

PERFIL VOLÁTIL DA FARINHA DAS FOLHAS DE VINAGREIRA (*Hibiscus sabdariffa* L.) CULTIVADAS NO CERRADO

VOLATILE PROFILE OF VINE LEAF FLOUR (*Hibiscus sabdariffa* L.) GROWN IN THE CERRADO

Resumo: A vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) integra a sociobiodiversidade alimentar do Cerrado, com uso culinário destacado no arroz de cuxá, contudo o perfil volátil de suas folhas permanece pouco descrito, limitando a compreensão de atributos sensoriais e oportunidades de agregação de valor em sistemas agroecológicos. Diante disso, este estudo tem como objetivo caracterizar a fração volátil de folhas de vinagreira cultivadas de forma orgânica no Cerrado. Os compostos voláteis foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, a identificação baseou-se na comparação com a biblioteca espectral do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (Estados Unidos), aceitando similaridade igual ou superior a 80%, com confirmação por índices de retenção quando aplicável; a semiquantificação foi realizada por áreas relativas dos picos. O cromatograma da farinha de folhas revelou predominância de hidroxiacetaldeído (46,52%), ácido acético (25,97%) e etanol (12,23%), além de Green Leaf Volatiles (GLVs) como 2-hexenal (3,37%) e hexanal (0,30%), terpeno d-limoneno (0,33%) e compostos furânicos, destacando-se 3-furaldeído (9,12%). Tais constituintes correlacionam-se a descritores picante/frutado (acetaldeído), vinagre/azedo (ácido acético), verde-herbáceo/frutado (hexanal; GLVs), cítrico (d-limoneno) e amêndoas/tostado (furaldeído), perfil aromático predominantemente verde com nuances frutadas e cítricas. As folhas cultivadas no Cerrado apresentam assinatura aromática dominada por GLVs, ácidos e aldeídos de baixo peso molecular, com contribuição cítrica e tostada, tecnicamente demonstrável por GC-MS. Esse perfil sustenta saberes culinários regionais e oferece base para inovação de produtos (temperos secos, infusões, marinadas), rastreabilidade e agregação de valor em cadeias curtas da sociobiodiversidade.

Palavras-chave: Sociobiodiversidade. PANC. Cerrado.

Abstract: Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is part of the food sociobiodiversity of the Brazilian Cerrado and is traditionally used in regional cuisine, particularly in the preparation of arroz de cuxá. However, the volatile profile of its leaves remains poorly described, limiting the understanding of sensory attributes and opportunities for value addition in agroecological systems. Therefore, this study aimed to characterize the volatile fraction of roselle leaves organically cultivated in the Cerrado. Volatile compounds were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). Compound identification was based on comparison with the National Institute of Standards and Technology (NIST, USA) spectral library, accepting similarity values equal to or higher than 80%, with confirmation by retention indices when applicable; semi-quantification was performed using relative peak areas. The chromatogram of roselle leaf flour revealed a predominance of hydroxyacetaldehyde (46.52%), acetic acid (25.97%), and ethanol (12.23%), in addition to Green Leaf Volatiles (GLVs) such as 2-hexenal (3.37%) and hexanal (0.30%), the terpene d-limonene (0.33%), and furanic compounds, notably 3-furaldehyde (9.12%). These constituents were associated with pungent/fruity (acetaldehyde), vinegar/sour (acetic acid), green-herbaceous/fruity (hexanal; GLVs), citrus (d-limonene), and

Maria Olivia dos S. Oliveira¹

Lúcio Belo²

Catarina F. M. L. Carvalinho³

Julião Pereira⁴

Glêndara Ap. de Souza Martins⁵

Eduardo Ramirez Asquieri⁶

1 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

2 Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia.

3 Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

4 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

5 Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

6 Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

almond/toasted (furaldehyde) sensory descriptors, resulting in a predominantly green aromatic profile with fruity and citrus nuances. Roselle leaves cultivated in the Cerrado exhibit an aromatic signature dominated by GLVs, low-molecular-weight acids and aldehydes, with citrus and toasted contributions, as demonstrated by GC-MS analysis. This profile supports regional culinary knowledge and provides a basis for product innovation (dry seasonings, infusions, marinades), traceability, and value addition in short sociobiodiversity supply chains.

Keywords: Sociobiodiversity. Non-conventional food plants (NCP). Cerrado.

