



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOÍAS (UFG)  
ESCOLA DE AGRONOMIA (EA)  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS (PPGCTA)

DAIANE SOUSA PERES

**MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS  
DE DIFERENTES CULTIVARES DE PIMENTA,  
TRATADOS POR EXTRAÇÃO ASSISTIDA EM  
ULTRASSOM**

GOIÂNIA  
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

#### 2. Nome completo do autor

Daiane Sousa Peres

#### 3. Título do trabalho

MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE PIMENTA, TRATADOS POR EXTRAÇÃO ASSISTIDA EM ULTRASSOM.

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Daiane Sousa Peres, Discente**, em 30/01/2025, às 19:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Alves Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 06/02/2025, às 13:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5046152** e o código CRC **F5BE3217**.

---

DAIANE SOUSA PERES

**MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS  
DE DIFERENTES CULTIVARES DE PIMENTA,  
TRATADOS POR EXTRAÇÃO ASSISTIDA EM  
ULTRASSOM**

Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), como exigência para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Orientador:** Prof. Dr. Flávio Alves da Silva

**Co-orientadora:** Dr.<sup>a</sup> Lucimeire Pilon

GOIÂNIA  
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Peres, Daiane Sousa  
MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE  
DIFERENTES CULTIVARES DE PIMENTA, TRATADOS POR  
EXTRAÇÃO ASSISTIDA EM ULTRASSOM. [manuscrito] / Daiane  
Sousa Peres. - 2025.  
CXXXI, 131 f.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva; co-orientadora Dra.  
Lucimeire Pilon.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia  
de Alimentos, Goiânia, 2025.

Bibliografia. Anexos.

1. Capsicum chinense. 2. Capsicum frutescens. 3. Capsicum  
baccatum. 4. capsaicinoides. 5. compostos fenólicos. I. Silva, Flávio  
Alves da, orient. II. Título.

CDU 631/635



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

### ESCOLA DE AGRONOMIA

### ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº 212 da sessão de Defesa de Tese de **Daiane Sousa Peres** que confere o título de **Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, na área de concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aos dezessete dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro, a partir das oito horas via videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada “Microencapsulação de compostos bioativos de diferentes cultivares de pimenta, obtidos por extração em ultrassom, para incorporação em geleia de tomate.”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Doutor Flávio Alves da Silva (EA/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Doutor Julio Cesar Colivet Briceno (EA/UFG), membro titular interno; Doutora Bruna Melo Miranda (UFBA), membro titular externo, Doutora Alessandra Cristina Tomé (IF Goiano), membro titular externo e Doutora Priscila Alonso dos Santos (IF Goiano), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

#### TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

#### MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE PIMENTA, TRATADOS POR EXTRAÇÃO ASSISTIDA EM ULTRASSOM.



Documento assinado eletronicamente por **Bruna Melo Miranda, Usuário Externo**, em 31/01/2025, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Priscila Alonso dos Santos, Usuário Externo**, em 03/02/2025, às 17:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Cristina Tomé, Usuário Externo**, em 03/02/2025, às 22:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio Cesar Colivet Briceno, Usuário Externo**, em 04/02/2025, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Alves Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 05/02/2025, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5133721** e o código CRC **460CF891**.

---

Referência: Processo nº 23070.064204/2024-26

SEI nº 5133721

## FOLHA DE APROVAÇÃO

DAIANE SOUSA PERES

MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE PIMENTA, TRATADOS POR EXTRAÇÃO ASSISTIDA EM ULTRASSOM.

Tese apresentado à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Tese DEFENDIDA e APROVADA em 17. de dezembro de 2024, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Flávio Alves da Silva – Orientador  
Universidade Federal de Goiás

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Priscila Alonso dos Santos  
Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bruna Melo Miranda  
Universidade Federal da Bahia

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra Cristina Tomé  
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

---

Prof. Dr. Júlio Cesar Colivet Briceno  
Universidade Federal de Goiás

Goiânia  
2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus que está comigo em todos os momentos da minha vida sendo minha fortaleza, meu refúgio e proteção, que nos momentos mais difíceis me fortaleceu para que concluísse mais essa etapa. Obrigada por cuidar de todos os detalhes, por me amar, e sempre estar comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Paulo Antônio e Delma Peres que nunca mediram esforços para que pudesse vencer mais essa conquista, ao meu irmão Carlos Eduardo, minha cunhada Raiza, sempre ao meu lado me incentivando, encorajando, por mais que os obstáculos me desanimassem, eles sempre estão ao meu lado. Ao meu namorado Cleberly que chegou na fase crucial sempre entendendo, apoiando, e me ajudando nessa trajetória. E a toda a minha família. Muito obrigada. Amo vocês.

Agradeço aos meus orientadores Dr. Flávio Silva, Dr.<sup>a</sup> Lucimeire Pilon e a professora Dr.<sup>a</sup> Priscila Alonso pela confiança e orientação por todo esse período, no qual estiveram sempre disponíveis em me ajudar, pelo apoio e empatia nos momentos difíceis de insegurança, e ansiedade. Não tenho palavras para expressar minha admiração, gratidão e respeito. Muito obrigada.

Agradeço aos meus amigos e parceiros de jornada que foram essenciais nessa caminhada, deixando mais leve e feliz. Deusânio, Taís Aragão, Tainara L., Adrielle B., Alzira, Ricardo. E todos os meus amigos e colegas que estiveram comigo, me fortalecendo a cada momento. Muito Obrigada.

Agradeço a CAPES pela bolsa, UFG, EMBRAPA, IF Goiano, CRTI, pela estrutura física, apoio e ajuda na execução deste trabalho.

## RESUMO

A pungência das pimentas se deve à presença natural de um grupo de alcaloides fenólicos chamados capsaicinoides. O desenvolvimento de microcápsulas de capsaicinoides fornece uma abordagem muito próspera para a indústria, pois os capsaicinoides são os principais bioativos da pimenta. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi obter microcápsulas bioativas de extratos de diferentes cultivares de pimenta usando diferentes concentrações (0%, 0,1%, 0,3% e 0,5%), como possível aditivo natural avaliando os parâmetros de qualidade e capacidade antioxidante devido seus benefícios para a saúde. Primeiramente foram avaliadas a qualidade físico-química, compostos bioativos, voláteis das pimentas do gênero *Capsicum* sp. Maria Bonita, Dedo-de-Moça, Bode, Malagueta e Habanero, e capsaicinoides das cultivares Bode, Malagueta e Habanero. Mesmo pertencendo à mesma espécie a Maria Bonita, Bode e Habanero, apresentam diferenças em função da diversidade genética. A pimenta Malagueta obteve o menor valor de teor de água, conseqüentemente obteve maiores resultados nas demais avaliações. Os maiores teores de carotenoides e  $\beta$ -caroteno foram encontrados para Dedo-de-Moça, Bode e Habanero. As cultivares diferiram significativamente quanto aos teores de macrominerais, microminerais e capsaicinoides. As cultivares Bode, Malagueta e Habanero se destacaram apresentando maiores teores de compostos bioativos, sendo promissor em aplicações alimentícias. Os teores de capsaicinoides foram avaliados em extratos obtidos por ultrassom e extratos não ultrassonicados, com base nos resultados no tratamento na extração de maior teor de capsaicinoides, todas as análises subsequentes e o desenvolvimento das microcápsulas foram conduzidos exclusivamente com extratos processados por ultrassom. Avaliando o perfil de diferentes compostos fenólicos foram identificados o ácido protocatecuico, isômero do ácido p-cumárico, ácido ferúlico, rutina e naringenina nos três extratos de pimentas. As microcápsulas apresentaram diâmetro médio de 2.300  $\mu\text{m}$ , área de 4.150  $\mu\text{m}^2$  e peso de 10 mg. As microcápsulas de pimenta Malagueta e Bode 0,5% apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos, o que refletiu nas atividades antioxidantes. A eficiência de encapsulamento nas concentrações de 0,3% e 0,5% não diferiu entre si. Considerando os benefícios para a saúde humana, existe um campo de estudo promissor para as espécies de pimenta do gênero *Capsicum*, com inovação no uso dessa hortaliça, indicando potencial para diversas aplicações.

**Palavras-chave:** *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens*; *Capsicum baccatum*; capsaicinoides; compostos fenólicos.

## ABSTRACT

The pungency of peppers is due to the natural presence of a group of phenolic alkaloids called capsaicinoids. The development of capsaicinoid microcapsules provides a very prosperous approach for the industry, as capsaicinoids are the main bioactives in pepper. In this context, the objective of this study was to obtain bioactive microcapsules from extracts of different pepper cultivars using different concentrations (0%, 0.1%, 0.3% and 0.5%), as a possible natural additive evaluating quality parameters and antioxidant capacity due to its health benefits. Firstly, the physical-chemical quality, bioactive and volatile compounds of peppers of the genus *Capsicum* sp were evaluated. Maria Bonita, Dedo-de-Moça, Bode, Malagueta and Habanero, and capsaicinoids from the cultivars Bode, Malagueta and Habanero. Even though they belong to the same species as Maria Bonita, Bode and Habanero, they present differences due to genetic diversity. The Malagueta pepper obtained the lowest water content value, consequently obtaining higher results in the other evaluations. The highest levels of carotenoids and  $\beta$ -carotene were found for Dedo-de-Moça, Bode and Habanero. The cultivars differed significantly in terms of macromineral, micromineral and capsaicinoid content. The cultivars Bode, Malagueta and Habanero stood out, presenting higher levels of bioactive compounds, showing promise in food applications. Capsaicinoid contents were evaluated in extracts obtained by ultrasound and non-ultrasonicated extracts, based on the results of the treatment in the extraction of higher capsaicinoid content, all subsequent analyzes and the development of microcapsules were conducted exclusively with extracts processed by ultrasound. By evaluating the profile of different phenolic compounds, protocatechuic acid, isomer of p-coumaric acid, ferulic acid, rutin and naringenin were identified in the three pepper extracts. The microcapsules had an average diameter of 2,300  $\mu\text{m}$ , an area of 4,150  $\mu\text{m}^2$  and a weight of 10 mg. The 0.5% Malagueta and Goat pepper microcapsules presented the highest levels of phenolic compounds, which reflected in the antioxidant activities. The encapsulation efficiency at concentrations of 0.3% and 0.5% did not differ from each other. Considering the benefits for human health, there is a promising field of study for pepper species of the *Capsicum* genus, with innovation in the use of this vegetable, indicating potential for several applications.

Keywords: *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens*; *Capsicum baccatum*; capsaicinoids; phenolic compounds.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>2.1 Pimentas</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>2.1.1 Pimenta Maria Bonita</b> .....   | <b>19</b> |
| <b>2.1.2 Pimenta Dedo de Moça</b> .....   | <b>19</b> |
| <b>2.1.3 Pimenta Bode</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>2.1.4 Pimenta Malagueta</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>2.1.5 Pimenta Habanero</b> .....   | <b>21</b> |
| <b>2.2 Capsaicinoides</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>2.3 Compostos bioativos e extratos vegetais</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>2.4 Solvente</b> .....   | <b>24</b> |
| <b>2.5 Ultrassom</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>2.6 Encapsulação</b> .....   | <b>27</b> |
| <b>2.7 Alginato de sódio como material encapsulante</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>49</b> |
| <b>ARTIGO 1- Caracterização da qualidade pós-colheita, carotenoides, compostos bioativos, perfil de voláteis e capsaicinoides de diferentes grupos varietais de pimenta <i>Capsicum</i> sp.</b> ..... | <b>49</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>50</b> |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | <b>51</b> |
| <b>2.1 Dimensões e cor dos frutos</b> .....   | <b>51</b> |
| <b>2.2 Composição centesimal</b> .....  | <b>52</b> |
| <b>2.3 Sólidos solúveis, pH, acidez titulável e atividade de água</b> .....   | <b>52</b> |
| <b>2.4 Macro e microminerais</b> .....  | <b>52</b> |
| <b>2.5 Compostos bioativos</b> .....  | <b>53</b> |
| <b>2.5.1 Carotenoides e <math>\beta</math>-caroteno</b> .....   | <b>53</b> |
| <b>2.5.2 Vitamina C</b> .....   | <b>54</b> |
| <b>2.5.3 Compostos fenólicos totais e Atividade antioxidante</b> .....  | <b>54</b> |
| <b>2.6 Compostos voláteis por headspace (CG/MS)</b> .....   | <b>55</b> |
| <b>2.7 Capsaicinoides</b> .....   | <b>56</b> |
| <b>2.8 Análise estatística</b> .....  | <b>56</b> |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | <b>57</b> |

|  |     |
|--|-----|
| 3.1 Avaliação morfológica e colorimétrica dos frutos .....   | 57  |
| 3.2 Composição centesimal .....  | 59  |
| 3.3 Sólidos solúveis, pH e acidez titulável e atividade de água .....  | 61  |
| 3.4 Macro e microminerais .....  | 62  |
| 3.5 Compostos bioativos .....  | 65  |
| 3.6 Compostos voláteis (CG/MS).....  | 69  |
| 3.7 Capsaicinoides.....  | 72  |
| 4 CONCLUSÃO .....  | 74  |
| REFERÊNCIAS .....  | 75  |
| ANEXO A – Revista de publicação do artigo .....  | 94  |
| ARTIGO 2 – Extração assistida por ultrassom de compostos bioativos de pimentas do gênero <i>Capsicum</i> sp. para desenvolvimento de microcápsulas. .... | 95  |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 96  |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 97  |
| 2.2 Obtenção dos extratos de pimenta.....  | 98  |
| 2.2.1 Teor de capsaicinoides dos extratos tratados e não tratados .....  | 98  |
| 2.2.2 Cor dos extratos tratados por ultrassom .....  | 99  |
| 2.2.3 Perfil de fenólicos dos extratos .....   | 99  |
| 2.3 Preparação das microcápsulas .....   | 99  |
| 2.3.1 Caracterização física das microcápsulas .....  | 100 |
| 2.3.2 Compostos fenólicos e eficiência de encapsulamento .....   | 100 |
| 2.3.3 Atividade antioxidante das microcápsulas .....   | 101 |
| 2. Análise estatística.....  | 101 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 102 |
| 3.2 Cor dos extratos ultrassonicados .....   | 103 |
| 3.3 Perfil de fenólicos dos extratos tratados por ultrassom.....   | 104 |
| 4 CONCLUSÃO .....  | 110 |
| REFERÊNCIAS .....  | 111 |
| ANEXO B – Revista de publicação do artigo .....  | 130 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS.....  | 131 |

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

As pimentas são hortaliças amplamente produzidas e consumidas mundialmente. Nos últimos dez anos houve um aumento gradativo da produção mundial de pimentas e pimentões com 16,5% (FAOSTAT, 2023). Apenas no Brasil, em 2017, foi estimado uma produção anual de 28,3 mil toneladas (IBGE, 2023), sendo os principais produtores os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Sergipe (RIBEIRO et al., 2022). As pimentas representam um dos principais grupos de especiarias da culinária mundial, sendo utilizadas como temperos em diversos países (HEINRICH et al., 2015; MATTOS et al., 2008).

Os frutos de pimenta podem exibir uma diversidade de cores, abrangendo desde o verde, passando pelo amarelo e laranja, até o vermelho, correspondendo aos seus estádios de maturação (BAENAS et al., 2019). Além disso, os frutos apresentam variações em termos sensoriais, de doces a mais picantes, com ampla diversidade de formas e tamanho. Geralmente, as pimentas são consumidas frescas, como os pimentões, ou processadas para serem utilizadas como corantes e condimentos (BAENAS et al., 2019). Isso se deve às características de sabor, aroma, cor e pungência dos frutos, que originam de seus compostos bioativos únicos (CHAPA-OLIVER; MEJÍA-TENIENTE, 2016).

A pungência das pimentas se deve à presença natural de um grupo de alcaloides fenólicos chamados capsaicinoides (CASQUETE et al., 2021), sendo a capsaicina predominante, enquanto à cor avermelhada é conferida pelos carotenoides (TAN et al., 2021). Os compostos estimulantes de pungência dos frutos da pimenta foram descobertos pela primeira vez por Bucholz, em 1816 (GOVINDARAJAN; SALZER, 1986). Além de suas características sensoriais, como pungência, aroma e cor, as pimentas apresentam vitaminas C e E, carotenoides (provitamina A) e compostos fenólicos (BAENAS et al., 2019).

