceatannol na semente da canjiqueira. Além disso, o estudo de Santos *et al.* (2017) encontrou uma concentração de 0,16 mg/g ao analisar apenas a polpa da canjiqueira.

Os resultados também reforçam a classificação do fruto da canjiqueira como alimento funcional, devido ao seu potencial antioxidante e presença de compostos envolvidos na

prevenção e promoção da saúde (Diaz *et al.*, 2020). À luz dos resultados obtidos, fica claro que o estudo de métodos de conservação, como a desidratação, desempenha um papel crucial na valorização e aproveitamento de espécies nativas da América do Sul. Essas abordagens não apenas contribuíram para a disponibilidade de alimentos nutritivos e saudáveis, mas também auxiliam na promoção da diversidade alimentar e na sustentabilidade dos recursos naturais (Benvenuti *et al.*, 2021).

4. Conclusão

Em conclusão, os resultados obtidos neste estudo destacam a importância da desidratação como método eficaz de conservação para preservar os compostos presentes na Canjiqueira. A análise dos parâmetros químicos revelou que, apesar das variações decorrentes do processo de desidratação, a técnica apresentou uma notável capacidade de retenção desses componentes. Ao examinarmos especificamente os compostos, observamos que o piceatannol, reconhecido por suas propriedades antioxidantes, manteve níveis significativos mesmo após o processo de desidratação. Por exemplo, a amostra desidratada a 40°C apresentou um teor de piceatannol de 1,23 mg/g, enquanto a amostra desidratada a 80°C registrou 1,06 mg/g. Esses resultados indicam a robustez da desidratação em preservar esse importante composto bioativo. Além do piceatannol, outros compostos, como taninos e flavonoides, também foram encontrados nas amostras desidratadas. Por exemplo, a amostra desidratada a 40°C exibiu teores de taninos e flavonoides de 42,23 mg/g e 30,36 mg/g, respectivamente. A amostra desidratada a 80°C apresentou valores de 40,60 mg/g e 29,06 mg/g para taninos e flavonoides, respectivamente.

Esses resultados reforçam a classificação do fruto da Canjiqueira como alimento funcional, destacando seu potencial antioxidante e a presença de diversos compostos associados à prevenção e promoção da saúde. À luz desses resultados, torna-se evidente que o estudo de métodos de conservação, como a desidratação, desempenha um papel crucial na valorização e aproveitamento de espécies nativas da América do Sul. Essas abordagens não apenas contribuem para a disponibilidade de alimentos nutritivos e saudáveis, mas também auxiliam na promoção da diversidade alimentar e na sustentabilidade dos recursos naturais.

Referências

Arai, D., Kataoka, R., Otsuka, S., Kawamura, M., Maruki-Uchida, H., Sai, M., & Nakao, Y. (2016). Piceatannol is superior to resveratrol in promoting neural stem cell differentiation into astrocytes. *Food & function*, 7(10), 4432-4441. DOI: <https://doi.org/10.1039/C6FO00685J>

Arakaki, D. G., Samúdio dos Santos, V., Melo, E. P. D., Pereira, H., Silva Figueiredo, P., Rodrigues Cortês, M., & Aragão do Nascimento, V. (2020). Canjiqueira Fruit: Are We Losing the Best of It?. *Foods*, 9(4), 521. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9040521>

Araujo, L. C. A., Rios, N. L., Boleti, A. P. A., & dos Santos, E. L. (2016). Profile of Antioxidant Activity of Fruits of the Savana Brazilian. *Free Radical Biology and Medicine*, 100, S95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.10.237>

Benvenuti, Laís; Zielinski, Acácio Antonio Ferreira; Ferreira, Sandra Regina Salvador. Jaboticaba (Myrtaceae cauliflora) fruit and its by-products: Alternative sources for new foods and functional components. *Trends in Food Science & Technology*, v. 112, p. 118-136, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.044>

Bortolotto, Ieda Maria; Damasceno-Junior, Geraldo Alves; Pott, Arnildo. Lista preliminar das plantas alimentícias nativas de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Lheringia* (Série Botânica), Porto Alegre, v. 73, suppl, p. 101-116, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-8231201873s101>

Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., Vos, R. 2008. Changes in antioxidant and metabolite profiles during the production of tomato paste. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,. 56(3), 964-973. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf072990e>

Choi, K. H., Kim, J. E., Song, N. R., Son, J. E., Hwang, M. K., Byun, S., & Lee, H. J. (2010). Phosphoinositide 3-kinase is a novel target of piceatannol for inhibiting PDGF-BB-induced proliferation and migration in human aortic smooth muscle cells. *Cardiovascular research*, 85(4), 836-844. DOI: <https://doi.org/10.1093/cvr/cvp359>

Díaz, Laura Domínguez; Fernández-Ruiz, Virgínia; Câmara, Montaña. Uma revisão regulatória internacional de alegações relacionadas à saúde alimentar na rotulagem de produtos alimentícios funcionais. *Revista de Alimentos Funcionais*, 68, p. 103896, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896>

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. 2006. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(1), 654–660. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028>

Ferrigni, N. R., McLaughlin, J. L., Powell, R. G., & Smith Jr, C. R. (1984). Use of potato disc and brine shrimp bioassays to detect activity and isolate piceatannol as the antileukemic principle from the seeds of *Euphorbia lagascae*. *Journal of Natural Products*, 47(2), 347-352. DOI: <https://doi.org/10.1021/np50032a019>

Hidalgo, P. S., Rita de Cássia, S. N., & Nunomura, S. M. (2016). Plantas oleaginosas amazônicas: Química e atividade antioxidante de patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.). *Revista Virtual de Química*, 8(1), 130-140. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160009>

Marcelino, G., Donadon, J. R., Caires, A. R., Michels, F. S., Oliveira, L. C., Cortes, M. R., & Guimarães, R. C. (2019). Characterization and oxidative stability of oils and bioactive compounds of the fruits of *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. at different ripening stages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(6), 2855-2864. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9498>

Prates, M. F. O., Campos, R. P., Silva, M. M. B. D., Macedo, M. L. R., Hiane, P. A., & Ramos Filho, M. M. (2015). Nutritional and antioxidant potential of canjiqueira fruits affected by maturity stage and thermal processing. *Ciência Rural*, 45, 399-404. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131272>

Sanchez, B. A. O., Celestino, S. M. C., de Abreu Gloria, M. B., Celestino, I. C., Lozada, M. I. O., Júnior, S. D. A. & de Oliveira, L. D. L. (2020). Pasteurization of passion fruit *Passiflora setacea* pulp to optimize bioactive compounds retention. *Food Chemistry: X*, 100084. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100084>

Santos, V. S., Nascimento, T. V., Felipe, J. L., Boaretto, A. G., Damasceno-Junior, G. A., Silva, D. B., & Carollo, C. A. (2017). Nutraceutical potential of *Byrsonima cydoniifolia* fruits based on chemical composition, anti-inflammatory, and antihyperalgesic activities. *Food chemistry*, 237, 240-246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.082>

Yan, L., Lu, L., Hu, F., Shetti, D., & Wei, K. (2019). Piceatannol attenuates RANKL-induced osteoclast differentiation and bone resorption by suppressing MAPK, NF- κ B and AKT signalling pathways and promotes Caspase3-mediated apoptosis of mature osteoclasts. *Royal Society open science*, 6(6), 190360. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.190360>

Pansera, M.R., Santos, A.C.A., Paese, K., Wasum, R., Rossato, M., Rota, L.D., Pauletti, G.F., Serafini, L.A. 2003. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 13(1), 17-22. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2003000100002>

Park, I. S., Han, Y., Jo, H., Lee, K. W., & Song, Y. S. (2021). Piceatannol Is Superior to Resveratrol at Suppressing Adipogenesis in Human Visceral Adipose-Derived Stem Cells. *Plants*, 10(2), 366. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020366>

Song, H., Jung, J. I., Cho, H. J., Her, S., Kwon, S. H., Yu, R., & Park, J. H. Y. (2015). Inhibition of tumor progression by oral piceatannol in mouse 4T1 mammary cancer is associated with decreased angiogenesis and macrophage infiltration. *The Journal of nutritional biochemistry*, 26(11), 1368-1378. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.07.005>

Ray, S., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R., Ray, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 76-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.009>