INTRODUÇÃO

O aproveitamento de espécies vegetais subutilizadas tem ganhado maior visibilidade nas agendas globais de segurança alimentar, diversificação de dietas e valorização territorial, especialmente quando associado à agricultura familiar e a cadeias curtas de comercialização. Nesse contexto, as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) que compreendem espécies nativas, exóticas ou naturalizadas, bem como partes comestíveis de plantas que não integram, de forma sistemática, os sistemas alimentares convencionais ou as cadeias agroindustriais dominantes (Edo *et al.*, 2023). Elas representam uma diversidade botânica significativa e são conhecidas por diversos termos, como "alimentos da fome", "vegetais não convencionais" e "plantas para o futuro" (Bhansali, 2011).

O conceito de PANC visa reconhecer o potencial alimentício, nutricional e cultural dessas plantas, muitas vezes negligenciado pelos sistemas formais de produção e consumo (Talucder; Ruba; Robi, 2024). Os

autores Kinupp e Lorenzi (2014) propuseram o termo e ampliaram essa abordagem ao propor a inclusão não apenas de espécies pouco exploradas, mas também de partes comestíveis não usuais de plantas amplamente conhecidas, ressaltando sua relevância para a soberania alimentar, aproveitamento integral de vegetais e conservação da sociobiodiversidade.

Essas plantas, que incluem flores, sementes e folhas, têm despertado interesse científico e gastronômico devido ao seu potencial nutricional, funcional e sensorial, podendo ser consumidas in natura ou após preparo (Padilha *et al.*, 2020). Além disso, PANC são frequentemente encontradas em ambientes naturais, quintais produtivos e sistemas agrícolas de pequena escala, sendo uma alternativa de fonte de renda para agricultores familiares. Sua valorização e agregação de valor contribui para ampliar a diversidade alimentar, incrementar o aporte de nutrientes e compostos bioativos na dieta e promover sistemas alimentares mais sustentáveis, especialmente em países megadiversos como o Brasil (IDEC, 2021).

Dentre as PANCs, destaca-se o *Hibiscus sabdariffa* L., conhecido popularmente como hibisco, vinagreira, rosela, caruru-azedo, azedinha, caruru-da-guiné, azedada-guiné, quiabo-azedo, quiabo-róseo, quiabo-roxo, rosela, rosélia, groselha, quiabo-de-angola, groselheira. É uma espécie vegetal da família Malvaceae, e gênero *Hibiscus*, que inclui mais de 300 espécies de ervas, arbustos ou árvores anuais ou perenes (Wang et al., 2012). Embora seja mais conhecida e utilizada pelos cálices e flores, utilizados para o preparo de bebidas e produtos acidificados, as folhas também são consumidas como hortaliças em diferentes culturas, e no Brasil, são utilizadas para preparar o “arroz de cuxá”, prato tradicional e regional da região Norte.

Além de sua relevância cultural, *H. sabdariffa* apresenta reconhecido potencial bioativo e funcional. Do ponto de vista nutricional, as folhas apresentam baixo valor energético e elevado teor de fibras alimentares, além de minerais e micronutrientes, o que reforça seu papel como ingrediente funcional (Kumoye; Remi-Esan, 2024). Na medicina tradicional, seu uso está associado ao tratamento de diversas condições, como hipertensão, diabetes, distúrbios hepáticos e infecções bacterianas, aplicações que vêm sendo progressivamente investigadas e parcialmente validadas por estudos experimentais e clínicos (Onabanjo;

Airaodion, 2022; Montalvo-González et al., 2022).

Estudos com folhas relatam elevada concentração de compostos fenólicos, com destaque para ácidos clorogênicos e seus isômeros, bem como flavonoides derivados de quercetina e kaempferol, associados a atividades antioxidante, anti-inflamatória e moduladora do metabolismo glicídico (Edo et al., 2023; Nwosu et al., 2022). Evidências científicas recentes corroboram esses usos tradicionais, indicando propriedades antioxidantes, antidiabéticas, anti-hipertensivas, hipolipemiantes e potencial quimiopreventivo associados a extratos e frações das folhas (Nwosu et al., 2022; Hamrita et al., 2022; Kumar et al., 2021). Esses achados sustentam o interesse nutricional e tecnológico da matéria-prima vegetal e indicam que, para além da composição não volátil, a caracterização do perfil aromático das folhas e de seus derivados é fundamental para compreender sua aceitação sensorial e potencial de aplicação alimentar.

O aroma de ingredientes vegetais é fortemente determinado por compostos orgânicos voláteis (COVs), cuja composição e abundância relativa modulam descritores sensoriais como verde/herbáceo, cítrico, tostado e floral, com impacto direto na aceitação do consumidor e na adequação culinária (Ji et al., 2025, Pereira; Cândido; Miranda, 2025). Em matrizes vegetais,

parcela importante desse aroma decorre dos Green Leaf Volatiles (GLVs), um conjunto de voláteis C6 (como hexanal e (E)-2-hexenal) originados da via lipoxigenase/hidroperóxido-liase a partir de lipídios de membrana, frequentemente associados à percepção de frescor e notas de folhas recém-cortadas. Assim, estudos que descrevem o perfil volátil contribuem não apenas para “mapear” a assinatura aromática, mas também para interpretar rotas bioquímicas, estágios fisiológicos e efeitos de processamento.