Os compostos bioativos são substâncias naturais presentes em pequenas quantidades na matriz alimentar que podem trazer atividade biológica (CAMPOLI et al., 2018). Nos últimos anos, a indústria de alimentos tem priorizado o desenvolvimento de produtos alimentícios com potenciais benefícios à saúde, notadamente por meio da incorporação de compostos bioativos, já que suas propriedades promotoras de saúde

impactam positivamente na prevenção de algumas doenças (YE et al., 2022). Somado a isso, esses compostos melhoram a qualidade sensorial do alimento (MENDES; GONÇALVES, 2020).

Os produtos derivados *Capsicum*, como os extratos purificados com frações enriquecidas em carotenoides e capsaicinas, vem sendo investigados em termos de cor, sabor, pungência e valor nutricional, como ingredientes potenciais para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (BAENAS et al., 2019).

A utilização de extratos naturais, obtidos por meio de tecnologias amigáveis ao meio ambiente, vem sendo estudados em diferentes campos de pesquisa (BHARGAVA et al., 2021; MENEGALI et al., 2020; SINGLA; SIT, 2021; WANI; UPPALURI, 2022; XU et al., 2021; YUSOFF et al., 2022). A qualidade dos extratos naturais, relacionada à composição e atividade biológica, está fortemente associada ao processo de extração, ao solvente utilizado, às características da matriz vegetal, ao seu estado de armazenamento e ao pré-tratamento aplicado (ANDRADE; PONCELET; FERREIRA, 2017).

Um produto pode ser desenvolvido a partir de métodos combinados, que visam um melhor resultado final. Na indústria de alimentos, a utilização da tecnologia de ultrassom pode ser aplicada para substituir e complementar outros métodos convencionais e processamento. O ultrassom pode ser empregado por exposição direta nos produtos em desenvolvimento usando um sonotrodo ou indireta usando um banho ultrassônico (BHARGAVA et al., 2021).

O ultrassom é uma tecnologia sustentável, segura e não tóxica, que otimiza processos na indústria de alimentos (BHARGAVA et al., 2021). Além disso, reduz a perda de nutrientes, garante melhor transferência de massa, aumenta vida útil e apresenta baixo custo operacional (MINJ; APARNA SUDHAKARAN; KUMARI, 2020).

Outra tecnologia utilizada para preservar a integridade de nutrientes e compostos bioativos contra a degradação é o encapsulamento em biopolímeros (ANDRADE; PONCELET; FERREIRA, 2017). Esta tecnologia vem sendo usada nas indústrias alimentícios (DALLABONA et al., 2020; KESKIN; KESKIN; KOLAYLI, 2019; MA et al., 2021; RAI; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016), farmacêutica (GUNAWAN; BOONKANOKWONG, 2024; SU et al., 2021; YANG et al., 2023) e na medicina (CHEN et al., 2023; LEI et al., 2021; PASUKAMONSET; KWON; ADISAKWATTANA, 2016; WU et al., 2022).

A microencapsulação gera um envoltório para um composto específico, que retarda a deterioração e a perda do composto, oculta quaisquer características organolépticas indesejadas, proporciona estabilidade e permite a liberação controlada em um local específico (PACHECO et al., 2018).

O desenvolvimento de micropartículas capsaicinoides pode fornecer uma abordagem muito próspera para a indústria, pois a capsaicina é principal ingrediente bioativo da pimenta (LU et al., 2020; MENDES; GONÇALVES, 2020), com potentes efeitos antioxidantes *in vivo* (CHAUDHARY; GOUR; RIZVI, 2019), efeito sugestivo na prevenção do câncer (CHAPA-OLIVER; MEJÍA-TENIENTE, 2016; MERRITT et al., 2022; ZHANG et al., 2019), e efeitos na patogênese do carcinoma hepatocelular (SCHEAU et al., 2019), efeitos benéficos e mecanismos gastrointestinais (XIANG et al., 2021a), efeito positivo na saúde da pele (BASHARAT et al., 2021), efeito de proteção do cérebro isquêmico de parada cardíaca (WEN et al., 2022), efeito na liberação controlada com irritação reduzida e bioacessibilidade aprimorada (WU et al., 2022), efeito no tratamento da dor crônica (ARORA; CAMPBELL; CHUNG, 2021).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi obter microcápsulas bioativas de extratos de diferentes cultivares de pimenta. Esses extratos foram obtidos pela técnica de extração assistida por ultrassom, e microencapsulados usando diferentes concentrações (0%, 0,1%, 0,3% e 0,5%) de extrato, como possível aditivo natural avaliado os parâmetros de qualidade e capacidade antioxidante devido seus benefícios para a saúde.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pimentas

As pimentas são hortaliças amplamente produzidas e consumidas mundialmente (FAOSTAT, 2023; IBGE, 2023). Os seus frutos podem exibir uma diversidade de cores, abrangendo desde o verde, passando pelo amarelo e laranja, até o vermelho, correspondendo aos seus estádios de maturação (BAENAS et al., 2019). Além disso, os frutos apresentam variações em termos sensoriais, de doces às mais picantes, com ampla diversidade de formas e tamanho. Geralmente, as pimentas são consumidas frescas ou processadas para serem utilizadas como corantes (páprica) e condimentos, como tempero em pó, flocos e molhos (caiena, calabresa e malagueta) (BAENAS et al., 2019). Isso se deve às características de sabor, aroma, cor e pungência dos frutos, que originam de seus compostos bioativos únicos (CHAPA-OLIVER; MEJÍA-TENIENTE, 2016).

As propriedades bioativas de frutos do gênero *Capsicum* são atribuídas à sua composição fotoquímica (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016). A pungência dos frutos se deve à presença natural de um grupo de alcaloides fenólicos chamados capsaicinoides (CASQUETE et al., 2021), sendo a capsaicina predominante (TAN et al., 2021). Além de suas características sensoriais de pungência, aroma e cor, as pimentas apresentam vitaminas C e E, carotenoides (provitamina A) e compostos fenólicos (BAENAS et al., 2019).

Os capsaicinoides foram descobertos pela primeira vez por Bucholz, em 1816 (GOVINDARAJAN; SALZER, 1986). A pungência era usualmente avaliada de forma sensorial; atualmente, esta é determinada por cromatografia líquida de alta eficiência (KUMAR; KUMAR; SINGH, 2006). Geralmente, é expressa em unidades de calor de Scoville (SHU).

O mercado da pimenta é diversificado, uma vez que abrange desde temperos alimentares até produtos de defesa pessoal e medicinais (BAHLS et al., 2021; (MENDES; GONÇALVES, 2020). Os frutos apresentam propriedades antioxidantes que podem prevenir doenças relacionadas aos estresses oxidativos ocasionados pelos radicais livres, como as doenças cardiovasculares e inflamatórias (BAHLS et al., 2021).

O Brasil é um grande centro de diversidade genética do gênero *Capsicum*. Essa hortaliça está difundida em todas as regiões do Brasil, sendo os principais estados

produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Sergipe (RIBEIRO et al., 2022).

### 2.1.1 Pimenta Maria Bonita

A pimenta Maria Bonita (*Capsicum chinense*) (Figura 1) foi desenvolvida pela Universidade Federal de São Carlos surgindo a partir do cruzamento de uma pimenta oriunda da Amazônia com a pimenta Biquinho, lançada no mercado nacional em 2020 (SALA et al., 2020). Os seus frutos apresentam alta produtividade, uniformidade, coloração vermelha intensa e brilho, sabor mais adocicado e leve pungência.

É uma planta híbrida, resistente a determinadas pragas e possui alta qualidade dos frutos. O plantio desta cultivar deve ser preferencialmente em lugares quentes, com alta disponibilidade de água e nutrientes. Minas Gerais, Goiás e São Paulo estão entre os estados brasileiros que merecem destaque de principais produtores (SALA et al., 2020).



**Figura 1.** Pimenta Maria Bonita.  
**Fonte:** Acervo pessoal.

### 2.1.2 Pimenta Dedo de Moça

A pimenta dedo de moça (*Capsicum baccatum*) (Figura 2) é uma das pimentas mais consumidas no Brasil, com destaque nas regiões Sul e Sudeste. Essa pimenta é também conhecida como calabresa, onde é muito usada no cotidiano desidratada na forma de flocos, no preparo de molhos e até produção de geleias (CARVALHO et al., 2006; RIBEIRO; CARVALHO; LANA, 2021).

Seus frutos são longos, de coloração verde, amarela ou vermelhos quando maduros, medindo cerca de 7 cm de comprimento por 1 cm a 1,5 cm de largura (RIBEIRO et al., 2020). A pimenta dedo de moça é uma pimenta de ardor baixo a médio enquanto que seu aroma é baixo (RIBEIRO; CARVALHO; LANA, 2021; RIBEIRO et al., 2020).



**Figura 2.** Pimenta Dedo de Moça.  
**Fonte:** Acervo pessoal.

### 2.1.3 Pimenta Bode

A pimenta Bode (*Capsicum chinense*) (Figura 3) é a mais popular na Região Centro-Oeste sendo muito apreciada no Estado de Goiás. Seus frutos são arredondados, medindo cerca de 1 cm de comprimento por 1 cm de largura (CARVALHO et al., 2006). Apresenta frutos desde verdes, amarelos ou vermelhos quando atingem a maturação, com pungência elevada e aroma forte (RIBEIRO et al., 2020).

Seus frutos são comercializados em diferentes pontos de maturação. É consumida fresca como tempero na culinária ou utilizados principalmente em conservas e molhos (CARVALHO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2020).



**Figura 3.** Pimenta Bode.  
**Fonte:** Acervo pessoal.

### 2.1.4 Pimenta Malagueta

A pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*) (Figura 4) apresenta frutos levemente alongados e eretos. Sua denominação varia de acordo com o seu tamanho sendo malagueta, malagueta ou malagueta, com variações de 1,5 cm a 3,5 cm de comprimento por 0,3 cm a 0,5 cm de largura. Os frutos são verdes quando imaturos e

vermelhos quando maduros, pouco aromáticos, com pungência alta (RIBEIRO et al., 2020).

A pimenta Malagueta é amplamente utilizada como ingrediente alimentar para fornecer cores, texturas e sabores desejáveis aos alimentos (WU et al., 2022). Seus frutos são destinados tanto para o mercado *in natura* na culinária, como para o processamento como molhos líquidos e conservas (CARVALHO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2020).



**Figura 4.** Pimenta Malagueta.

Fonte: Acervo pessoal.

### 2.1.5 Pimenta Habanero

A pimenta Habanero (*Capsicum chinense*) (Figura 5) é originária da península do Yucatã, entre o México e Belize, onde é conhecida como "Scotch Bonet" (CARVALHO et al., 2006). Os frutos são pendentes, de formato campanulado ou retangular e podem apresentar uma pequena ponta na extremidade.

Apresenta coloração verde quando imaturos, e quando completamente maduros apresenta cor vermelha. As pimentas Habanero têm o tamanho do fruto que varia de 4,0 cm a 5,5 cm de comprimento por 2,5 cm a 3,5 cm de largura, e já foram consideradas as mais picantes do mundo (RIBEIRO et al., 2020).



**Figura 5.** Pimenta Habanero.

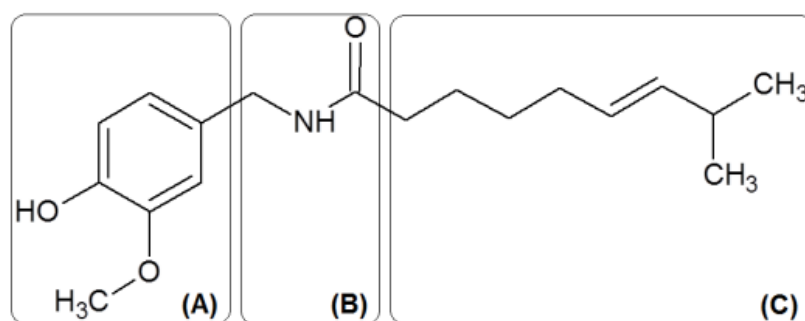
Fonte: Acervo pessoal.

## 2.2 Capsaicinoides

Os capsaicinoides são os principais constituintes ativos responsáveis pelo sabor picante das pimentas (BAHLS et al., 2021). Esses compostos são produzidos exclusivamente no fruto dos membros do gênero *Capsicum* (CURRY et al., 1999). Os capsaicinoides primários, capsaicina, dihidrocapsaicina e nordihidrocapsaicina, são produzidos exclusivamente nas células epidérmicas da placenta do fruto. Os principais representantes deste grupo de metabólitos secundários são a capsaicina e a dihidrocapsaicina com cerca de 80% a 90% (MENDES; GONÇALVES, 2020). Além desses compostos mais abundantes, há evidências de outros capsaicinoides menos comuns em menor abundância, como a nordihidrocapsaicina, homodihidrocapsaicina, homocapsaicina, norcapsaicina e nornorcapsaicina (BAENAS et al., 2019; CHAPA-OLIVER; MEJÍA-TENIENTE, 2016).

Entre todos os capsaicinoides, a capsaicina é o mais estudado em investigações experimentais e clínicas, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de novos medicamentos devido às suas propriedades benéficas (MENDES; GONÇALVES, 2020). O princípio pungente da capsaicina recebeu esta denominação pela primeira vez por John Clought Tresh (ADASZEK et al., 2019; NELSON, 1919). Sua estrutura molecular foi determinada por Nelson e Dawson (NELSON; DAWSON, 1923).

A Figura 6 apresenta a estrutura química da capsaicina (trans-8-metil-N-vanilil-6-nonenamida) dividida em três regiões de acordo com seus grupos funcionais: (A) que corresponde à função fenólica, (B) a porção amida e (C) que representa a cadeia lateral hidrofóbica. A função antioxidante está indicada pela porção A, a característica de pungência pela porção B e a interação com os receptores vaniloides pela porção C (REYES-ESCOGIDO; GONZALEZ-MONDRAGON; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, 2011).



**Figura 6.** Estrutura química da capsaicina.

**Fonte:** REYES-ESCOGIDO; GONZALEZ-MONDRAGON; VAZQUEZ-TZOMPANTZI (2011).

A capsaicina apresenta efeitos benéficos à saúde pois é principal ingrediente bioativo da pimenta (LU et al., 2020; MENDES; GONÇALVES, 2020), com potentes efeitos antioxidantes *in vivo* (CHAUDHARY; GOUR; RIZVI, 2019), efeito sugestivo na prevenção do câncer (CHAPA-OLIVER; MEJÍA-TENIENTE, 2016; MERRITT et al., 2022; ZHANG et al., 2019), efeitos na patogênese do carcinoma hepatocelular (SCHEAU et al., 2019), efeitos benéficos e mecanismos gastrointestinais (XIANG et al., 2021a), efeito positivo na saúde da pele (BASHARAT et al., 2021), efeito de proteção do cérebro isquêmico de parada cardíaca (WEN et al., 2022), efeito na liberação controlada com irritação reduzida e bioacessibilidade aprimorada (WU et al., 2022), efeito no tratamento da dor crônica (ARORA; CAMPBELL; CHUNG, 2021), com efeitos na inibição de formação de gordura e a oxidação lipídica, regulando à saciedade do hipotálamo e suprimindo o apetite (WU et al., 2022).

A pungência na culinária é reverenciada por clientes em todo o mundo e está até se tornando um componente fundamental no sabor dos alimentos no qual as pessoas consomem pimenta para buscar sua experiência de sabor única (ZHU et al., 2023).

### 2.3 Compostos bioativos e extratos vegetais

Os compostos bioativos são substâncias derivadas do metabolismo secundário dos vegetais. São substâncias naturais presentes em pequenas quantidades na matriz alimentar que podem trazer atividade biológica (CAMPOLI et al., 2018). O valor medicinal de muitas plantas é atribuído aos seus compostos bioativos (EDO et al., 2023). Esses compostos incluem antioxidantes, vitaminas, minerais, probióticos, peptídeos, lipídios e ácidos graxos (RAIO; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016). Nos últimos anos, a indústria de alimentos tem priorizado o desenvolvimento de alimentos com potenciais

benefícios à saúde, notadamente por meio da incorporação de compostos bioativos (SIDDIQUI et al., 2023).