Van Noordwijk, M., Gitz, V., Minang, P. A., Dewi, S., Leimona, B., Duguma, L., Pingault, N., & Meybeck, A. (2020). People-centric nature-based land restoration through agroforestry: a typology. *Land (Basel)*, 9(8), 251. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/land9080251>

Zomer, Ana Paula Lourenção; Rodrigues, Carina Alexandra; Maldaner, Liane. Piceatannol: um estilbeno natural com um espectro amplo de atividades biológicas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e49211932221-e49211932221, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32221>

Wen, J., Lin, H., Zhao, M., Tao, L., Yang, Y., Xu, X., & Weng, D. (2018). Piceatannol attenuates D-GalN/LPS-induced hepatotoxicity in mice: Involvement of ER stress, inflammation and oxidative stress. *International immunopharmacology*, 64, 131-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.08.037>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam a eficiência da desidratação como método eficaz de conservação dos compostos presentes na canjiqueira. A análise dos parâmetros químicos, incluindo antioxidantes, compostos fenólicos, piceatannol, taninos e flavonoides, demonstrou a capacidade da técnica de reter esses componentes essenciais, mesmo diante das variáveis decorrentes do processo de desidratação. Esses achados corroboram a classificação do fruto da canjiqueira como alimento funcional, destacando seu potencial antioxidante e presença de compostos que promovem a saúde.

Além disso, o estudo enfatiza que a abordagem de métodos de conservação, como a desidratação, desempenha um papel fundamental na preservação das espécies nativas da América do Sul. Essas abordagens não apenas forneceram alimentos nutritivos e saudáveis, mas também criaram para a promoção da diversidade alimentar e da sustentabilidade dos recursos naturais, como o Pantanal.

No entanto, a pesquisa também revela a toxicidade das amostras da canjiqueira para *Allium cepa* e *Artemia salina*. Esse resultado alerta para a necessidade de avaliar cuidadosamente a toxicidade das amostras desidratadas, considerando a concentração elevada de compostos nos frutos desidratados. O uso de *A. cepa* e *Artemia salina* como organismos teste mostra-se eficaz, proporcionando uma abordagem sustentável e ética para avaliar a toxicidade.

A desidratação a 40°C por 24 horas se destacou na retenção de compostos, como o piceatannol. Isso é interessante, especialmente considerando populações tradicionais que podem ter acesso a estufas solares para alcançar essa temperatura.

No âmbito geral, o estudo destaca o incentivo do aproveitamento sustentável de espécies nativas, como a canjiqueira, não apenas para a promoção da saúde humana, mas também para a preservação do ecossistema e o fortalecimento da economia rural. À medida que foi avançado em pesquisas sobre métodos de conservação e aproveitamento de frutos nativos, é imperativo continuarmos a explorar abordagens que combinem diferentes tecnologias de conservação para melhoria da qualidade, manutenção e eficiência energética dos produtos, assim confiante para a diversificação e valorização da produção alimentar.

Durante as disciplinas cursadas no doutorado, fomos agraciados com excelentes parcerias que resultaram na publicação de 5 artigos, os certificados de publicação estão apresentados nos anexos 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

ANEXO 1 – BIONANOTECNOLOGIA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA A MEDICINA DE PRECISÃO



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 04, pp. 46141-46145, April, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.21609.04.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

BIONANOTECNOLOGIA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA A MEDICINA DE PRECISÃO

¹Gimenes C. R. Angela, ²Almeida A. Daniela, ³Oliveira S. Vinicius and ⁴Silva G. Josivaldo

¹Cirurgiã-Dentista. Doutoranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); ²Fisioterapeuta. Mestranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); ³Biomédico, docente no Centro Universitário UNIGRAN CAPITAL. Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); ⁴Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Docente no Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

ARTICLE INFO

Article History:

Received 24th January, 2021
 Received in revised form
 17th February, 2021
 Accepted 19th March, 2021
 Published online 22nd April, 2021

Key Words:

Nanotecnologia; Nanopartículas;
 Nanomedicina; Medicina de precisão.