Apesar do avanço do conhecimento sobre compostos fenólicos e sobre o aroma de derivados dos cálices, o perfil volátil específico das folhas de *H. sabdariffa*, particularmente na forma de farinha, permanece pouco explorado, sobretudo em contextos territoriais como o Cerrado, onde fatores edafoclimáticos e práticas agroecológicas podem influenciar a composição química e a qualidade sensorial. Diante dessa lacuna, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a fração volátil da farinha de folhas de vinagreira cultivadas organicamente no Cerrado, contribuindo para compreensão de descritores sensoriais, rastreabilidade e oportunidades de agregação de valor em produtos alimentícios e cadeias da sociobiodiversidade.

METODOLOGIA

As folhas da vingareira (*Hibiscus sabdariffa*) foram produzidas de forma orgânica, livre de agrotóxicos, em uma Associação dos Agricultores Familiares, localizada em Bela Vista de Goiás – GO, Brazil (Latitude: 16° 58' 22" S, Longitude: 48° 57' 12" W). Foram coletadas após o período normal de frutificação (Mês de julho, período seco), sanitizadas, desidratadas em estufa de ar forçado a 45 °C, moídas (20 mesh) e armazenadas a -18 °C.

As análises foram realizadas em um cromatógrafo gasoso (Shimadzu Nexis GC2030) acoplado ao espectrômetro de massas (Shimadzu QP2020 NX), equipado com uma coluna capilar (SH-Stabilwax-MS: 30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). As amostras foram previamente aquecidas via headspace a 80 °C por 30 min e uma quantidade de 2 g foi injetado no cromatógrafo.

O modo split foi utilizado com uma proporção 10:1 e 3 minutos de equilíbrio. A temperatura do forno foi inicialmente programada em 40 °C min⁻¹, mantida por 1 minuto. A temperatura foi aumentada em 5 °C/min até 160 °C, em seguida, foi aumentado em 10 °C min⁻¹ a 250 °C e mantido por 15 min. O tempo total de análise foi de 52 min. O hélio 5.0 foi usado como gás de arraste, com uma pressão de 45.1 kPa, uma taxa de fluxo de 0,94 mL min⁻¹ e uma velocidade linear de 35 cm s⁻¹. A temperatura do injetor, interface e fonte de íons foi mantida em 220 °C. O espectrômetro de massa operado no modo de

varredura registrou íons na faixa de 20 a 400 m/z com um tempo de varredura de 150 ms.

Os compostos foram considerados identificados quando o tempo de retenção correspondiam a pelo menos 80% dos disponíveis na biblioteca computadorizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) permitiu a identificação de 13 compostos voláteis na farinha de folhas de *Hibiscus sabdariffa* L. cultivadas no Cerrado (Figura 1), pertencentes principalmente às classes de aldeídos, álcoois, ácidos orgânicos, cetonas, terpenos e compostos furânicos (Tabela 1). Os compostos identificados apresentaram valores de similaridade superiores a 84%, evidenciando confiabilidade à identificação baseada na biblioteca NIST e nos tempos de retenção observados.

É possível observar predominância de aldeídos e álcoois de baixo peso molecular, com destaque para o hidroxiacetaldeído (46,52%), o etanol (12,23%) e o ácido acético (25,97%), os quais, em conjunto, contribuíram de forma expressiva para a fração volátil total. Esses compostos estão frequentemente associados a notas doces, fermentadas, ácidas e levemente tostadas, sendo comuns em matrizes vegetais submetidas a processos de secagem ou

desidratação (Belitz; Grosch; Schieberle, 2009; Lawless; Heymann, 2010). A elevada proporção de hidroxiacetaldeído (46,52%) sugere a ocorrência de reações relacionadas à degradação de carboidratos e compostos oxigenados naturalmente presentes nas folhas.