Os compostos bioativos das espécies de pimentas são conhecidos por suas propriedades cardioprotetoras, antiobesidade, analgésicas, neurológicas, dietéticas, farmacológicas e atividade antibiótica significativa (MENDES; GONÇALVES, 2020). A grande diversidade biológica existente no Brasil pode ser explorada para produzir extratos de frutas e hortaliças (MEREGALLI et al., 2020). As propriedades biológicas dos extratos vegetais correspondem aos metabólitos, tais como os compostos fenólicos, flavonoides e glucosinolatos (RAFIŃSKA et al., 2019). Devido à ampla aplicação e propriedades benéficas, os extratos vegetais, ricos em compostos bioativos, tornaram-se ingredientes comerciais nas indústrias de alimentos (YUSOFF et al., 2022). A extração de compostos bioativos é realizada por meio do uso de solvente na remoção da estrutura celular (MEREGALLI et al., 2020; YUSOFF et al., 2022).

O extrato vegetal vem sendo utilizado por indústrias de processamento, tais como suplementos à base de ervas, chá funcional, emulsificante, aromatizante e corante alimentar (YUSOFF et al., 2022). Os extratos obtidos de espécies aromáticas são produtos naturais que contêm uma mistura de fitoquímicos com atividades antioxidante e antimicrobiana (VELÁZQUEZ SILVA; ROBLES YERENA; BARRERA NECHA, 2021; XIANG et al., 2021), prolongando a vida útil dos produtos e tornando-se uma alternativa às substâncias químicas (TRAN et al., 2023).

A qualidade dos extratos naturais, relacionada à composição e atividade biológica, está fortemente associada ao processo de extração, ao solvente utilizado, às características da matriz vegetal, ao seu estado de armazenamento e ao pré-tratamento aplicado (ANDRADE; PONCELET; FERREIRA, 2017). A extração de compostos bioativos pode ser categorizada em técnicas convencionais e não convencionais. A extração convencional, como o Soxhlet, pode causar a degradação de compostos termos sensíveis, pelo uso de alta temperatura e período longo de extração (YUSOFF et al., 2022). O método de extração por ultrassom é considerado uma técnica não convencional (BAENAS et al., 2019).

## **2.4 Solvente**

Existem muitas técnicas para extrair compostos biologicamente ativos de plantas, diferenciando-se pelos solventes utilizados para extração (RAFIŃSKA et al., 2019). O

material vegetal é uma matriz muito complexa, com variações na estrutura dos metabólitos vegetais, substâncias com solubilidade em solventes com uma ampla gama de polaridades (KRAKOWSKA-SIEPRAWKA et al., 2022; SIDDIQUI et al., 2023).

Muitos compostos bioativos, tais como vitaminas insolúveis, fenólicos, carotenoides, óleos essenciais e ácidos graxos vitais, tendem a ser hidrofóbicos e pouco solúveis (SIDDIQUI et al., 2023). Espera-se que os métodos de preparação modifiquem as partículas do material vegetal de tal forma que contribuam para a liberação desses compostos fracamente ligados aos polímeros da parede celular para melhor extração (KRAKOWSKA-SIEPRAWKA et al., 2022).

As técnicas modernas de extração envolvem o uso de solventes não tóxicos ou pouco tóxicos, denominados solventes verdes devido a sua não toxicidade (RAFIŃSKA et al., 2019). PRAT et al., (2016) selecionaram solventes e os classificaram em quatro categorias: recomendado, problemático, perigoso e altamente perigoso, tendo como base um conjunto de critérios como segurança, saúde e meio ambiente, sendo a água e o etanol os solventes mais recomendados (Figura 8).

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Recommended                 | Water, EtOH, <i>i</i> -PrOH, <i>n</i> -BuOH, EtOAc, <i>i</i> -PrOAc, <i>n</i> -BuOAc, anisole, sulfolane.                 |
| Recommended or problematic? | MeOH, <i>t</i> -BuOH, benzyl alcohol, ethylene glycol, acetone, MEK, MIBK, cyclohexanone, MeOAc, AcOH, Ac <sub>2</sub> O. |
| Problematic                 | Me-THF, heptane, Me-cyclohexane, toluene, xylenes, chlorobenzene, acetonitrile, DMPU, DMSO.                               |
| Problematic or hazardous?   | MTBE, THF, cyclohexane, DCM, formic acid, pyridine.   |
| Hazardous                   | Diisopropyl ether, 1,4-dioxane, DME, pentane, hexane, DMF, DMAc, NMP, methoxy-ethanol, TEA.                               |
| Highly hazardous            | Diethyl ether, benzene, chloroform, CCl <sub>4</sub> , DCE, nitromethane, CS <sub>2</sub> , HMPA.                         |

**Figura 7.** Resultados da pesquisa inicial de guias de solventes disponíveis publicamente (PRAT et al., 2016).

Nesse contexto, o tipo de solvente de extração, bem como a técnica de isolamento, podem ter impacto significativo no rendimento de extração de metabólitos secundários vegetais e, simultaneamente, na atividade dos extratos obtidos (RAFIŃSKA et al., 2019).

## 2.5 Ultrassom

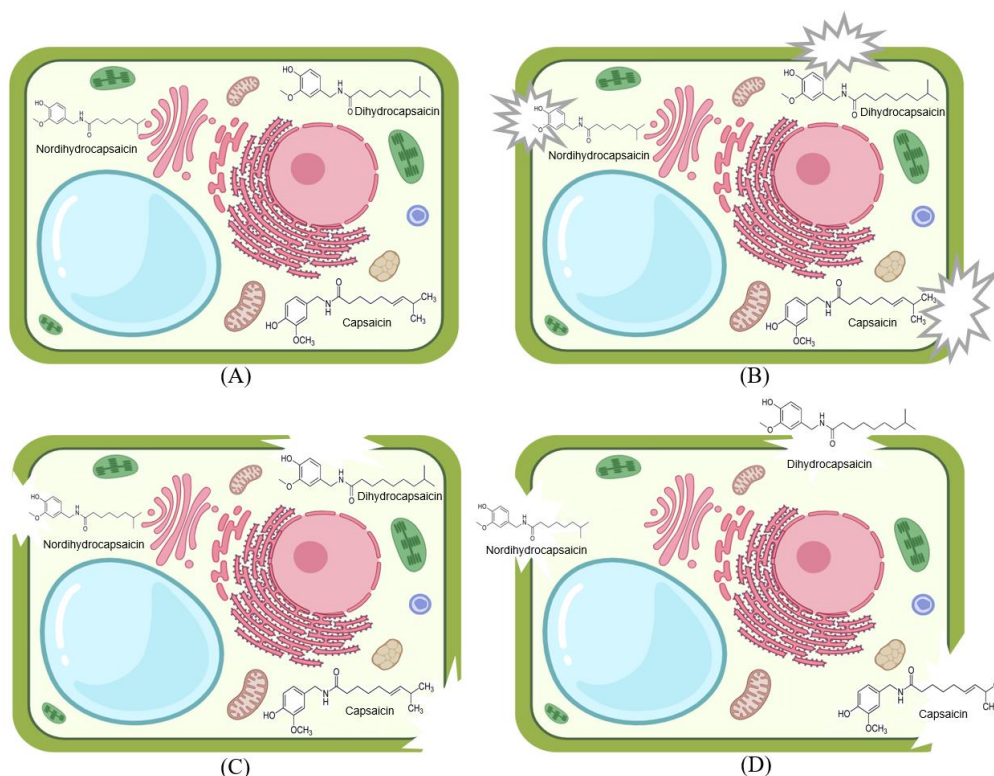
O ultrassom é considerado uma técnica de extração verde, uma vez que requer menor uso de solvente, menor tempo de extração, com maior rendimento (YUSOFF et al., 2022). A utilização desse método permite a redução da degradação de compostos bioativos e nutrientes, a melhoria da transferência de massa, bem como a diminuição de custos operacionais (AMIRI et al., 2020; MINJ; APARNA SUDHAKARAN; KUMARI,

2020; NIE et al., 2021). É uma das alternativas promissoras para a extração de compostos bioativos, tais como fenólicos, flavonoides, timoles, saponinas e proteínas (YUSOFF et al., 2022).

Na indústria de alimentos, o ultrassom pode ser aplicado para substituir e complementar outros métodos convencionais de processamento na indústria de alimentos. O ultrassom pode ser empregado por exposição direta nos produtos em desenvolvimento usando um sonotrodo ou indireta usando um banho ultrassônico (BHARGAVA et al., 2021). O banho ultrassônico e a sonda são comumente usados para criar a cavitação acústica, a qual rompe as paredes celulares permitindo a liberação de princípios ativos (YUSOFF et al., 2022; KRAKOWSKA-SIEPRAWKA et al., 2022).

Um dos desafios atuais na indústria de processamento de alimentos é a identificação de novas tecnologias que possam ser utilizadas como alternativa aos tratamentos térmicos convencionais (CONDÓN-ABANTO et al., 2016). A extração de compostos bioativos assistida por ultrassom é considerada uma tecnologia não convencional. O ultrassom é uma tecnologia sustentável, não tóxica e segura, que otimiza processos na indústria de alimentos (BHARGAVA et al., 2021; AKDENIZ; AKALIN, 2019).

A Figura 7 ilustra o mecanismo do tratamento ultrassônico em substâncias bioativas nos alimentos, no qual ocorre a destruição da membrana celular e a subsequente exsudação das substâncias intracelulares, aumentando assim a biodisponibilidade de substâncias bioativas (YUAN et al., 2021). Com isso, pode haver maior bioacessibilidade do composto, pois os compostos são facilmente liberados da matriz vegetal na digestão gastrointestinal e, portanto, ficam disponíveis para absorção intestinal (YUSOFF et al., 2022).

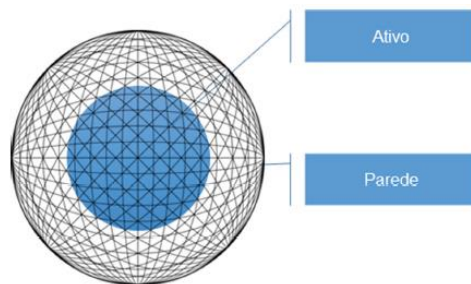


**Figura 8.** Mecanismo de extração assistida por ultrassom adaptado de YUSOFF et al. (2022): (A) Célula vegetal com parede celular normal, (B) Efeito do ultrassom na parede da célula vegetal, ocasionadas pela cavitação, (C) Rompimento da parede celular devido ao efeito ultrassônico, (D) Liberação dos compostos bioativos das células vegetais.

## 2.6 Encapsulação

O termo encapsulamento refere-se ao processo no qual um composto bioativo é circundado por um material de revestimento por um agente encapsulante, para manter ou melhorar suas propriedades físico-químicas durante o processo, armazenamento ou consumo de alimentos (CERRO et al., 2023). O encapsulamento é um dos processos comumente usados para cobrir diferentes materiais em matrizes líquidas, sólidas e gasosas (DELSHADI et al., 2020). É um método que retém uma substância com um agente ativo de preservação eficaz para revestir um composto bioativo como uma capa protetora, produzindo partículas (RAIO; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016), classificadas por tamanho em três categorias: macro ( $>5000 \mu\text{m}$ ), micro ( $0,2-5000 \mu\text{m}$ ) e nanocápsulas ( $<0,2 \mu\text{m}$ ).

A encapsulação gera um envoltório para um composto específico (Figura 9), que retarda a deterioração e a perda do composto, oculta quaisquer características organolépticas indesejadas, proporciona estabilidade e permite a liberação controlada em um local específico (PACHECO et al., 2018).



**Figura 9.** Morfologia de encapsulamento (FERREIRA et al., 2018).

O encapsulamento é uma técnica promissora para preservar e proteger os compostos bioativos de condições ambientais desfavoráveis e aumentar sua biodisponibilidade e estabilidade devido ao gerenciamento eficaz dos componentes líquidos e à redução do tamanho das partículas, aumentando a proporção superfície-volume, conferindo-lhes maior funcionalidade (SIDDIQUI et al., 2023).

O processo de encapsulação é aplicado na indústria alimentícia, geralmente, para proteger o material do núcleo por degradação, ao sabor indesejável ao paladar e modificar a característica física do material tornando-o mais fácil o manuseio (RAIO; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016). As cápsulas poliméricas são utilizadas como carreadores de compostos bioativos, promovendo a sua liberação controlada (CHEN et al., 2023).

## 2.7 Alginato de sódio como material encapsulante

O alginato de sódio é um polissacarídeo natural de extrato obtido de algas marinhas marrons (ANUGRAH et al., 2019; ZHONG et al., 2023; ZHOU et al., 2018). Em 1983, a *Food and Drug Administration* (FDA), nos Estados Unidos, aprovou o uso direto de alginato de sódio como componente dos alimentos (GUO et al., 2020). No Brasil, em 2005, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou o uso do alginato de sódio em alimentos como aditivo (ANVISA, 2005).

O alginato é um exemplo de hidrogel com redes poliméricas reticuladas hidrofílicas que são promissores e amplamente utilizados como materiais transportadores, que prendem fisicamente os compostos ativos e agentes terapêuticos dentro de suas estruturas para obter liberação (XUE et al., 2022).

Os hidrogéis compreendem principalmente água, com propriedades mecânicas ajustáveis e capacidade de encapsular compostos bioativos, retardando ou prevenindo a

sua degradação e proporcionando liberação controlada (DREISS, 2020). Estes possuem características de espessar, suspender, emulsificar, estabilizar e formar filmes, permitindo, com isso, um amplo uso nas indústrias alimentícias (GUO et al., 2020).

O alginato apresenta as vantagens de não ser tóxico e ser compatível com o cloreto de cálcio, componente indispensável à rigidez das microcápsulas no sequestro dos íons cálcio presentes nas cápsulas do gel (VANISKI; CORTI; DRUNKLER, 2017). Além disso, o alginato é um dos precursores naturais de hidrogéis devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade, custo moderadamente baixo (ANUGRAH et al., 2019), grande disponibilidade no mercado, possibilidade de emprego em escala industrial e aceitação da substância como aditivos na produção de alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ADASZEK, Łukasz; GADOMSKA, Dagmara; MAZUREK, Łukasz; ŁYP, Paweł; MADANY, Jacek; WINIARCZYK, Stanisław. Properties of capsaicin and its utility in veterinary and human medicine. **Research in Veterinary Science**, [S. l.], v. 123, n. 0034–5288, p. 14–19, 2019. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.12.002.
- AGUIAR, J.; ESTEVINHO, B. N.; SANTOS, L. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 58, p. 21–39, 2016. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.10.012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.012>.
- AL-DHABI, Naif Abdullah; PONMURUGAN, Karuppiah; JEGANATHAN, Prakash Maran. Ultrasonics Sonochemistry Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 34, p. 206–213, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.05.005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.005>.
- ALVES, Izabel de Paula Duarte; MARIA, Zamira Abel de Jesus; PEREIRA, Julião; DE SOUSA, Gardênia Martins; DE OLIVEIRA, Tatianne Ferreira. Headspace GC/MS for identification of bioactive compounds of *Curcuma longa* L. leaf extract: Industrial application as antioxidant for soybean oil. **Ciencia e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 47, 2023. DOI: 10.1590/1413-7054202347013922.
- AMIRI, Azam; RAMEZANIAN, Asghar; MORTAZAVI, Seyed Mohammad Hassan; HOSSEINI, Seyed Mohammad Hashem. Ultrasonic potential in maintaining the quality and reducing the microbial load of minimally processed pomegranate. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 70, n. July 2020, p. 105302, 2020. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105302.
- ANDRADE, S.; PONCELET, Denis; FERREIRA, Sandra R. S. Sustainable extraction and encapsulation of pink pepper oil. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 204, p. 38–45, 2017. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.02.020.
- ANUGRAH, Daru Seto Bagus; RAMESH, Kaylan; KIM, Mingeun; HYUN, Kyu; LIM, Kwon Taek. Near-infrared light-responsive alginate hydrogels based on diselenide-containing cross-linkage for on demand degradation and drug release. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 223, n. April, p. 115070, 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115070. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115070>.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 201, de 5 de julho de 2005**. 2005. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0201\\_05\\_07\\_2005.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0201_05_07_2005.html). Acesso em: 20 nov. 2023.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 5, de 15 de janeiro de 2007**. 2007. Disponível em: [http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/rb/anexo\\_res5ms\\_2007.pdf](http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/rb/anexo_res5ms_2007.pdf). Acesso em: 23 set. 2024.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2006.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2016.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2019.