*Corresponding author:

Gimenes C. R. Angela,

ABSTRACT

A bionanotecnologia é uma das mais recentes evoluções da Ciência com contribuições significativas para o campo da saúde, especialmente para a Medicina de Precisão, portanto esta revisão bibliográfica propõe-se destacar e discutir os principais achados científicos sobre a Bionanotecnologia aplicada à Medicina de Precisão. Para isto, neste artigo realizamos uma revisão bibliográfica nos sites: Literatura da América Latina e do Caribe em Ciências da Saúde, Scientific Electronic Library Online, PUBMED e Literatura Internacional em Ciências da Saúde, Periódicos CAPES e Google Acadêmico. Os principais resultados mostraram a evolução no diagnóstico e tratamento de variadas doenças como o câncer, patologias osteoarticulares, doenças cardiovasculares, doenças neurológicas, doenças pulmonares, fungos como *Cândida albicans*, vírus (como Zica, Ebola, Dengue e Sars-Cov2), com importantes avanços como tratamentos mais efetivos e menos invasivos. Estes resultados coincidem com o propósito da medicina de precisão, que reúne esforços para lapidar a prevenção, favorecendo o prognóstico.

Copyright © 2021, Gimenes C. R. Angela, Almeida A. Daniela, Oliveira S. Vinicius and Silva G. Josivaldo. This is an open access article distributed under the

ANEXO 2 – PROCESSAMENTO DE CUCURBITA MAXIMA: UMA ANÁLISE SOBRE O SEU RENDIMENTO

Brazilian Journal of Development

102891

Processamento de *Cucurbita maxima*: uma análise sobre seu rendimento

***Cucurbita maxima* processing: an analysis of its yield**

DOI:10.34117/bjdv6n12-690

Recebimento dos originais: 10/11/2020

Aceitação para publicação: 29/12/2020

Thais de Oliveira Anastácio

Biomédica. Mestranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Av. Senador Filinto Muller, S / N, Cidade Universitária, Campo Grande - MS
E-mail: thaisanastacio@hotmail.com

Vinicius Soares Oliveira

Biomédico. Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande - MS
E-mail: viniciusbiomed@hotmail.com

Janaina de Cássia Orlandi Sardi

Pós-Doutorado pela Faculdade de Odontologia de Piracicaba- UNICAMP, FOP-UNICAMP.
Professora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Laboratório de Purificação de Proteínas e suas Funções Biológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição - FAFAN, Caixa Postal 549, Brasil
E-mail: janaina.sardi@ufms.br

Jesus Rafael Rodriguez Amado

Pós-Doutorado pela Universidade Federal do Amazonas- UFAM. Professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Laboratório de Purificação de Proteínas e suas Funções Biológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição - FAFAN, Caixa Postal 549, Brasil
E-mail: jesus.rafael@ufms.br

Maria Lígia Rodrigues Macedo

Pós-Doutorado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, ESALQ/USP. Professora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Laboratório de Purificação de Proteínas e suas Funções Biológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição - FAFAN, Caixa Postal 549, Brasil
E-mail: bioplant@terra.com.br

ANEXO 3 – CUIDADOS DA MEDICINA DE PRECISÃO PARA O TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Brazilian Journal of Development

86222

Cuidados da medicina de precisão para o transtorno do espectro autista

Precision medicine care for autistic spectrum disorder

DOI:10.34117/bjdv6n11-154

Recebimento dos originais: 19/10/2020

Aceitação para publicação: 09/11/2020

Angela Cristina Rocha Gimenes

Cirurgiã-Dentista

Doutoranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Endereço: Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande - MS

E-mail: angelagimenes3@gmail.com

Daniela Araújo de Almeida

Fisioterapeuta

Mestranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Endereço: Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande - MS

E-mail: dani-3103@hotmail.com

Vinicius Soares Oliveira

Biomédico

Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Endereço: Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande - MS

E-mail: viniciusbiomed@hotmail.com

Josivaldo Godoy da Silva

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

Docente no Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Endereço: Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande - MS

E-mail: josivaldog@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo de revisão integrativa de literatura é investigar a medicina de precisão aplicada no diagnóstico, classificação da gravidade e tratamento do espectro autista. Para melhor discutir as publicações e materiais levantados no estudo, a presente pesquisa foi organizada em três unidades