A presença relativamente elevada de etanol (12,23%) na fração volátil da farinha de folhas de *H. sabdariffa* pode ser explicada por uma combinação de processos metabólicos intrínsecos do tecido vegetal, características da matéria-prima e efeitos do método analítico empregado. Alguns vegetais produzem etanol endogenamente como resultado de rotas metabólicas associadas à glicólise e à fermentação anaeróbia localizada, especialmente em tecidos submetidos a estresses fisiológicos, como variações hídricas, senescência ou limitações temporárias de oxigênio, mesmo em condições pós-colheita consideradas normais (Ke et al., 1994; Pesis, 2005). Além disso, folhas ricas em carboidratos solúveis e outros precursores carbonílicos podem gerar etanol por reações enzimáticas ou não enzimáticas durante o processamento e a secagem, sem necessariamente indicar deterioração microbiológica do material vegetal (Belitz; Grosch; Schieberle, 2009).

Do ponto de vista analítico, a técnica de headspace estático favorece a volatilização e a concentração relativa de compostos de baixo peso molecular e alta pressão de vapor, como o etanol, especialmente quando

associada ao aquecimento da amostra. No presente estudo, o aquecimento a 80 °C por 30 minutos provavelmente intensificou a liberação desses compostos para a fase gasosa, aumentando sua detecção fenômeno descrito para matrizes vegetais analisadas por HS-GC-MS (Lawless; Heymann, 2010; Calín-Sánchez et al., 2020). Assim, a concentração de etanol observada deve ser interpretada como resultado da dinâmica metabólica da folha e condições de extração, e não como indicativo de fermentação indesejada, sendo compatível com estudos de volatilômica vegetal que empregam protocolos semelhantes.

A presença de Green Leaf Volatiles (GLVs), como hexanal (0,30%), 2-hexenal (3,37%) e 1-penten-3-ol (0,57%), indica a preservação de compostos derivados da via da lipoxigenase/ hidroperóxido-liase (LOX/HPL), após a ruptura controlada de membranas celulares ricas em ácidos graxos poli-insaturados. Tecidos foliares excessivamente danificados, oxidados ou submetidos a processamento severo, há redução significativa dos GLVs devido à degradação térmica, volatilização ou conversão para outros derivados oxilipínicos (Matsui; Engelberth, 2022; Matsui et al., 2012). Esses compostos são descritos como responsáveis por aromas verdes, herbáceos, de grama cortada e maçã verde, atributos sensoriais amplamente relacionados à percepção de frescor em folhas e hortaliças

(Kalua et al., 2007; Rodriguez-Bencomo et al., 2014). A manutenção desses GLVs após a secagem a 45 °C sugere que o processamento adotado foi suficientemente suave para minimizar perdas térmicas e oxidações.

O monoterpeneo d-limoneno (0,33%), embora presente em menor proporção, contribui com descritores cítricos e frescos, ampliando a complexidade aromática da farinha. Terpenos como o limoneno são amplamente relatados em matrizes vegetais aromáticas e exercem papel importante na aceitação sensorial, mesmo em baixas concentrações, devido ao seu baixo limiar de percepção (Elshafie; Camele, 2017). Sua presença pode estar relacionada tanto à composição intrínseca da espécie quanto às condições edafoclimáticas do Cerrado.

Ainda, foram identificados compostos furânicos, como 3-furaldeído (9,12%) e 3-furanometanol (0,19%), associados a aromas tostados, caramelizados e de amêndoas, geralmente formados a partir da degradação térmica de açúcares e reações de escurecimento não enzimático. Apesar da secagem em temperatura moderada, a detecção desses compostos indica que processos térmicos leves já são suficientes para gerar notas aromáticas secundárias, que podem enriquecer o perfil sensorial final da farinha (Martins et al., 2015; Feng et al., 2021).