APICHARTSRANGKOON, Arunee; CHAIKHAM, Pittaya; SRISAJJALERTWAJA, Siriwan. Storage stability of aroma volatiles in ultra-high pressure and thermally treated Thai green-chili pastes (Nam Prig Nhum). **Food Bioscience**, [S. l.], v. 5, p. 91–100, 2014. DOI: 10.1016/j.fbio.2013.11.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2013.11.006>.

ARAGÃO, Anaiza Bitencourt De. **Prospecção de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela: características físico-química, atividade antioxidante e perfil de compostos fenólicos**. 2019. Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2019. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_fee1df6aeea3aaaf753be5dd98e8cdaf](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_fee1df6aeea3aaaf753be5dd98e8cdaf).

ARORA, Vipin; CAMPBELL, James N.; CHUNG, Man Kyo. Fight fire with fire: Neurobiology of capsaicin-induced analgesia for chronic pain. **Pharmacology and Therapeutics**, [S. l.], v. 220, 2021. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2020.107743.

BAENAS, N.; BELOVIĆ, M.; ILIC, N.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 274, n. April 2018, p. 872–885, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.047.

BAHLS, Fabio et al. Antioxidant activity of thirty-six peppers varieties and vasorelaxant of selected varieties. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 41, n. March, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429221001140>.

BASHARAT, Shahnai; GILANI, Syed Amir; IFTIKHAR, Faiza; MURTAZA, Mian Anjum; BASHARAT, Ayesha; SATTAR, Ahsan; QAMAR, Muhammad Mustafa; ALI, Muhammad. Capsaicin: Plants of the Genus *Capsicum* and Positive Effect of Oriental Spice on Skin Health. **Skin Pharmacology and Physiology**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 331–341, 2021. DOI: 10.1159/000512196.

BAZANELLI, Ana Paula; CUPPARI, Lilian. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Sódio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 4, 2009.

BHARGAVA, Nitya; MOR, Rahul S.; KUMAR, Kshitiz; SHARANAGAT, Vijay Singh. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 70, n. June 2020, p. 105293, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105293.

BIANCHI, Paola Alvares; DUTRA, Iris Petronilia; MOULIN, Monique Moreira; SANTOS, Jardel Oliveira; SANTOS JÚNIOR, Alexandre Cristiano. Caracterização morfológica e análise da variabilidade genética entre acessos de pimenta. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 46, n. 7, p. 1151–1157, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478CR20150825. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cr/a/5pTbQ9rBQxjZrsBQxRqP5Sx/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 1 out. 2023.

BOSSU, Carla M.; MENEZES, Eveline A.; NOGUEIRA, E. Ana Rita A. Bioacessibilidade de zinco, cálcio e fósforo em extrato de soja e amostras de leite bovino, caprino e ovino. **Química Nova**, [S. l.], v. 43, n. 6, p. 718–722, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170544.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.

BROADLEY, Martin; BROWN, Patrick; CAKMAK, Ismail; RENGEL, Zed; ZHAO, Fangjie. Function of Nutrients: Micronutrients. In: **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. Third Edit ed. [s.l: s.n.]. p. 191–248. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8.

CAMPOLI, Stephanie Suarez; ROJAS, Meliza Lindsay; DO AMARAL, Jose Eduardo Pedroso Gomes; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin; AUGUSTO, Pedro Esteves Duarte. Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 268, n. June, p. 594–601, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.127.

CARVALHO, Ana Vânia; MATTIETTO, Rafaella de Andrade; RIOS, Alessandro de Oliveira; MORESCO, Karla Suzana. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 399–408, 2014. DOI: 10.1590/S1983-40632014000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/S5kv3K3RXGcgBP8R3KvM8GC/>. Acesso em: 3 out. 2023.

CARVALHO; BIANCHETTI, Luciano de Bem; RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa; LOPES, Carlos Alberto. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, p. 27, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/779776/pimentas-do-genero-capsicum-no-brasil>.

CARVALHO, Sabrina I. C. De; BIANCHETTI, Luciano de B. Botânica e recursos genéticos. In: FREITAS, Raquel A. De; NASCIMENTO, Warley M.; CARVALHO, Sabrina I. C. De (org.). **Pimentas Capsicum**. 1ª ed. Brasília, DF: Athalaia Gráfica e Editora Ltda, 2008. p. 200.

CASQUETE, Rocío; VELAZQUEZ, Rocío; HERNANDEZ, Alejandro; DE GUIA CORDOBA, María; ARANDA, Emilio; BARTOLOME, Teresa; MARTIN, Alberto. Evaluation of the quality and shelf-life of cayenne (*Capsicum* spp.). **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 145, n. March, p. 111338, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111338. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111338>.

CERRO, Daniela; ROJAS, Adrián; TORRES, Alejandra; VILLEGAS, Carolina; GALOTTO, María José; GUARDA, Abel; ROMERO, Julio. Nanoencapsulation of food-grade bioactive compounds using a supercritical fluid extraction of emulsions process: Effect of operational variables on the properties of nanocapsules and new perspectives. **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 184, n. July, p. 115115, 2023. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115115.

CHAPA-OLIVER, Angela M.; MEJÍA-TENIENTE, Laura. Capsaicin: From plants to a cancer-suppressing agent. **Molecules**, [S. l.], v. 21, n. 8, p. 1–14, 2016. DOI: 10.3390/molecules21080931.

CHAUDHARY, Ankita; GOUR, Jalaj Kumar; RIZVI, Syed Ibrahim. Capsaicin has potent anti-oxidative effects in vivo through a mechanism which is non-receptor mediated. **Archives of Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 128, n. 1, p. 141–147, 2019. DOI: 10.1080/13813455.2019.1669056. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13813455.2019.1669056>.

CHEN, Mengjuan; WANG, Xinyao; LIU, Yang; LI, Pao; WANG, Rongrong; JIANG, Liwen. Discoloration Investigations of Yellow Lantern Pepper Sauce (*Capsicum chinense* Jacq.) Fermented by *Lactobacillus plantarum*: Effect of Carotenoids and Physiochemical Indices. **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 20, 2022. DOI: 10.3390/molecules27207139.

CHEN, Xiang; LIANG, Danna; SUN, Weijian; SHOU, Xin; SHANG, Luoran; SHEN, Xian. Suspended bubble microcapsule delivery systems from droplet microfluidic technology for the local treatment of gastric cancer. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 458, n. December 2022, p. 141428, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2023.141428. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141428>.

CHEN, Yi-yin; HUANG, Kang-ting; HUANG, Chun-jen. Dyes and Pigments Polymerizable fatty acid surfactant : Encapsulation of organic pigments for excellent colloidal stability in aqueous solution and water-repellent property. **Dyes and Pigments**, [S. l.], v. 232, p. 112488, 2025. DOI: 10.1016/j.dyepig.2024.112488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2024.112488>.

CHUAH, Ai Mey; LEE, Ya Chi; YAMAGUCHI, Tomoko; TAKAMURA, Hitoshi; YIN, Li Jun; MATOBA, Teruyoshi. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 111, n. 1, p. 20–28, 2008. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2008.03.022.

CIRLINI, Martina; LUZZINI, Giovanni; MORINI, Elisa; FOLLONI, Silvia; RANIERI, Roberto; DALL'ASTA, Chiara; GALAVERNA, Gianni. Evaluation of the volatile fraction, pungency and extractable color of different Italian *Capsicum annuum* cultivars designed for food industry. **European Food Research and Technology**, [S. l.], v. 245, n. 12, p. 2669–2678, 2019. DOI: 10.1007/s00217-019-03378-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03378-x>.

CONDÓN-ABANTO, S.; ARROYO, C.; ÁLVAREZ, I.; CONDÓN, S.; LYNG, J. G. Application of ultrasound in combination with heat and pressure for the inactivation of spore forming bacteria isolated from edible crab (*Cancer pagurus*). **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 223, p. 9–16, 2016. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.001.

COSTA DOS REIS, Thalia; DO NASCIMENTO SILVA, Flamys Lena; TAVARES DOS SANTOS, Taides; BITTENCOURT MACHADO DE SOUZA, Filipe; KARINE DIEL RAMBO, Magale. Caracterização físico-química e perfil volátil das *Capsicum* spp. e avaliação de parâmetros macromorfológicas dos fungos endofíticos associados às pimentas cultivadas na região de Araguaína. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 18, n. 4, 2022. DOI: 10.14808/sci.plena.2022.047201.

COSTA, Lucifrancy V.; BENTES, Jânia L. S.; LOPES, Maria T. G.; ALVES, Silfran R. M.; VIANA, Januário M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas.

**Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 290–298, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000300003. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/QPyVfm3vr6CYNsXm94qbqmh/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

CUPPARI, Lilian; BAZANELLI, Ana Paula. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Potássio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 11, 2010.

CURRY, Jeanne; ALURU, Maneesha; MENDOZA, Marcus; NEVAREZ, Jacob; MELENDREZ, Martin; O'CONNELL, Mary A. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp. **Plant Science**, [S. l.], v. 148, n. 1, p. 47–57, 1999. DOI: 10.1016/S0168-9452(99)00118-1.

DALLABONA, Ithiara Dalponte et al. Development of alginate beads with encapsulated jabuticaba peel and propolis extracts to achieve a new natural colorant antioxidant additive. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 163, p. 1421–1432, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256>.

DELSHADI, Rana; BAHRAMI, Akbar; TAFTI, Abolfazl Golshan; BARBA, Francisco J.; WILLIAMS, Leonard L. Micro and nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles. **Trends in Food Science & Technology**, [S. l.], v. 104, p. 72–83, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.004.

DREISS, Cécile A. Hydrogel design strategies for drug delivery. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 48, p. 1–17, 2020. DOI: 10.1016/j.cocis.2020.02.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2020.02.001>.

EDO, Great Iruoghene; UGBUNE, Ufuoma; ONOHARIGHO, Favour Ogheneoruese; EZEKIEL, Gracious Okeoghene; UGBUWE, Eunice; AGBO, Joy Johnson. Coordination of Bioactive Phytochemical From Ginger () Extracts To Metal Ions; Investigation of the Metal Complexes and Bioactive Compound Formed. **Food Chemistry Advances**, [S. l.], v. 3, n. December 2022, p. 100337, 2023. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100337. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100337>.

ELMORE, JS; SRISAJJALERTWAJA, S.; DODSON, AT; APICHARTSARANGKOON, A.; MOTTRAM, DS. Novel esters in Thai green chilli. In: (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Org.) 12º SIMPÓSIO DE PESQUISA DE SABOR DE WERMAN 2008, **Anais [...]**. [s.l.: s.n.] Disponível em: <https://centaur.reading.ac.uk/16749/>.

FAOSTAT. **World Production Chillies and peppers, green (Capsicum spp. and Pimenta spp.)**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>.

FERREIRA, Danielle Cristine Mota; PEREIRA, Matheus Santana Salvador; PEREIRA, Keyla Carvalho; BARCELOS, Mayara Caroline Souto; ALVARENGA, Gabriela

Fontes; COSTA, Joyce Maria Gomes Da. Microencapsulação e liberação controlada por difusão de ingredientes alimentícios produzidos através da secagem por atomização: revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 21, 2018.

FORERO, M. Daniel; QUIJANO, Clara E.; PINO, Jorge A. Volatile compounds of chile pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) at two ripening stages. **Flavour and Fragrance Journal**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 25–30, 2009. DOI: 10.1002/ffj.1913.

FRANÇA, Natasha Aparecida Grande De; MARTINI, Lígia Araújo. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Cálculo. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 1, p. 1–24, 2014.

FRIEDMAN, Jamie R.; RICHBART, Stephen D.; MERRITT, Justin C.; BROWN, Kathleen C.; DENNING, Krista L.; TIRONA, Maria T.; VALENTOVIC, Monica A.; MILES, Sarah L.; DASGUPTA, Piyali. Capsaicinoids: Multiple effects on angiogenesis, invasion and metastasis in human cancers. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, [S. l.], v. 118, n. July, 2019. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109317.

GONTIJO, Ivoney; NICOLE, Lucas Rodrigues; PARTELLI, Fábio Luiz; BONOMO, Robson; SANTOS, Eduardo Oliveira de Jesus. Variabilidade e correlação espacial de micronutrientes e matéria orgânica do solo com a produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 1093–1102, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Td98c6TG7GvphJBVQwQw4Qq/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

GOVINDARAJAN, V. S.; SALZER, Uwe J. **Capsicum — production, technology, chemistry, and quality. Part III. Chemistry of the color, aroma, and pungency stimuli**. [s.l.: s.n.]. v. 24 DOI: 10.1080/10408398609527437.

GRASSINO, Antonela Nincevic; BRNCIC, Mladen; VIKIC-TOPIC, Drazen; ROCA, Suncica; DENT, Maja. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 198, p. 93–100, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.095.

GUANDALINI, Bruna Bárbara Valero; RODRIGUES, Naira Poerner; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira. Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. **Food Research International**, [S. l.], v. 119, n. May 2018, p. 455–461, 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.12.011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.011>.

GUNAWAN, Maxius; BOONKANOKWONG, Veerakiet. Current applications of solid lipid nanoparticles and nanostructured lipid carriers as vehicles in oral delivery systems for antioxidant nutraceuticals: A review. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [S. l.], v. 233, n. August 2023, p. 113608, 2024. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2023.113608. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.113608>.

GUO, Xi; WANG, Yan; QIN, Yimin; SHEN, Peili; PENG, Qiang. Structures, properties and application of alginic acid: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 162, p. 618–628, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180>.

HAWKESFORD, Malcolm; HORST, Walter; KICHEY, Thomas; LAMBERS, Hans; SCHJOERRING, Jan; MØLLER, Inge Skrumsager; WHITE, Philip. Functions of Macronutrients. *In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third Edit ed. [s.l.] : Elsevier Ltd, 2012. p. 135–189. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>.

HEINRICH, Ana G.; FERRAZ, Rodrigo M.; RAGASSI, Carlos F.; REIFSCHNEIDER, Francisco J. B. Caracterização e avaliação de progênes autofecundadas de pimenta biquinho salmão. *Horticultura Brasileira*, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 465–470, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/RKHvWfgkQRjx73gTwPRM3pQ/?lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2023.

HERNÁNDEZ-PÉREZ, Talía; GÓMEZ-GARCÍA, María del Rocío; VALVERDE, María Elena; PAREDES-LÓPEZ, Octavio. Capsicum annuum (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, [S. l.], v. 19, n. 6, p. 2972–2993, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>.

HOSSEINI, Seyed Saeid; KHODAIYAN, Faramarz; KAZEMI, Milad; NAJARI, Zahra. Optimization and characterization of pectin extracted from sour orange peel by ultrasound assisted method. *International Journal of Biological Macromolecules*, [S. l.], v. 125, p. 621–629, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.096>.

HUANG, Lunjie; GUO, Ruijie; MAO, Yahong; XU, Zhenghong; CHI, Yuanlong. In situ encapsulation of capsaicinoids in MIL-88A as a food-grade nanopreservative for meat safety. *Food Chemistry*, [S. l.], v. 460, n. P3, p. 140738, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140738. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140738>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Pimenta**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimenta/br>. Acesso em: 9 out. 2023.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Bode Vermelha Tupa**. 2024a. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-bode-vermelha-tupa-env-linha-multi-und-972-51>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Habanero Vermelha Boyra**. 2024b. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-habanero-vermelha-boyra-pacote-longa-vida-50-g-976-82>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Malagueta**. 2024c. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-malagueta-env-linha-super-und-218-61>. Acesso em: 16 jul. 2024.