ANEXO 4 – TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NA COMUNICAÇÃO DE PACIENTES COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA EM SERVIÇOS DE SAÚDE NO BRASIL

Brazilian Journal of Development

58079

**Tecnologias assistivas na comunicação de pacientes com deficiência auditiva em
serviços de saúde no Brasil**

**Assistive technologies in communicating patients with hearing disabilities in
health services in Brazil**

DOI:10.34117/bjdv6n8-281

Recebimento dos originais: 14/07/2020

Aceitação para publicação: 17/08/2020

Renato Sarmento dos Reis Moreno

Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande-MS
E-mail: renato.moreno@ufms.br

Nayla Cristina Santiago Silva

Doutoranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande-MS
E-mail: naylacristinass@hotmail.com

Vinicius Soares Oliveira

Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande-MS
E-mail: vinicius@hotmail.com

Josivaldo Godoy da Silva

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
(UNESP).
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste
Av. Senador Filinto Muller, S/N, Cidade Universitária, Campo Grande-MS
E-mail: josivaldog@gmail.com

ANEXO 5 – TECNOLOGIAS ASSISTIVAS: SALA DE RECURSOS MULTIFUNCAIONAIS NO ATENDIMENTO EDUCACIONAL ESPECIALIZADO

Vol.28,n.1,pp.05-11 (Jul - Set 2020)

Revista de Teorias e Práticas Educacionais - RTPE

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS: SALA DE RECURSOS MULTIFUNCAIONAIS NO ATENDIMENTO EDUCACIONAL ESPECIALIZADO

ASSISTIVE TECHNOLOGIES: MULTIFUNCTIONAL RESOURCE ROOM IN SPECIALIZED EDUCATIONAL SERVICE

RENATO SARMENTO DOS REIS MORENO^{1*}, NAYLA CRISTINA SANTIAGO SILVA², VINICIUS SOARES OLIVEIRA³, JOSIVALDO GODOY DA SILVA⁴

1. Enfermeiro assistencial no Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados HU-UFGD/EBSERH. Mestre em Ensino em Saúde pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); 2. Psicóloga da área de Assistência e Perícia da AGEPEM/MS. Mestre em Ciências do Comportamento pela Universidade de Brasília (UNB). Doutoranda em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); 3. Biomédico, docente no Centro Universitário UNIGRAN CAPITAL. Doutorando em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); 4. Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Docente no Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS);

*PPGSD- Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste. Av. Senador Filinto Muller, s/n, Cidade Universitária, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Brasil. CEP: 79070-900. renato.moreno@ufms.br

Recebido em 13/05/2020. Aceito para publicação em 24/06/2020

RESUMO

No âmbito da Política Nacional de Educação Especial o Atendimento Educacional Especializado (AEE) tem como finalidade identificar, elaborar e organizar recursos pedagógicos e de acessibilidade que oportunizem a estudantes com necessidades específicas participar de todas as atividades. Assim, a Tecnologia Assistiva (TA) torna-se salutar nas Salas de Recursos Multifuncionais (SRM) favorecendo a acessibilidade e possibilitando o desenvolvimento no processo de escolarização. O objetivo deste estudo foi discutir sobre o uso das TAs nas SRM contribuindo para o atendimento educacional especializado. Por meio de uma revisão integrativa de literatura obteve-se, como resultado, estudos que evidenciaram a aplicação da TA na SRM aprimorando o AEE. Alguns desses estudos recorrem à pesquisa-ação buscando solucionar, com as TAs, problemas vivenciados nas SRM. Conclui-se ressaltando o quanto a TA é fundamental na SRM para promover a acessibilidade, o desenvolvimento e a inclusão dos estudantes que necessitam do

the AEE, some of them, resort to action research, in the search to solve with AT, problems experienced in SRM. It concludes by emphasizing how fundamental AT is at SRM to promote accessibility, development and inclusion of students who need ESA.

KEYWORDS: Assistive technologies, specialized educational service, multifunctional resource room.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o atendimento aos estudantes com necessidades especiais, relacionadas ou não com as deficiências, sofreu grandes transformações, seja na relação desses grupos com a sociedade ou pela forma como o atendimento educacional tem sido construído.

No censo de 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹ aponta que 45,6 milhões de brasi-