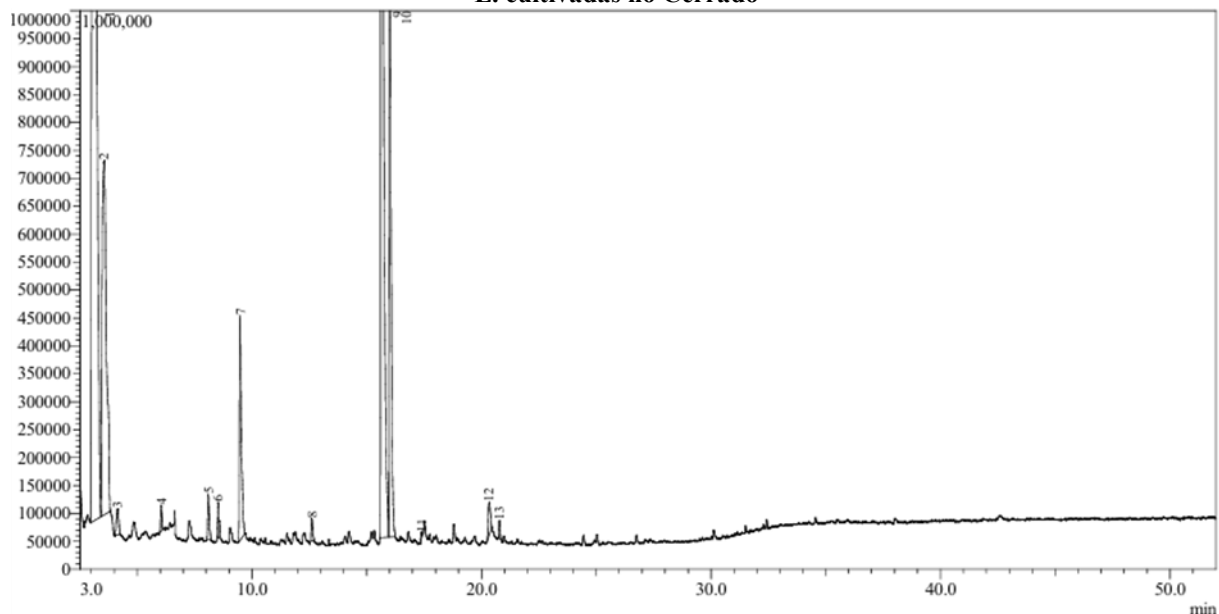
Os ácidos orgânicos, especialmente o ácido acético (25,97%) e o ácido fórmico

(0,06%), conferem notas ácidas e pungentes, compatíveis com o sabor tradicionalmente associado à vinagreira. Esses compostos reforçam a identidade sensorial da espécie e ajudam a explicar sua aplicação culinária em preparações que demandam acidez natural, como o arroz de cuxá, além de potenciais usos como tempero seco e ingrediente funcional.

No geral, o perfil volátil da farinha de folhas de vinagreira cultivadas no Cerrado caracteriza-se como predominantemente verde-herbáceo, com nuances cítricas, ácidas e tostadas, resultado da interação entre GLVs, aldeídos oxigenados, terpenos e compostos furânicos. Esse conjunto aromático pode direcionar e sustentar os saberes culinários tradicionais associados à espécie e demonstra potencial para inovação de produtos, agregação de valor e fortalecimento de cadeias curtas da sociobiodiversidade,

especialmente em sistemas agroecológicos e de agricultura familiar. Embora estudos já apresentem a composição fenólica, antioxidante e funcional, a caracterização da fração volátil fornece uma dimensão complementar da qualidade do alimento, relacionada à percepção sensorial e ao potencial de aceitação pelo consumidor. Uma vez, que os COVs modulam aroma e sabor, atuando como determinantes-chave da experiência sensorial global (Belitz; Grosch; Schieberle, 2009; Lawless; Heymann, 2010). Nesse sentido, a integração entre dados de composição volátil e não volátil amplia a compreensão do valor tecnológico e gastronômico das folhas de vinagreira.

Figura 1: Cromatograma obtido por GC-MS da fração volátil da farinha de folhas de *Hibiscus sabdariffa* L. cultivadas no Cerrado



Fonte: Autores.

Tabela 1. Compostos voláteis identificados e odor correspondente em farinhas de folhas *Hibiscus sabdariffa* L cultivadas no Cerrado

Pico	Compostos	Classe química	Odor/ Aroma	TR	Similaridade	Conteúdo relativo (%)
1	Hidroxiacetaldeído	Aldeído oxigenado	Doce, caramelizado, tostado leve	3,14	98	46,52
2	Etanol	Álcool	Alcoólico, fermentado, doce suave	3,57	98	12,23
3	Pentanal	Aldeído	Verde, oleoso, herbal	4,15	98	0,49
4	Hexanal	Aldeído (GLV)	Verde, grama cortada, herbáceo fresco	6,04	87	0,30
5	1-penten-3-ol	Álcool insaturado (GLV)	Verde, cogumelo, herbal	8,09	98	0,57
6	d-limoneno	Monoterpeno	Cítrico, laranja, fresco	8,52	84	0,33
7	2-hexenal	Aldeído insaturado (GLV)	Verde intenso, maçã verde, herbáceo	9,48	95	3,37
8	5-hepten-2-ona	Cetona	Frutado, cítrico, floral leve	12,60	94	0,30
9	Ácido acético	Ácido orgânico	Ácido, vinagre, pungente	15,63	96	25,97
10	3-furaldeído	Aldeído furânico	Amêndoas, tostado, caramelizado	16,01	96	9,12

11	Ácido fórmico	Ácido orgânico	Ácido forte, pungente	17,36	95	0,06
12	fenilacetaldéido	Aldeído aromático	Floral (mel, rosa), doce	20,34	98	0,58
13	3-furanometanol	Álcool furânico	Doce, caramelizado, tostado	20,78	97	0,19

Fonte: Acree e Arn (2004), Belitz, Grosch e Schieberle (2009), Lawless e Heymann (2010), Kalua *et al.* (2007), Rodriguez-Bencomo *et al.* (2014), Martins *et al.* (2015), Feng *et al.* (2021), Elshafie e Camele (2017) e Elshafie *et al.* (2020).