JAYAPRAKASHA, G. K.; BAE, Haejin; CROSBY, Kevin; JIFON, John L.; PATIL, Bhimanagouda S. Bioactive compounds in peppers and their antioxidant potential. *In: ACS Symposium Series*. [s.l.: s.n.]. v. 1109p. 43–56. DOI: 10.1021/bk-2012-1109.ch004. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2012-1109.ch004>.

- KARADAŞ, Cennet; FISHER, Andrew; KARA, Derya. The effects of gastric juice acidity on bioaccessibility of some elements in selected foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. l.], v. 90, n. March, p. 103485, 2020. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103485.
- KESKIN, Merve; KESKIN, Şaban; KOLAYLI, Sevgi. Preparation of alcohol free propolis-alginate microcapsules, characterization and release property. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 108, n. December 2017, p. 89–96, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.036.
- KORKMAZ, Aziz; HAYALOGLU, Ali Adnan; ATASOY, Ahmet Ferit. Evaluation of the volatile compounds of fresh ripened Capsicum annum and its spice pepper (dried red pepper flakes and isot). **Lwt**, [S. l.], v. 84, p. 842–850, 2017. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.06.058. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.058>.
- KRAKOWSKA-SIEPRAWKA, Aneta; KIEŁBASA, Anna; RAFIŃSKA, Katarzyna; LIGOR, Magdalena; BUSZEWSKI, Bogusław. Modern Methods of Pre-Treatment of Plant Material for the Extraction of Bioactive Compounds. **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 3, 2022. DOI: 10.3390/molecules27030730.
- KUMAR, S.; KUMAR, R.; SINGH, J. Cayenne/American pepper. *In: Handbook of Herbs and Spices*. [s.l.] : Woodhead Publishing Limited, 2006. v. 3p. 299–312. DOI: 10.1533/9781845691717.3.299. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1533/9781845691717.3.299>.
- LARRAURI, José A.; RUPÉREZ, Pilar; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Effect of Drying Temperature on the Stability of Polyphenols and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace Peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 1390–1393, 1997. DOI: 10.1021/jf960282f.
- LEE, B. B.; RAVINDRA, P.; CHAN, E. S. Size and shape of calcium alginate beads produced by extrusion dripping. **Chemical Engineering and Technology**, [S. l.], v. 36, n. 10, p. 1627–1642, 2013. DOI: 10.1002/ceat.201300230.
- LEI, Lanjie; LV, Qizhuang; JIN, Yan; AN, Hong; SHI, Zhe; HU, Ge; YANG, Yuze; WANG, Xiangguo; YANG, Lei. Angiogenic Microspheres for the Treatment of a Thin Endometrium. **ACS Biomaterials Science and Engineering**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 4914–4920, 2021. DOI: 10.1021/acsbomaterials.1c00615.
- LI, Wende; HYDAMAKA, Arnold W.; LOWRY, Lynda; BETA, Trust. Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. **Central European Journal of Biology**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 499–506, 2009. DOI: 10.2478/s11535-009-0041-1.
- LU, Muwen; CHEN, Chengyu; LAN, Yaqi; XIAO, Jie; LI, Run; HUANG, Junqing; HUANG, Qingrong; CAO, Yong; HO, Chi Tang. Capsaicin - The major bioactive ingredient of chili peppers: Bio-efficacy and delivery systems. **Food and Function**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 2848–2860, 2020. DOI: 10.1039/d0fo00351d.
- LUO, Haiyan et al. Black pepper and vegetable oil-based emulsion synergistically enhance carotenoid bioavailability of raw vegetables in humans. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 373, p. 131277, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131277. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131277>.

LUO, Nan; YE, Aiqian; WOLBER, Frances M.; SINGH, Harjinder. In-mouth breakdown behaviour and sensory perception of emulsion gels containing active or inactive filler particles loaded with capsaicinoids. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 108, n. June, p. 106076, 2020. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106076. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106076>.

MA, Xiao Yu; CHEN, Xian Xin; MA, Ming Yang; XU, Yu; WU, Xiao Meng; MU, Guang Qing; ZHU, Xue Mei. Lutein transport systems loaded with rice protein-based self-assembled nanoparticles. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 42, p. 101061, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101061.

MACEDO, Leandro Alves; LETÍCIA LOPES DE OLIVEIRA; LEÃO, Ana Flávia; CAMPOS, Andreza Aparecida Alves; FERREIRA, Brendo de Oliveira; FRANÇA, André Cabral. Acúmulo de nutrientes nos frutos de teor foliar de pimenta malagueta (*capsicum frutescens*) sob diferentes manejos de adubação fosfatada. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, p. 70374–70386, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-477.

MANZOOR, Muhammad Faisal; ALI, Anwar; AIN, Huma Badar Ul; KAUSAR, Samina; KHALIL, Anees Ahmed; AADIL, Rana Muhammad; ZENG, Xin An. Bioaccessibility mechanisms, fortification strategies, processing impact on bioavailability, and therapeutic potentials of minerals in cereals. **Future Foods**, [S. l.], v. 10, n. August, p. 100425, 2024. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100425. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100425>.

MARCELINO, Gabriela; MACHATE, David Johane; FREITAS, Karine de Cássia; HIANE, Priscila Aiko; MALDONADE, Iriani Rodrigues; POTT, Arnildo; ASATO, Marcel Arakaki; CANDIDO, Camila Jordão; GUIMARÃES, Rita de Cássia Avellaneda.  $\beta$ -Carotene: Preventive Role for Type 2 Diabetes Mellitus and Obesity: A Review. **Molecules**, [S. l.], v. 25, n. 24, p. 1–14, 2020. DOI: 10.3390/MOLECULES25245803.

MARTINEZ, Marcela; SANTOS, Camila Peixoto Dos; VERRUMA-BERNARDI, Marta Regina; CARRILHO, Elma Neide Vasconcelos Martins; SILVA, Paula Porrelli Moreira Da; SPOTO, Marta Helena Fillet; CIARROCCHI, Isabella Rocha; SALA, Fernando Cesar. Agronomic, physical–chemical and sensory evaluation of pepper hybrids (*Capsicum chinense* Jacquin). **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 277, n. October 2020, p. 109819, 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109819. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109819>.

MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI, Celso Luiz; HENZ, Gilmar Paulo; SOUSA, Rosa Maria de Deus De. Caracterização pós-colheita de espécies de *Capsicum* spp. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 179–186, 2008. DOI: 10.17765/2176-9168.2008V1N2P179-186. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/762>. Acesso em: 15 set. 2023.

MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI; LUIZ, Celso; HENZ; PAULO, Gilmar. Protocolos de avaliação da qualidade química e física de pimentas (*Capsicum* spp.). **Comunicado técnico Embrapa**, [S. l.], 2007.

MCGUIRE, Raymond G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, [S. l.], v. 27, n. 12, p. 1254–1255, 1992. DOI: 10.21273/hortsci.27.12.1254.

MECKELMANN, Sven W.; RIEGEL, Dieter W.; VAN ZONNEVELD, Maarten; RÍOS, Llermé; PEÑA, Karla; MUELLER-SEITZ, Erika; PETZ, Michael. Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.) grown in three different locations. **European Food Research and Technology**, [S. l.], v. 240, n. 2, p. 273–283, 2015. DOI: 10.1007/S00217-014-2325-6/TABLES/3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-014-2325-6>. Acesso em: 1 out. 2023.

MENDES, Nathânia de Sá; GONÇALVES, Édira Castello Branco de Andrade. The role of bioactive components found in peppers. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 99, n. 0924–2244, p. 229–243, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.02.032. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.032>.

MENEGALI, Beatriz Schmidt; SELANI, Miriam Mabel; SALDAÑA, Erick; PATINHO, Iliani; DINIZ, Julia Pereira; MELO, Priscilla Siqueira; PIMENTEL FILHO, Natan de Jesus; CONTRERAS-CASTILLO, Carmen J. Pink pepper extract as a natural antioxidant in chicken burger: Effects on oxidative stability and dynamic sensory profile using Temporal Dominance of Sensations. **Lwt**, [S. l.], v. 121, p. 108986, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108986. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108986>.

MEREGALLI, Monalise Marcante; PUTON, Bruna Maria Saorin; CAMERA, Fernanda Dal Maso; AMARAL, Alexandre Umpierrez; ZENI, Jamile; CANSIAN, Rogério Luis; MIGNONI, Marcelo Luis; BACKES, Geciane Toniazzo. Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 5800–5809, 2020. DOI: 10.1016/j.arabjc.2020.04.017.

MERRITT, Justin C. et al. Anti-cancer activity of sustained release capsaicin formulations. **Pharmacology and Therapeutics**, [S. l.], v. 238, p. 108177, 2022. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2022.108177. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2022.108177>.

MESQUITA, Wivian de Sousa; GARRUTI, Deborah dos Santos. **PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE IMPORTÂNCIA ODORÍFERA NA PIMENTA BRS AVAÍ (*Capsicum frutescens* L.)**. 2016. Universidade Estadual do Ceará, [S. l.], 2016. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnkcbajpcgiclfndmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/188640/1/dissertacao-Wivian-Mesquita.pdf>.

MI, Si; ZHANG, Xiangnan; WANG, Yuhang; ZHENG, Meng; ZHAO, Junjie; GONG, Heyou; WANG, Xianghong. Effect of different genotypes on the fruit volatile profiles, flavonoid composition and antioxidant activities of chilli peppers. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 374, p. 131751, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131751.

MICHEREFF, M.; DA SILVA, S.; BORGES, M.; LAUMANN, R.; RIBEIRO, C. S. C.; DE CARVALHO, S.; REIFSCHNEIDER, F.; BLASSIOLI MORAES, M. **Identificação dos ésteres produzidos nos frutos de pimenta *Capsicum chinense* usando um sistema de coleta de voláteis dos frutos dinâmico e hidrólise alcalinas dos extratos de aeração**. 2022. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2022/trabalhos/10/577-176.html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

MINJ, Jagrani; APARNA SUDHAKARAN, V.; KUMARI, Anuradha. **Dairy processing: Advanced research to applications**. India: Springer US, 2020. DOI:

10.1007/978-981-15-2608-4.

MONTEIRO, Thaís Helena; VANNUCCHI, Helio. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Magnésio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 16, 2010.

MOORTHY, I. Ganesh; MARAN, J. Prakash; ILAKYA, S.; ANITHA, S. L.; SABARIMA, S. Pooja; PRIYA, B. Ultrasonics Sonochemistry Ultrasound assisted extraction of pectin from waste Artocarpus heterophyllus fruit peel. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 34, p. 525–530, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.06.015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.015>.

MORETTI, Celso L.; SARGENT, Steven A.; HUBER, Donald J. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, [S. l.], v. 123, p. 656–660, 1998.

MORÓN-ORTIZ, Ángeles; MAPELLI-BRAHM, Paula; LEÓN-VAZ, Antonio; BENITEZ-GONZÁLEZ, Ana M.; LEÓN, Rosa; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, Antonio J. Ultrasound-assisted extraction of carotenoids from phytoene-accumulating *Chlorella sorokiniana* microalgae: Effect of milling and performance of the green biosolvents 2-methyltetrahydrofuran and ethyl lactate. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 434, n. September 2023, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.137437.

MOSER, Poliana; TELIS, Vânia Regina Nicoletti; NEVES, Nathália de Andrade; GARCÍA-ROMERO, Esteban; GÓMEZ-ALONSO, Sergio; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, Isidro. Storage stability of phenolic compounds in powdered BRS Violeta grape juice microencapsulated with protein and maltodextrin blends. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 214, p. 308–318, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.081. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.081>.

NEITZKE, Raquel S.; VASCONCELOS, Carla S.; BARBIERI, Rosa L.; VIZZOTTO, Márcia; FETTER, Mariana R.; CORBELINI, Diandra D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas ( **Capsicum baccatum** ). **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 415–421, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/6JwV8fqdxV7gk6LdsQtrkrJ/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

NELSON, E. K. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 41, n. 7, p. 1031–1150, 1919. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/ja02228a011>.

NELSON, E. K.; DAWSON, D. E. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum. III. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 1115, n. 1919, p. 2179–2181, 1923.

NIE, Jinggui; CHEN, Danting; YE, Jing; LU, Yanbin; DAI, Zhiyuan. Optimization and kinetic modeling of ultrasonic-assisted extraction of fucoxanthin from edible brown algae *Sargassum fusiforme* using green solvents. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 77, p. 105671, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105671. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105671>.

- NILSSON, Jessica; PILLAI, Deepa; ÖNNING, Gunilla; PERSSON, Christine; NILSSON, Åke; ÅKESSON, Björn. Comparison of the 2,2'-azinobis-3-ethylbenzotiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. **Molecular Nutrition and Food Research**, [S. l.], v. 49, n. 3, p. 239–246, 2005. DOI: 10.1002/mnfr.200400083.
- OLIVEIRA, Cibele Freitas De; GIORDANI, Diego; LUTCKEMIER, Rafael; GURAK, Poliana Deyse; CLADERA-OLIVERA, Florencia; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira. Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 71, p. 110–115, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.03.027. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.027>.
- OLIVEIRA, Kênia Borges De et al. Analysis of Volatiles of Rose Pepper Fruits by GC/MS: Drying Kinetics, Essential Oil Yield, and External Color Analysis. **Journal of Food Quality**, [S. l.], v. 2022, 2022. DOI: 10.1155/2022/1963261.
- OLIVEIRA, Luiz Edson Mota De. **Nutrição e Metabolismo Mineral**. 2015. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/nutricao-e-metabolismo-mineral/>. Acesso em: 21 out. 2023.
- OLIVEIRA, Maurício De; LANG, Gustavo Heinrich; RAPHAELLI, Chirle de Oliveira; LOVEGROVE, Alison. Ferulic acid. In: **A Centum of Valuable Plant Bioactives**. [s.l.: s.n.], p. 631–657. DOI: 10.1016/B978-0-12-822923-1.00029-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128229231000297>.
- OLSZOWY, Małgorzata; DAWIDOWICZ, Andrzej L. Is it possible to use the DPPH and ABTS methods for reliable estimation of antioxidant power of colored compounds? **Chemical Papers**, [S. l.], v. 72, n. 2, p. 393–400, 2018. DOI: 10.1007/s11696-017-0288-3.
- PACHECO, Camila; GONZÁLEZ, Estefanía; ROBERT, Paz; PARADA, Javier. Retention and pre-colon bioaccessibility of oleuropein in starchy food matrices, and the effect of microencapsulation by using inulin. **Journal of Functional Foods**, [S. l.], v. 41, p. 112–117, 2018. DOI: 10.1016/j.jff.2017.12.037.
- PASUKAMONSET, Porntip; KWON, Oran; ADISAKWATTANA, Sirichai. Alginate-based encapsulation of polyphenols from Clitoria ternatea petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 61, p. 772–779, 2016. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.039. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.039>.
- PEREIRA, Emmanuel Moreira; SANTOS, Yvana Maria Gomes; FILHO, Manoel Tolentino Leite; FRAGOSO, Sinara Pereira; PEREIRA, Bárbara Bruna Maniçoba. Qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças cultivadas de forma orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, ISSN-e 1981-8203, Vol. 10, Nº. 2, 2015, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 9, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7304173&info=resumen&idioma=EN>. Acesso em: 2 out. 2023.
- PERES, Daiane Sousa; ALMEIDA, Adrielle Borges De; LIMA, Thayanara Mayara De; PEREIRA, Yasmim de Lima; GARCIA, Lismaíra Gonçalves Caixeta; SILVA, Flávio Alves Da; SANTOS, Priscila Alonso Dos. Butter oil com adição de extratos vegetais de

orégano (*Origanum vulgare* L.) e manjeriço (*Ocimum basilicum* L.): desenvolvimento e caracterização física, química e sensorial Butter. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 98, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i5.3205 Butter.