A Tabela 2 evidencia a ampla variabilidade nos perfis químicos reportados para *Hibiscus sabdariffa*, fortemente influenciada pela parte da planta analisada, forma de preparo da amostra e metodologia analítica empregada. Enquanto o presente estudo identificou 13 compostos voláteis majoritariamente associados a aldeídos, ácidos orgânicos e GLVs na farinha de folhas, estudos baseados em óleos essenciais, extratos etanólicos ou metabolômica untargeted reportam números significativamente maiores de compostos, incluindo terpenos, alcanos de cadeia longa e ácidos graxos (Amlashi *et al.*, 2020; Al-Aridhee *et al.*, 2019; Sobrinho *et al.*, 2022).

Um ponto relevante na interpretação do perfil volátil obtido refere-se à influência do método de extração e análise sobre a diversidade e natureza dos compostos identificados. Atualmente, GC-MS é uma das técnicas mais comumente utilizadas para detectar COVs em frutas e vegetais. (Bakir *et al.*, 2023). Ela combina a alta eficiência de separação da cromatografia gasosa com a capacidade de identificação precisa da espectrometria de massa, tornando-a

particularmente adequada para análise de amostras complexas. Técnicas baseadas em headspace, como a utilizada neste estudo, tendem a favorecer a detecção de compostos de baixo peso molecular e alta volatilidade, como aldeídos, álcoois e ácidos orgânicos, enquanto métodos como hidrodestilação ou extrações por solventes orgânicos frequentemente resultam na identificação de compostos menos voláteis, incluindo alcanos de cadeia longa, terpenos sesquiterpênicos e ácidos graxos (Calín-Sánchez *et al.*, 2020; Figueiredo *et al.*, 2008). Dessa forma, diferenças entre perfis voláteis reportados na literatura devem ser interpretadas à luz das abordagens metodológicas adotadas, evitando comparações diretas sem considerar esse viés analítico.

Esses COVs são sintetizados durante o metabolismo das plantas e são influenciados por vários fatores, incluindo genótipo, estágio de desenvolvimento, condições ambientais e tratamentos pós-colheita (Figueiredo *et al.*, 2008). A composição e concentração de COVs nas culturas de hortaliças são influenciadas por diversos fatores. Por exemplo, diferentes genótipos, estágios de

desenvolvimento, fatores ambientais e tratamentos pós-colheita podem impactar a composição e concentração dos voláteis das plantas (Collins *et al.*, 1994). Diante disso, perfis voláteis podem ser utilizados como ferramentas auxiliares de rastreabilidade, permitindo a diferenciação de produtos com base em origem geográfica, práticas agrícolas e métodos de processamento (Talucder *et al.*, 2024).

Vale ressaltar que a forma de farinha de folhas pode influenciar a liberação e a percepção dos compostos voláteis, uma vez que a redução do tamanho de partícula aumenta a área superficial e facilita a difusão dos voláteis para a fase gasosa durante a

análise por headspace. Assim, o perfil obtido reflete não apenas a composição intrínseca da folha, mas também sua forma tecnológica final, relevante para aplicações como temperos e infusões.

O conjunto de compostos voláteis identificado sugere um perfil aromático compatível com aplicações culinárias tradicionais e inovadoras, caracterizado por notas verdes, ácidas, cítricas e levemente tostadas. Esses atributos são coerentes com o uso das folhas de vinagreira em preparações como o arroz de cuxá e indicam potencial para utilização em misturas de temperos, caldos vegetais, infusões e marinadas, onde aromas frescos e ácidos são desejáveis.

Tabela 2. Compostos voláteis encontrados em *H. sabdariffa* em diferentes amostras e métodos de análise.

Espécie	Parte/amostra	Compostos-chave	Método	Referência
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Farinha das folhas	13 compostos: Hexanal, 2-hexenal, ácido acético	HS-GC-MS	Este estudo
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Óleo essencial de folhas e cálices do Irã	82 compostos: N-heneicosano, β -cariofileno, N-pentacosano, anetol e dihidroaromadendrena	Hidrodestilação + GC-MS, folhas e cálices analisados separadamente	Amlashi et al. (2020)
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Extrato etanólico de folhas (Nigéria)	9 compostos orgânicos no extrato de folha, incluindo ésteres de ácidos carboxílicos e ácidos graxos como n-hexadecanoico, oleico e octadecanoico	Refluxo em etanol + GC-MS	Okore et al. (2021)
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Folhas de <i>H. sabdariffa</i> entre espécies da família Malvaceae (Iraque)	40 compostos, incluindo fenóis, terpenos, alcanos, ésteres, esteroides e alguns alcaloides; ressaltado que Hibisco apresenta o maior número de fenólicos e 11 terpenos	Extrato de folhas de seis espécies (incluindo <i>H. sabdariffa</i>) por GC-MS	Al-Aridhee et al. (2019)
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Metabolômica GC-MS de folhas e talos	38 metabólitos identificados; embora o foco seja mais em fenólicos (p.ex. Ácido protocatechic) e ácidos orgânicos do que em voláteis clássicos, mostra o perfil de	Remoção de lipossolúveis, hidrólise ácida, derivatização + GC-MS (folhas e talo)	Sobrinho et al. (2022)

compostos relativamente
voláteis/semivoláteis em folhas

Fonte: Autores.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou de forma inédita a fração volátil da farinha de folhas de *Hibiscus sabdariffa* L. cultivadas organicamente no Cerrado, evidenciando um perfil aromático dominado por GLV, ácidos orgânicos e aldeídos de baixo peso molecular, associados a descritores verdes, ácidos, frutados e cítricos. A preservação de GLVs após a moagem e secagem a 45 °C indica que o processamento foi capaz de conservar compostos relacionados ao frescor e à qualidade sensorial, ao mesmo tempo em que promove a estabilidade do alimento.

Este trabalho contribui para o conhecimento químico e sensorial de uma PANC de importância cultural e territorial, oferecendo subsídios para inovação de produtos, rastreabilidade e agregação de valor em cadeias curtas da sociobiodiversidade do Cerrado.

REFERÊNCIAS

AMLASHI, H. A. *et al.* Volatile composition of the leaves and calyces essential oil of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from Iran. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 23, n. 4, p. 743-755, 2020.

AL-ARIDHEE, J. K.; AL-QURASHI, A. D.; AL-SHEHRI, M. A. Chemical characterization and biological activities of

Hibiscus sabdariffa extracts. **Journal of King Saud University – Science**, Riyadh, v. 31, n. 4, p. 899–906, 2019.

BAKIR, S., HALL, R. D., DE VOS, R. C., MUMM, R., KADAKAL, Ç., & CAPANOGLU, E. Effect of drying treatments on the global metabolome and health-related compounds in tomatoes. **Food Chemistry**, 403, 134123, 2023.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Food chemistry. 4. ed. Berlin: Springer, 2009.

BHANSALI, R. Forgotten foods and their role in food security and nutrition. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 10, n. 3, p. 445–451, 2011.

CALÍN-SÁNCHEZ, Á.; FIGIEL, A.; LECH, K.; SZUMNY, A.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A. Effects of drying methods on the composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 98, p. 14–27, 2020.

COLLINS, J. E., LEPP, N. W., SVOBODA, K. P., & DEANS, S. G. Changes in the volatile oil from *Monarda citriodora* var *citriodora* due to ontogeny. **Chromatography and Analysis**, 34, 5-7, 1994.

DA-COSTA-ROCHA, I.; BONNLAENDER, B.; SIEVERS, H.; PISCHEL, I.; HEINRICH, M. *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 165, p. 424–443, 2014.

DUDAREVA, N.; KLEMPIEN, A.; MUHLEMANN, J. K.; KAPLAN, I. Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic

compounds. **Plant Physiology**, Oxford, v. 162, n. 1, p. 189–205, 2013.

EDO, Great Iruoghene. Antibacterial, phytochemical and GC-MS analysis of *Thevetia peruviana* extracts: an approach in drug formulation. 2022.

ELSHAFIE, H. S.; CAMELE, I. An overview of the biological effects of some Mediterranean essential oils on human health. **BioMed Research International**, London, v. 2017, p. 9268468, 2017

ELSHAFIE, H. S.; ARMENTANO, M. F.; CARMOSINO, M.; BUFO, S. A.; DE FEO, V.; CAMELE, I. Cytotoxic activity of *Origanum* essential oils against cancer cell lines. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 7, p. 1606, 2020

FIGUEIREDO, A. C., BARROSO, J. G., PEDRO, L. G., & SCHEFFER, J. J. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance journal**, 23(4), 213-226, 2008.