PILON, Lucimeire; RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa; SOUZA, Diene Gonçalves; SOARES, Juliana de Souza; SANTOS, Kallyan Gontijo Dos. Avaliação dos teores de capsaicinoides em pimenta Jalapeño “BRS Sarakura” cultivada em duas épocas. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças**, [S. l.], v. 211, 2020.

PINGRET, Daniella; FABIANO-TIXIER, Anne-Sylvie; BOURVELLEC, Carine Le; RENARD, Catherine M. G. C.; CHEMAT, Farid. Lab and pilot-scale ultrasound-assisted water extraction of polyphenols from apple pomace. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 111, n. 1, p. 73–81, 2012. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026>.

PINTO, Cleide Maria Ferreira; PINTO, Cláudia Lúcia de Oliveira; DONZELES, Sérgio Mauricio Lopes. Pimenta capsicum: Propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 108–120, 2013. DOI: 10.21206/rbas.v3i2.225. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2816>. Acesso em: 2 out. 2023.

PRASAD, R.; PRASAD, S. B. Histoprotective effect of rutin against cisplatin-induced toxicities in tumor-bearing mice: Rutin lessens cisplatin-induced toxicities. **Human and Experimental Toxicology**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 245–258, 2021. DOI: 10.1177/0960327120947793.

PRAT, Denis; WELLS, Andy; HAYLER, John; SNEDDON, Helen; MCELROY, C. Robert; ABOU-SHEHADA, Sarah; DUNN, Peter J. CHEM21 selection guide of classical- and less classical-solvents. **Green Chemistry**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 288–296, 2016. DOI: 10.1039/c5gc01008j. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1039/c5gc01008j>.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, [S. l.], v. 48, p. 3396–3402, 2000.

RAFIŃSKA, Katarzyna; POMASTOWSKI, Paweł; RUDNICKA, Joanna; KRAKOWSKA, Aneta; MARUŚKA, Audrius; NARKUTE, Monika; BUSZEWSKI, Bogusław. Effect of solvent and extraction technique on composition and biological activity of *Lepidium sativum* extracts. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 289, n. March, p. 16–25, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.03.025.

RAIO, Sohini; RAYCHAUDHURI, Utpal; CHAKRABORTY, Runu. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 13, p. 76–83, 2016. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.12.009.

RAKESH, V.; PATGIRI, Pulin; BORAH, Abhijit; NANDHINI, D.; GOGOI, Inee. Comparative study on the repellency and chemical profiles of different chilli peppers formulations against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. **Journal of Stored Products Research**, [S. l.], v. 106, p. 102312, 2024. DOI: 10.1016/j.jspr.2024.102312. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102312>.

RASHID, Norhashima Abd; HALIM, Syarifah Aisyah Syed Abd; TEOH, Seong Lin; BUDIN, Siti Balkis; HUSSAN, Farida; RIDZUAN, Nurul Raudzah Adib; JALIL, Nahdia Afiifah Abdul. The role of natural antioxidants in cisplatin-induced hepatotoxicity. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, [S. l.], v. 144, n. August, p. 112328, 2021. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112328. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112328>.

REYES-ESCOGIDO, Maria de Lourdes; GONZALEZ-MONDRAGON, Edith G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, Erika. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. **Molecules**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 1253–1270, 2011. DOI: 10.3390/molecules16021253.

RIBEIRO, Cláudia Silva da C.; CARVALHO, Sabrina I. C. De; LANA, Milza Moreira. **Pimenta dedo-de-moça | A queridinha dos chefes**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/pimenta-dedo-de-moca>. Acesso em: 7 out. 2023.

RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa et al. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp . desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças. **Circular técnica 172 EMBRAPA**, Brasília, p. 1–29, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1129544/cultivares-de-pimentas-das-especies-capsicum-spp-desenvolvidas-pela-embrapa-hortalicas>.

RIBEIRO, Claudia Silva da Costa; HENZ, Gilmar Paulo; VILELA, Nirlene Junqueira; AMARO, Geovani Bernardo; MELO, Werito Fernandes; REIFSCHNEIDER, Francisco José Becker. **Pimenta - Socioeconomia**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/pre-producao/socioeconomia>. Acesso em: 9 out. 2023.

RODRIGUES, Sueli; FERNANDES, Fabiano A. N.; SOUSA; BRITO, Edy Sousa De; SOUSA, Adriana Dutra; NARAIN, Narendra. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops & Products**, [S. l.], v. 69, p. 400–407, 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.02.059. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.059>.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Campinas, SP., Brasil.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, [S. l.], v. 7, p. 20–26, 2016. DOI: 10.1016/j.cofs.2015.08.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.08.004>.

RUFINO, Maria do Socorro M.; ALVES, Ricardo E.; DE BRITO, Edy S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio; MANCINI-FILHO, Jorge. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.01.037. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>.

SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino Da; MARTINEZ, Marcela; LIMA, Tiago José Leme De; AMARAL, Eduardo Do; PORTELLA, Monica Antunes; GAZMENGA, André Portella. **Maria bonita: A nova pimenta brasileira**. 2020.

Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/maria-bonita-a-nova-pimenta-brasileira/>. Acesso em: 5 out. 2023.

SCHEAU, Cristian; BADARAU, Ioana Anca; CARUNTU, Constantin; MIHAI, Gratiela Livia; DIDILESCU, Andreea Cristiana; CONSTANTIN, Carolina; NEAGU, Monica. Capsaicin: Effects on the pathogenesis of hepatocellular carcinoma. **Molecules**, [S. l.], v. 24, n. 13, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3390/molecules24132350.

SCHNEIDER, C.; RASBAND, W.; ELICEIRI, K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nat Methods**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 671–675, 2012. DOI: 10.1038/nmeth.2089.

SCOTT, W. J. Water Relations of Food Spoilage Microorganisms. **Advances in Food Research**, [S. l.], v. 7, n. C, p. 83–127, 1957. DOI: 10.1016/S0065-2628(08)60247-5.

SIDDIQUI, Shahida Anusha; FAROOQI, Muhammad Qudrat Ullah; BHOWMIK, Shuva; ZAHRA, Zahra; MAHMUD, M. M. Chaya.; ASSADPOUR, Elham; GAN, Ren You; KHARAZMI, Mohammad Saeed; JAFARI, Seid Mahdi. Application of micro/nano-fluidics for encapsulation of food bioactive compounds - principles, applications, and challenges. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 136, n. April, p. 64–75, 2023. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.03.025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.025>.

SILVA, Juscimar Da. **Adubação e nutrição**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/producao/manejo-do-solo/adubacao-e-nutricao>. Acesso em: 22 out. 2023.

SILVA, Vânia Maria Barbosa Da. **Pimentas do gênero Capsicum: Constituintes Químicos e Potencial Antioxidante**. 2017. Universidade Federal da Paraíba, [S. l.], 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12737?locale=pt\\_BR#:~:text=As pimentas do gênero Capsicum,a proteção contra processos oxidativos](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12737?locale=pt_BR#:~:text=As pimentas do gênero Capsicum,a proteção contra processos oxidativos).

SILVA, Joanderson Marques; SANTOS, Jardel Oliveira; MENDES, Ivanayra da Silva; OLIVEIRA, Ramile Vieira De; LIMA, Allana Tereza Mesquita De; MOURA, Maria da Cruz Chaves Lima; MOULIN, Monique Moreira. Caracterização morfológica de acessos de pimentas (*Capsicum* spp.) conservados no estado do Maranhão / Morphological characterization of accessions of peppers (*Capsicum* spp.) Preserved in the state of Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 21358–21373, 2021. DOI: 10.34117/BJDV7N3-039. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/25578>. Acesso em: 3 out. 2023.

SINGLA, Mohit; SIT, Nandan. Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 73, p. 105506, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105506. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506>.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Society for Enology and Viticulture**, [S. l.], v. 16, p. 144–158, 1965. DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144.

SOUSA, Tainara Leal De; SILVA, Jessyca Pinheiro Da; LODETE, Ariadne Ribeiro; LIMA, Daniele Silva; MESQUITA, Abner Alves; ALMEIDA, Adrielle Borges De; PLACIDO, Geovana Rocha; EGEEA, Mariana Buranelo. Vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of Brazilian baby foods. **Nutrition and Food Science**, [S. l.], v. 51, n. 4, p. 725–737, 2020. DOI: 10.1108/NFS-06-2020-0229.

SU, Yue; ZHANG, Bolun; SUN, Ruowei; LIU, Wenfang; ZHU, Qubo; ZHANG, Xun; WANG, Rongrong; CHEN, Chuanpin. PLGA-based biodegradable microspheres in drug delivery: recent advances in research and application. **Drug Delivery**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 1397–1418, 2021. DOI: 10.1080/10717544.2021.1938756. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10717544.2021.1938756>.

SUO, Andi; FAN, Gongjian; WU, Caie; LI, Tingting; CONG, Kaiping. Green extraction of carotenoids from apricot flesh by ultrasound assisted corn oil extraction: Optimization, identification, and application. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 420, n. November 2022, p. 136096, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136096>.

TAN, Jin; LI, Ming Fen; LI, Rong; JIANG, Zi Tao; TANG, Shu Hua; WANG, Ying. Front-face synchronous fluorescence spectroscopy for rapid and non-destructive determination of free capsanthin, the predominant carotenoid in chili (*Capsicum annum* L.) powders based on aggregation-induced emission. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 255, p. 119696, 2021. DOI: 10.1016/j.saa.2021.119696. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.119696>.

TAN, Yunbing; ZHOU, Hualu; MCCLEMENTS, David Julian. Application of static in vitro digestion models for assessing the bioaccessibility of hydrophobic bioactives: A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 122, n. March, p. 314–327, 2022. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.02.028. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.028>.

**The Good Scents Company**. 2018. Disponível em: <https://www.thegoodscentscopy.com/search2.html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

TOMÉ, Alessandra Cristina; SILVA, Flávio Alves Da. Alginate based encapsulation as a tool for the protection of bioactive compounds from aromatic herbs. **Food Hydrocolloids for Health**, [S. l.], v. 2, p. 100051, 2022. DOI: 10.1016/j.fhfh.2021.100051.

TOSCANO, Stefania; TRIVELLINI, Alice; COCETTA, Giacomo; BULGARI, Roberta; FRANCIANI, Alessandra; ROMANO, Daniela; FERRANTE, Antonio. Effect of Preharvest Abiotic Stresses on the Accumulation of Bioactive Compounds in Horticultural Produce. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 10, n. October, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.01212.

TRAN, Viet Thanh; NGUYEN, Tran Bao; NGUYEN, Ha Chi; DO, Nga H. N.; LE, Phung K. Recent applications of natural bioactive compounds from Piper betle (L.) leaves in food preservation. **Food Control**, [S. l.], v. 154, n. July, p. 110026, 2023. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.110026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110026>.

VAKH, Christina; MALLABAEVA, Zarina; TOBISZEWSKI, Marek. Smartphone-

based digital image colorimetry for the determination of total capsaicinoid content in chili pepper extracts. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 315, n. November 2023, p. 124238, 2024. DOI: 10.1016/j.saa.2024.124238. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124238>.

VANISKI, Rosane; CORTI, Daiane; DRUNKLER, Deisy Alessandra. Técnicas e Materiais Empregados na Microencapsulação de Probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 156, 2017. DOI: 10.3895/rebrapa.v8n1.3651.

VELÁZQUEZ SILVA, Aidé; ROBLES YERENA, Leticia; BARRERA NECHA, Laura Leticia. Chemical profile and antifungal activity of plant extracts on *Colletotrichum* spp. isolated from fruits of *Pimenta dioica* (L.) Merr. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S. l.], v. 179, n. August, 2021. DOI: 10.1016/j.pestbp.2021.104949.

VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, Ana Cristina; WEBER, Gisele Eva Bruch. Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância. **Embrapa Clima Temperado. Documento 316**, [S. l.], p. 17, 2010.

WANG, Jia; ZHANG, Xiaoyu; LI, Shuqin; ZHANG, Tingting; SUI, Wenjie; ZHANG, Min; YANG, Shuyu; CHEN, Haixia. Physical properties, phenolic profile and antioxidant capacity of Java tea (*Clerodendranthus spicatus*) stems as affected by steam explosion treatment. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 440, n. September 2023, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.138190.

WANI, Khalid Mehmood; UPPALURI, Ramagopal V. S. Efficacy of ultrasound-assisted extraction of bioactive constituents from *Psidium guajava* leaves. **Applied Food Research**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 100096, 2022. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100096>.

WEN, Shuyan; WANG, Wenshuo; HUANG, Kai; HUANG, Jiechun; CHU, Xianglin; WANG, Fangrui; PANG, Liewen; WANG, Yiqing; SUN, Xiaotian. Novel capsaicin releasing system targeted protects ischemic brain from cardiac arrest. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, [S. l.], v. 70, n. February, p. 103229, 2022. DOI: 10.1016/j.jddst.2022.103229. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.103229>.

WU, Xiaolin; XU, Na; CHENG, Ce; MCCLEMENTS, David Julian; CHEN, Xing; ZOU, Liqiang; LIU, Wei. Encapsulation of hydrophobic capsaicin within the aqueous phase of water-in-oil high internal phase emulsions: Controlled release, reduced irritation, and enhanced bioaccessibility. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 123, n. April 2021, 2022. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107184.

XAVIER, Ana Augusta Odorissi; PÉREZ-GÁLVEZ, Antonio. Peppers and Chilies. In: **Encyclopedia of Food and Health**., 2016.

XIANG, Qunran et al. Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 116, p. 755–765, 2021. a. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

XIANG, Qunran et al. Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 116, n. April, p. 755–765, 2021. b. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível

em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

XU, Baoguo; AZAM, S. M. Roknu.; FENG, Min; WU, Bengang; YAN, Weiqiang; ZHOU, Cunshan; MA, Haile. Application of multi-frequency power ultrasound in selected food processing using large-scale reactors: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 81, p. 105855, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105855. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105855>.

XUE, Wen et al. Controllable fabrication of alginate/poly-L-ornithine polyelectrolyte complex hydrogel networks as therapeutic drug and cell carriers. **Acta Biomaterialia**, [S. l.], v. 138, p. 182–192, 2022. DOI: 10.1016/j.actbio.2021.11.004.

YANG, Caihong; DING, Xiaoya; YANG, Chaoyu; SHANG, Luoran; ZHAO, Yuanjin. Marine polymers-alginate/chitosan composited microcapsules for wound healing. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 456, n. October 2022, p. 140886, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140886. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140886>.

YE, Zi; SHANG, Zhixun; LI, Meiqi; ZHANG, Xueting; REN, Hongbing; HU, Xiaosong; YI, Junjie. Effect of ripening and variety on the physiochemical quality and flavor of fermented Chinese chili pepper (Paojiao). **Food Chemistry**, [S. l.], v. 368, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130797.

YU, Jiao; ZHANG, Yiren; WANG, Qiaojun; YANG, Lixue; KARRAR, Emad; JIN, Qingzhe; ZHANG, Hui; WU, Gangcheng; WANG, Xingguo. Capsaicinoids and volatile flavor compounds profile of Sichuan hotpot as affected by cultivar of chili peppers during processing. **Food Research International**, [S. l.], v. 165, n. August 2022, p. 112476, 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112476. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112476>.

YUAN, Shaofeng; LI, Changjian; ZHANG, Yichi; YU, Hang; XIE, Yunfei; GUO, Yahui; YAO, Weirong. Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in food: A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 109, n. October 2020, p. 374–385, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.048>.

YUSOFF, Ida Madiha; MAT TAHER, Zarani; RAHMAT, Zaidah; CHUA, Lee Suan. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. **Food Research International**, [S. l.], v. 157, n. April, p. 111268, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111268. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>.

ZHANG, Shengping; WANG, Dian; HUANG, Jingying; HU, Yueming; XU, Yafei. Application of capsaicin as a potential new therapeutic drug in human cancers. **Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**, [S. l.], v. 45, n. 1, p. 16–28, 2019. DOI: 10.1111/jcpt.13039.

ZHONG, Yanqin; YANG, Mingliang; CHEN, Jingxin; MI, Hongbo; GE, Yonghong; LV, Jingyi; LI, Jianrong. Pre-crosslinking with putrescine improves mechanical and thermal properties of alginate film. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 340, n. June 2022, p. 111314, 2023. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111314. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111314>.