FENG, Y.; CAI, Y.; FU, X.; ZHENG, L.; XIAO, Z. Formation and mitigation of furan and furan derivatives in thermally processed foods: A review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 352, p. 129266, 2021

HAMRITA, B.; CHAIEB, I.; TRABELSI, N.; AYADI, M. A. Protective effects of *Hibiscus sabdariffa* leaf extract on metabolic and cardiovascular disorders. **Journal of Food Biochemistry**, Hoboken, v. 46, n. 2, e14015, 2022.

IDEC – INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC): diversidade e sustentabilidade alimentar**. São Paulo: IDEC, 2021.

Ji, C. et al. The Science behind vegetable aromas: types, synthesis, and influencing factors of volatile compounds. **Plant**

Signaling & Behavior, v. 20, n. 1, p. 2527958, 2025.

KALUA, C. M. et al. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 273–286, 2007.

KE, D. et al. Regulation of fermentation metabolism in avocado fruit under oxygen and carbon dioxide stresses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 5, p. 989–994, 1994.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.

KUMAR, S.; DAS, G.; SHIN, H. S.; PATRA, J. K. *Hibiscus sabdariffa* leaves as a functional food: Phytochemistry and health benefits. **Journal of Food Biochemistry**, Hoboken, v. 45, n. 5, e13736, 2021.

KUMOYE, D. E.; REMI-ESAN, I. A. Análise comparativa dos constituintes fitoquímicos, composição próxima e valor energético dos extratos de folhas e pétalas de *Hibiscus sabdariffa* L. **Federal Polytechnic Ilaro Journal of Pure And Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 12-16, 2024.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and practices**. 2. ed. New York: Springer, 2010.

MARTINS, S. I. F. S.; JONGEN, W. M. F.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. A review of Maillard reaction in food and implications for aroma formation. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 113–125, 2015

MATSUI, Kenji et al. Differential metabolisms of green leaf volatiles in injured and intact parts of a wounded leaf meet distinct ecophysiological requirements. **PLoS one**, v. 7, n. 4, p. e36433, 2012.

- MATSUI, Kenji; ENGELBERTH, Jurgen. Green leaf volatiles—the forefront of plant responses against biotic attack. **Plant and Cell Physiology**, v. 63, n. 10, p. 1378-1390, 2022.
- MONTALVO-GONZÁLEZ, E. *et al.* Traditional uses and pharmacological potential of *Hibiscus sabdariffa* leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 289, p. 115004, 2022.
- NWOSU, F. O. *et al.* Bioactive compounds and health benefits of *Hibiscus sabdariffa* leaves. **Food Chemistry**, Oxford, v. 375, p. 131706, 2022.
- ONABANJO, K. S.; AIRAODION, A. I. Fortification of “Zobo” (*Hibiscus sabdariffa*) Drink with Pineapple and Watermelon enhances its Nutritional Qualities and Phytochemical Compositions. **Acta Scientific Nutritional Health**, v. 6, n. 7, p. 03–12, 2022.
- OKORE, V. C.; ODO, C. E.; OKOLI, C. O. Phytochemical composition of ethanol extracts of *Hibiscus sabdariffa* leaves. **Journal of Herbal Medicine**, Amsterdam, v. 28, p. 100447, 2021.
- PADILHA, M. R. F.; SILVA, S. M.; KINUPP, V. F. Plantas alimentícias não convencionais e sua inserção na alimentação contemporânea. **Revista Brasileira de Gastronomia**, v. 6, n. 1, p. 45–59, 2020.
- PESIS, E. The role of ethanol fermentation in fruit ripening and quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 1–19, 2005.
- PEREIRA, A. C.; CÂNDIDO, T. C.; MIRANDA, V. H. Sensores Eletroquímicos para Detecção de Doenças por Meio de Análise Respiratória de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs): uma Revisão Abrangente. **Revista Virtual de Química**, v. 17, n. 2, 2025.
- RODRÍGUEZ-BENCOMO, J. J. *et al.* Formation and evolution of green leaf volatiles during food processing. **Food Chemistry**, Oxford, v. 156, p. 373–382, 2014.
- SOBRINHO, Alessandra Carla Guimaraes et al. Untargeted GC-MS Metabolomics applied to wild leaves and callus produced by plant tissue culture of *Hibiscus sabdariffa* L. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 15, n. 9, p. 104103, 2022.
- TALUCDER, M. S. A.; RUBA, U. B.; ROBI, M. A. S. Potentiality of Neglected and Underutilized Species (NUS) as a future resilient food: A systematic review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 16, p. 101116, 2024.
- WANG, C. J. *et al.* Protective effect of *Hibiscus sabdariffa* extract against oxidative stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 8, p. 2719–2724, 2012.