ZHOU, Mingyong; HU, Qiaobin; WANG, Taoran; XUE, Jingyi; LUO, Yangchao. Alginate hydrogel beads as a carrier of low density lipoprotein/pectin nanogels for potential oral delivery applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 120, p. 859–864, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.08.135. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.135>.

ZHU, Yiwen; LI, Xiang; JIANG, Shui; ZHANG, Yin; ZHANG, Lihua; LIU, Yuan. Multi-dimensional pungency and sensory profiles of powder and oil of seven chili peppers based on descriptive analysis and Scoville heat units. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 411, n. December 2022, p. 135488, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135488>.

## CAPÍTULO 2

**ARTIGO 1-** Caracterização da qualidade pós-colheita, carotenoides, compostos bioativos, perfil de voláteis e capsaicinoides de diferentes grupos varietais de pimenta *Capsicum* sp.

### RESUMO

Nesse estudo, foram avaliadas a qualidade físico-química, bioativos, voláteis e capsaicinoides das pimentas do gênero *Capsicum* sp. (Maria Bonita, Dedo-de-Moça, Bode, Malagueta e Habanero). Mesmo pertencendo à mesma espécie a Maria Bonita, Bode e Habanero, apresentam particularidades morfológicas e físico-químicas diferentes em função da diversidade genética. Cultivar Dedo-de-Moça apresentou o menor valor de L\*(35,32) e cromaticidade (41,52), apresentando-se mais escura e menos viva. A pimenta Malagueta obteve o menor valor de teor de água (70,43g/100g), conseqüentemente obteve maiores resultados nas demais avaliações. Os maiores teores de carotenoides foram encontrados para Dedo-de-Moça (1857,36 µg/g), bode (769,67 µg/g) e Habanero (774,49 µg/g), e maiores de teores de β-caroteno. As cultivares diferiram significativamente quanto aos teores de macrominerais, microminerais, e capsaicinoides sendo, Bode 51.964,91 SHU, Malagueta 120.403,69 SHU e Habanero com 128.086,00 SHU. As cultivares bode, Malagueta e Habanero se destacaram apresentando maiores teores de bioativos sendo promissor em aplicações alimentícias.

**Palavras-chave:** *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum*, análise de componentes principais, capsaicinoides.

# 1 INTRODUÇÃO

As pimentas (*Capsicum* sp.) representam um dos principais grupos de especiarias da culinária mundial, sendo utilizadas em diversos países (HEINRICH et al., 2015; MATTOS et al., 2008). Nos últimos dez anos, houve um aumento gradativo na produção mundial de pimentas e pimentões, totalizando 16,5% (FAOSTAT, 2023). No Brasil, em 2022, foi estimada uma produção anual de 28,3 mil toneladas (IBGE, 2023), sendo os principais produtores os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Sergipe (RIBEIRO et al., 2020).

Geralmente, as pimentas são consumidas frescas ou processadas para serem utilizadas como corantes (páprica) e condimentos, como tempero em pó, flocos e molhos (caiena, calabresa e malagueta) (BAENAS et al., 2019). As pimentas são conhecidas por apresentarem uma grande diversidade genética, variando em tamanho, forma, cor, aroma, sabor, pungência, compostos bioativos e potencial antioxidante (BIANCHI et al., 2016; CHUAH et al., 2008; COSTA et al., 2015), que possuem efeitos benéficos à saúde. Os compostos fenólicos e os carotenoides são encontrados em abundância nesses frutos (GONTIJO et al., 2012; NEITZKE et al., 2015).

A pimenta Maria Bonita (*C. chinense*) foi desenvolvida pela Universidade Federal de São Carlos e lançada no mercado nacional em 2020 (SALA et al., 2020). A Dedo-de-Moça (*C. baccatum*) é uma das pimentas mais consumidas no Brasil, com destaque nas regiões Sul e Sudeste (CARVALHO et al., 2006; RIBEIRO; CARVALHO; LANA, 2021). A pimenta Bode (*C. chinense*) é a mais popular na Região Centro-Oeste sendo muito apreciada no Estado de Goiás (CARVALHO et al., 2006). A pimenta Malagueta (*C. frutescens*) apresenta frutos levemente alongados e eretos e sua denominação varia de acordo com o seu tamanho (RIBEIRO et al., 2020). A pimenta Habanero (*C. chinense*) é originária da península do Yucatã, entre o México e Belize, onde é conhecida como "Scotch Bonet" (CARVALHO et al., 2006).

A variabilidade entre as características morfológicas e químicas podem ocorrer, inclusive, entre pimentas de uma mesma espécie cultivadas em ambientes diferentes, já que as particularidades de cada região, bem como as técnicas de cultivo, exercem influência direta sobre a qualidade do fruto (GONTIJO et al., 2012; MECKELMANN et al., 2015). As qualidades fisiológica, química e física de pimentas cultivadas no Brasil vêm sendo estudadas (MATTOS et al., 2008; PEREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2021),

bem como suas propriedades nutricionais e medicinais (CARVALHO et al., 2014; PINTO; PINTO; DONZELES, 2013).

As variações nos compostos bioativos e voláteis podem impactar tanto o sabor geral quanto o aroma das variedades de pimenta, tornando-as únicas na percepção sensorial e nas suas aplicações medicinais. Além disso, a presença de compostos específicos, como os capsaicinoides, nas variedades de pimenta influencia não apenas os seus níveis de pungência, mas também os seus potenciais efeitos para a saúde. Os capsaicinoides têm sido associados a vários benefícios à saúde, incluindo alívio da dor, controle de peso e efeitos anti-inflamatórios (HERNÁNDEZ-PÉREZ et al., 2020).

Informações sobre a qualidade pós-colheita e teores de compostos bioativos de frutos de pimenta são escassos. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade pós-colheita, carotenoides, compostos bioativos, perfil de voláteis e teor de capsaicinoides de diferentes pimentas do gênero *Capsicum* sp.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de pimentas Maria Bonita (*C. chinense*), Dedo-de-Moça (*C. baccatum*), Bode (*C. chinense*), Malagueta (*C. frutescens*) e Habanero (*C. chinense*) foram adquiridos comercialmente na Central de Abastecimento de Goiás S/A (CEASA), diretamente do produtor rural da região de Petrolina de Goiás, GO (-16°09'47.2"N 49°20'04.3"W). Após a aquisição dos frutos, estes foram transportados para o Laboratório de Físico-química, do Instituto Federal Goiano (IF-Goiano) – Campus Rio Verde, onde foram selecionados e sanitizados (hipoclorito de sódio 100 mg L<sup>-1</sup>, por 10 min) e acondicionados em sacos plásticos de polipropileno (PP) e armazenados a 5 °C e -80° C para as execuções das análises.

### 2.1 Dimensões e cor dos frutos

Para a obtenção das dimensões dos frutos de pimenta foram realizadas as aferições longitudinal, transversal e espessura do mesocarpo dos frutos com uso de um paquímetro digital. A avaliação de cor dos frutos de pimenta foi realizada com colorímetro Minolta® CR-400 Chroma Meter (Konica Minolta Co., Osaka, Japão), calibrado de acordo com os parâmetros de iluminância D<sub>65</sub> usando a placa refletora branco padrão e a leitura realizada

diretamente na amostra através de feixe disparado pelo equipamento. Os parâmetros L\* (luminosidade), C\* (Chroma: saturação) e °h (ângulo hue: tonalidade) que foram obtidos pelo próprio equipamento, através das coordenadas do espaço de cor CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*).

## **2.2 Composição centesimal**

O teor de água ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi determinado por secagem de 2 g de amostra em estufa com circulação de ar a 105 °C até peso constante pelo método n° 968.11 (AOAC, 2019). As cinzas ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foram quantificadas após a pesagem da matéria seca por incineração em mufla a 550 °C pelo método n° 923.03 (AOAC, 2019). Os lipídeos ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foram quantificados utilizando extração a frio (Bligh Dyer, 1959). O teor de proteínas ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi determinado pelo método microKjeldhal, n° 960.52 (AOAC, 2019). O teor de carboidratos ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi determinado pela diferença do teor de água, cinzas, lipídeos e proteínas, de acordo com o método n° 926.08 (AOAC, 2019).

## **2.3 Sólidos solúveis, pH, acidez titulável e atividade de água**

O teor de sólidos solúveis foi avaliado utilizando refratômetro digital (ATAGO™ PR-101α, Fisher Scientific, Hampton, EUA). O pH foi obtido utilizando potenciômetro (Luca 210 P, MS Tecnoyon, Piracicaba, Brasil), de acordo com o método n° 943.02 (AOAC, 2006). Para determinar a acidez titulável uma solução contendo 5 g de amostra em 50 mL de água destilada foi titulada com NaOH (0,1 mol/L) até o pH 8,2, onde se considera que todo ácido cítrico, ácido orgânico predominante em pimentas, foi titulado (MATTOS et al., 2007; MORETTI; SARGENT; HUBER, 1998). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico por kg de amostra. Para a determinação da atividade de água ( $A_w$ ), a amostra previamente triturada foi inserida em cápsula circular de polietileno do HygroPalm AW1 (Rotronic, AW 1, Bassersdorf, Suíça) e a leitura realizada automaticamente.

## **2.4 Macro e microminerais**

O cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S) manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu) e boro (B) foram determinados por

espectrofotometria de absorção atômica (EAA), pelo método n° 985.35 (AOAC, 2019). Os resultados dos macrominerais (P, K, Ca, Mg e S) foram expressos em g kg<sup>-1</sup> e dos microminerais (B, Zn, Cu, Fe e Mn) foram expressos em mg kg<sup>-1</sup>.

## 2.5 Compostos bioativos

### 2.5.1 Carotenoides e β-caroteno

O teor de carotenoides foi determinado de acordo com RODRIGUEZ-AMAYA (2001). Os carotenoides das amostras foram extraídos com acetona, filtrados e transferidos para um funil de separação com éter de petróleo, onde os carotenoides foram particionados. A acetona foi removida da mistura através de lavagens sucessivas com água destilada, descartando a fase aquosa inferior. A fase etérea foi coletada em um balão volumétrico com auxílio de um funil de vidro com lã de vidro e sulfato de sódio anidro para remoção do efluente e com o volume ajustado com éter de petróleo. Alíquotas da amostra foram transferidas para cubetas de vidro e realizada a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-1900i, Kyoto, Japão) a 450 nm, utilizando éter de petróleo como solução de referência. O carotenoide foi calculado com base no seu coeficiente de extinção (2592) em éter de petróleo, e expressa em micrograma de carotenoides por grama de pimenta (µg/g).

A identificação e quantificação de β-caroteno foram realizadas em um sistema HPLC (SHIMADZU, LC-20AT, Kyoto, Japan). Uma alíquota de 5 mL do extrato de carotenoides foi evaporada com auxílio de nitrogênio gasoso, suspensa com 2mL de acetona, e filtradas em membranas de fluoreto de polivinilideno em tubos tipo *vial*, em seguida, foi realizada as injeções de 20 µL, com detector de arranjo de diodos. A separação dos carotenoides foi realizada em coluna Thermo C18 ODS Hypersil de 5 µm de 4,6 x 150 mm, à temperatura de 25 °C. Utilizando como fase móvel uma mistura de acetonitrila:metanol:acetato de etila (8:1:1), sob uma vazão de 0,8 mL/min. A concentração foi calculada a partir de uma curva padrão de β-caroteno (Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, EUA) e expressa como µg g<sup>-1</sup>. O software LCSolution (versão 5.57) foi utilizado para processar os dados.

### 2.5.2 Vitamina C

Para a determinação de vitamina C, foram homogeneizados 5 g da amostra em 50 mL de ácido oxálico 2% e filtrados. Foram titulados 10 mL de alíquotas com diclorofenol-indofenol 0,2%. Os resultados foram expressos em miligramas de ácido ascórbico reduzido por 100 g de amostra (BENASSI; ANTUNES, 1988).

### 2.5.3 Compostos fenólicos totais e Atividade antioxidante

Para a quantificação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante a extração dos frutos pimentas foi realizada de acordo com LARRAURI; RUPÉREZ; SAURACALIXTO (1997) com modificações. Foi homogeneizado 1 g de pimenta com 40 mL de metanol 50% aquoso e, após 60 min, foi filtrado. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. O resíduo foi submetido a uma segunda extração com 40 mL de acetona 70% aquosa e, após 60 min, o filtrado foi transferido para o mesmo balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante. Após, o volume da extração foi completado para 100 mL com água destilada.

Para a quantificação dos compostos fenólicos totais, 200  $\mu$ L do extrato de pimenta foi adicionado de 1,9 mL do reagente Follin-Ciocalteau em água destilada (1:9 v/v). Para neutralizar a mistura, o mesmo volume de solução aquosa de carbonato de sódio (60 g L<sup>-1</sup>) foi usado. Após 120 min da reação em temperatura ambiente e ausência de luz, a absorbância foi lida em 725 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (g 100 g<sup>-1</sup>) (LI et al., 2009).

A atividade antioxidante foi determinada pelos métodos de ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico), DPPH (2,2-difenil-1picril-hidrazila) e FRAP (redução de ferro). A capacidade de capturar o radical ABTS<sup>\*+</sup> (foi determinada de acordo com RUFINO et al. (2010). O radical ABTS<sup>\*+</sup> foi preparado a partir da reação de 7 mM de solução aquosa de ABTS com 145 mM de persulfato de potássio. A mistura foi mantida em repouso por 14h, na ausência de luz e temperatura ambiente. Alíquotas de 30  $\mu$ L dos extratos foram adicionados a 3 mL de solução diluída de radical ABTS<sup>+</sup>, e as absorbâncias das misturas foram lidas ao 6 min. A atividade antioxidante foi calculada utilizando curva padrão de Trolox e suas respectivas porcentagens de inibição.

O sequestro do radical DPPH• foi determinado conforme proposto por BRANDWILLIAMS; CUVELIER; BERSSET (1995), com modificações. Alíquotas de 0,1 mL dos

extratos foram adicionados a 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (25 mg. L<sup>-1</sup>), e mantidas à temperatura ambiente, com luminosidade controlada, por 30 min. A absorbância das amostras foi determinada a 515 nm, em espectrofotômetro UV/Visível (UV-5100 Spectrophotometer, Metash,) e percentual de descoloração.

A avaliação pelo método de FRAP foi realizada de acordo com Pulido; Bravo; Saura-Calixto (2000). A solução de FRAP foi preparada misturando 25 mL de tampão de acetato, 2,5 mL de solução de TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) e 2,5 mL de solução de FeCl<sub>3</sub>. Foram adicionados 90 µL de extrato em 270 µL de água destilada e 2,7 mL solução FRAP. A solução foi mantida em repouso por 30 min a 37 °C, na ausência de luz. A absorbância foi lida a 595 nm em espectrofotômetro UV/Visível (UV-5100 Spectrophotometer, Metash). Soluções de sulfato ferroso foram usadas para preparar a curva padrão. Os resultados foram expressos em equivalente de sulfato ferroso (mg g<sup>-1</sup>).

## 2.6 Compostos voláteis por headspace (CG/MS)

O perfil de voláteis foi realizada segundo ALVES et al. (2023) com condições adaptadas. As amostras de pimentas (0,5 g cada) foram analisadas em cromatógrafo a gasoso (Shimadzu Nexis, GC2030, Kyoto, Japão) acoplado ao espectrômetro de massas, equipado com coluna SH-Rxi-5Sil-ms (30 m x 250 µm, 0.25 µm). Em frasco headspace 0,5g da amostra de pimenta foi pesado e incubada com temperatura de incubação a 80°C, tempo de incubação de 30 min e velocidade de 250rpm. A escala de temperatura do forno foi inicialmente mantida a 40 °C por 5 minutos, depois aumentado para 145 °C a uma taxa de temperatura de 5 °C/min até 145 °C, e finalmente aumentou a uma taxa de 20 °C/min até 250 °C, onde permaneceu por 15 min. O tempo de análise foi de 46 minutos.

O volume de 1,0 mL foi injetado no cromatógrafo, no modo split com razão de 1:10, com gás de arraste hélio (5.0 analítico), tempo de equilíbrio de 3 minutos, com pressão 5.4 kPa, 1,05 mL/min de vazão e velocidade linear de 37.0 cm/s. A temperatura do injetor, da interface e da fonte de íons foi mantida a 250°C. A ionização eletrônica foi aplicada a 70 eV e os espectros de massas operou em modo scan registrando íons na faixa de 50 a 500 m/z com tempo scan de 150 ms e foram comparados com os compostos de referência da biblioteca NIST 17.

## 2.7 Capsaicinoides

A avaliação dos capsaicinoides dos frutos de pimentas foram realizadas nos 3 grupos varietais que obtiveram maiores teores de compostos fenólicos, de acordo o Método 995.03 (AOAC, 2006), com adaptações. Para a extração dos capsaicinoides, foram adicionados 5 g de amostras de pimentas liofilizadas a 100 mL de álcool etílico P.A., em reboilers acoplados ao extrator de soxhlet (Químis Q-328G26, Diadema, SP, Brasil) por 5 h. Após o resfriamento, os reboilers foram completados com álcool etílico e transferidos para tubos de vidro com tampas para evitar perdas por evaporação.

A capsaicina, a dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina foram identificadas e quantificadas por cromatografia líquida de alta eficiência, em cromatógrafo acoplado ao sistema de bomba quaternária LC20AT e forno CTO20A (Shimadzu Co., Kyoto, Japão). Um volume de 20 µL da amostra foi injetado em coluna cromatográfica C18 com fase reversa (4,6 mm x 150 mm x 5 µm tamanho de partícula) (Phenomenex, Torrance, CA, USA). A separação foi realizada a 40 °C, com uma fase móvel de acetonitrila e água acidificada com 1% de ácido acético (40:60 v/v). O fluxo foi mantido a 1,5 mL min<sup>-1</sup> e o tempo total de corrida foi de 25 min. A detecção dos capsaicinoides foi realizada a 280 nm com detector de arranjo de diodos. A identificação dos capsaicinoides se deu com a comparação do tempo de retenção dos picos encontrados para as amostras com os obtidos a partir de padrão comercial (Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA). O LCSolution Software (versão 5.57) foi usado para processar os dados. Os cálculos foram realizados conforme AOAC (2006) e os resultados foram expressos em unidades de calor de Scoville (SHU), com capsaicinoides totais obtidos pela soma das concentrações de capsaicina, dihidrocapsaicina e nordihidrocapsaicina.

## 2.8 Análise estatística

Foi usado o delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram analisados usando análise de variância unidirecional (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise exploratória dos dados foi realizada utilizando o procedimento de classificação não supervisionada análise de componentes principais (PCA). Os dados foram analisados através do software RStudio, e gráficos GraphPad Prism 8.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação morfológica e colorimétrica dos frutos

Houve diferença significativa entre os genótipos quanto ao comprimento e diâmetro dos frutos e espessura do mesocarpo (Tabela 1). As pimentas Maria Bonita, Bode e Habanero, mesmo pertencendo à mesma espécie, *C. chinense*, apresentam suas particularidades morfológicas e físico-químicas em função da alta diversidade genética. A pimenta Maria Bonita (3,90 cm) apresentou comprimento semelhante ao da Habanero (3,60 cm) e menor que o da Bode (1,72 cm). Os diâmetros desses três genótipos foram diferentes. O diâmetro dos frutos da Maria Bonita foi de 2,52 cm, da Habanero foi de 3,10 cm e da Bode foi de 2,24 cm.

A identificação das diferentes espécies nos grupos varietais pertencentes ao gênero *Capsicum* é realizado com base em caracteres morfométricos e genéticos da planta. A identificação visual com base em características morfológicas da planta, como posição da flor, coloração, formato e tamanho de frutos e sementes entre outros são características que possibilitam a identificação das diferentes espécies de pimentas *Capsicum* spp. (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008). Com o melhoramento genético e hibridização, resultante do cruzamento de diferentes espécies de pimentas, dificulta a identificação com base em apenas caracteres morfológicos visuais. Desta forma a taxonomia integrativa utiliza caracteres genéticos do DNA da planta e morfológicos, que possibilitam identificar de forma mais acurada os grupos varietais, híbridos e cultivares dentro do gênero.

As distintas espécies de *Capsicum* spp. possuem morfologia variada de arquitetura de plantas, flores e frutos, essa variação morfológica dentro do gênero *Capsicum* é resultante de uma diversidade de genes dominantes e hereditários, que interagem entre si resultando em distintas formas geométricas, cores, sabores e pungência, característicos nas diferentes espécies. Essas características agrônômicas desejáveis foram selecionadas pelo homem ao longo do processo evolutivo de domesticação das espécies. Desta forma o gênero *Capsicum* apresenta uma diversidade

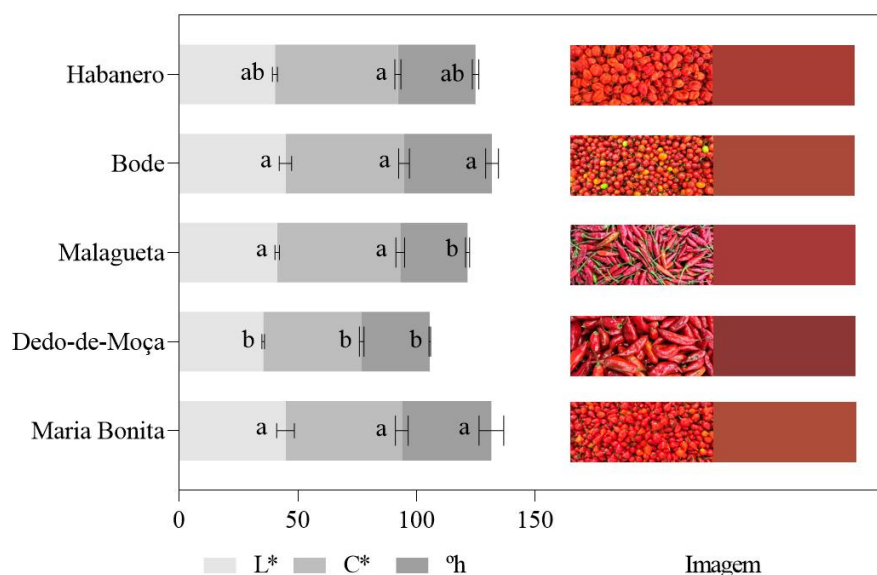
de espécies e características agronômicas distintas que são capazes de atender diversos nichos de mercados e consumidores.

**Tabela 1.** Avaliação morfológica dos frutos de pimenta, quanto ao seu comprimento, diâmetro e espessura do mesocarpo (cm).

| Cultivar | Comprimento (cm)         | Diâmetro (cm)            | Espessura (cm)            |
|----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| MB       | 3,90 <sup>b</sup> ± 1,44 | 2,52 <sup>b</sup> ± 0,50 | 0,27 <sup>b</sup> ± 0,21  |
| DM       | 9,60 <sup>a</sup> ± 3,23 | 2,54 <sup>b</sup> ± 1,01 | 0,34 <sup>a</sup> ± 0,43  |
| BD       | 1,72 <sup>c</sup> ± 0,34 | 2,25 <sup>c</sup> ± 0,25 | 0,24 <sup>bc</sup> ± 0,20 |
| ML       | 3,78 <sup>b</sup> ± 2,97 | 0,95 <sup>d</sup> ± 0,41 | 0,09 <sup>d</sup> ± 0,08  |
| HB       | 3,60 <sup>b</sup> ± 0,82 | 3,10 <sup>a</sup> ± 1,06 | 0,19 <sup>c</sup> ± 0,01  |
| CV (%)   | 4,66                     | 3,19                     | 10,35                     |

MB (Maria Bonita); DM (Dedo-de-Moça); BD (Bode); ML (Malagueta) e HB (Habanero). CV (Coeficiente de Variação). \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Houve diferença entre as cultivares quanto à cor (Figura 1). A cultivar Dedo-de-Moça apresentou o menor valor de L\*, de 35,32, ou seja, apresentou-se mais escura do que as demais cultivares. Esta cultivar também apresentou o menor valor de cromaticidade (41,52), mostrando a cor menos viva.



**Figura 1.** Avaliação colorimétrica dos frutos de pimenta: Luminosidade (L\*), Cromaticidade (C\*) e ângulo hue (°h), com ilustração dos frutos e cor. Letras diferentes no mesmo parâmetro colorimétrico diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares Habanero, Dedo-de-Moça e Malagueta apresentaram os menores ângulos hue, de 31,72, 28,73 e 28,31, respectivamente. No entanto, todas as cultivares avaliadas mantiveram-se no mesmo quadrante do espaço de cores, de 0° a 90°, que varia

de vermelho a amarelo (MCGUIRE, 1992). Em pesquisa com cinco híbridos de pimenta e cultivar BRS Moema, MARTINEZ et al., (2021) encontraram valores semelhantes de parâmetros de cor nesses diferentes frutos do gênero *Capsicum*. A cor vermelha dos frutos da pimenta é característica devido à presença de carotenoides nos frutos (BAENAS et al., 2019; TAN et al., 2021).

A qualidade da pimenta está diretamente relacionada aos seus parâmetros de cor, essenciais para determinar a maturidade fisiológica das sementes e a qualidade do produto. Estudos indicam que a cor dos frutos é um dos principais parâmetros utilizados para verificar a maturidade fisiológica de sementes de pimenta (OLIVEIRA et al., 2022). Além disso, a cor e a pungência das pimentas são considerados os principais parâmetros de qualidade decisivos para a compra e escolha do consumidor (CHEN et al., 2022). Além disso, a cor também é um atributo sensorial crucial em diversos produtos, podendo influenciar a qualidade sensorial do produto final (CHEN et al., 2022).

### 3.2 Composição centesimal

Na avaliação de características químicas de composição centesimal dos frutos de pimenta (Tabela 2) o teor de água da Maria Bonita (88,80 g 100 g<sup>-1</sup>), Dedo-de-Moça (86,18 g 100 g<sup>-1</sup>) e Habanero (87,45 g 100 g<sup>-1</sup>) não apresentaram diferença significativa entre si. Já a Malagueta (70,43 g 100 g<sup>-1</sup>) obteve um o valor menor comparado às demais cultivares, conseqüentemente obteve um maior valor de resíduo mineral fixo (1,48 g 100 g<sup>-1</sup>) diferenciando significativamente de todas as demais.

As cinzas de uma fruta são compostas por resíduo inorgânico, que consiste em minerais em grande quantidade, como potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (MARTINEZ et al., 2021). Os quais possuem ação em efeitos necessários como equilíbrio hidroeletrólítico (CUPPARI; BAZANELLI, 2010), absorção de nutrientes (BAZANELLI; CUPPARI, 2009), função neuromuscular, coagulação (FRANÇA; MARTINI, 2014), metabolismo energético, balanço eletrolítico, nervos e músculos (MONTEIRO; VANNUCCHI, 2010) respectivamente. Portanto, a quantificação do elevado teor de cinzas pode implicar num elevado teor destes minerais em uma fruta, os quais possuem ação nutricional (MARTINEZ et al., 2021).

O valor de proteína variou de 1,14 g 100 g<sup>-1</sup> de Maria Bonita, a 3,77 g 100 g<sup>-1</sup> de Malagueta. SILVA (2017) obteve 1,73 g 100 g<sup>-1</sup> de proteína para Malagueta um valor bem abaixo do encontrado. Todos os componentes químicos encontrados nos frutos

*Capsicum*, são de quantidades variáveis (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008). Os fatores ligados à planta determinam o desenvolvimento dos frutos de pimenta, como a produtividade, genética, espécie, cultivar, absorção de nutrientes, doenças, pragas, manejo e todos fatores extrínsecos (SILVA, 2022) que podem assim sofrer alterações químicas, físicas ou biológicas nos frutos de pimentas.

No estudo desenvolvido por LUTZ; FREITAS (2008) para composição nutricional e características de pimentas brasileiras da coleção de germoplasma da Embrapa Hortaliças dentre as cultivares analisadas de similaridade com Dedo-de-Moça, Bode e Malagueta. Dentre os resultados encontrados por LUTZ; FREITAS (2008) os frutos de pimenta obteve valores de lipídeos de 1,4 g 100 g<sup>-1</sup> a 5,9 g 100 g<sup>-1</sup>, sendo que os valores encontrados neste estudo variou de 0,2 g 100 g<sup>-1</sup> a 0,65 g 100 g<sup>-1</sup> das mesmas cultivares. Para Malagueta teve valores com maior diferença para teor de água (63,5 g 100 g<sup>-1</sup>) abaixo do encontrado no presente estudo que foi de 70,43 g 100 g<sup>-1</sup>. Para avaliação de carboidratos e cinzas houve similaridade nos resultados de ambas pesquisas para Dedo-de-Moça, Bode e Malagueta.

Os carboidratos são componentes nos frutos *Capsicum*, sendo a frutose o principal açúcar. Frutose e glicose perfazem juntas cerca de 70% dos açúcares redutores. Os açúcares totais e redutores estão em níveis máximos em pimentas suculentas e vermelhas (Lutz; Freitas, 2008). Os carboidratos desempenham uma função estrutural de crescimento e desenvolvimentos das plantas e frutos. O reino vegetal tem contribuído de forma significativa para o fornecimento de metabólicos secundários como a capsaicina, um composto fenólico encontrado nas pimentas, com aplicações em alimentos, cosméticos e medicamentos, muitos desde de grande valor agregado (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010)

Os altos valores obtidos no fruto de Malagueta com diferença significativa para toda a caracterização de composição centesimal (exceto no teor de água) sólidos solúveis (Tabela 2) e compostos bioativos (Tabela 4), pode ser explicado pois quando foi realizada a aquisição dos frutos foram observados sinais de senescência. A pimenta malagueta já possui características de possuir o seu mesocarpo menor, possuindo pouca polpa (Tabela 1), e quando o fruto atinge o seu ponto de maturidade fisiológica do fruto e começa a deterioração celular como a perda de água do fruto apresentando sinais de murchamento. Fatores relacionados a morfologia vegetal, ao período e forma de colheita,

armazenamento pós-colheita e o transporte podem ser propício a ocasionar essas alterações quando não realizados de forma adequada.

Os vegetais crus como pimentas frescas contêm cerca de 90% de água, 6 a 9% de carboidratos e teor muito baixo ou nenhum teor de gordura e proteínas, por outro lado, após processos com perda de água, eles fornecem uma concentração maior dos outros constituintes químicos (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016).

**Tabela 2.** Características químicas de composição proximal: Teor de água, Cinzas, Proteína, Lipídeos e Carboidratos ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Características químicas quanto ao: Teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), pH, Acidez (% de ácido cítrico) e Atividade de água (aW).

| Composição centesimal    |  |  |  |  |   |
|--------------------------|--|--|--|--|---|
| Cultivar                 | Teor de água<br>( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) | Cinzas<br>( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) | Proteína<br>( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) | Lipídeos<br>( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) | Carboidrato<br>( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) |
| MB                       | $88,80^a \pm 0,36$                                 | $0,70^{bc} \pm 0,01$                         | $1,30^{bc} \pm 0,09$                           | $0,08^d \pm 0,02$                              | $9,13^b \pm 0,33$                                 |
| DM                       | $86,18^b \pm 1,67$                                 | $0,64^c \pm 0,05$                            | $1,14^c \pm 0,86$                              | $0,20^c \pm 0,03$                              | $11,84^b \pm 1,35$                                |
| BD                       | $86,03^b \pm 0,34$                                 | $0,80^b \pm 0,02$                            | $2,27^b \pm 0,15$                              | $0,27^b \pm 0,02$                              | $10,61^b \pm 0,44$                                |
| ML                       | $70,43^c \pm 0,18$                                 | $1,48^a \pm 0,04$                            | $3,77^a \pm 0,17$                              | $0,65^a \pm 0,02$                              | $23,68^a \pm 0,15$                                |
| HB                       | $87,45^{ab} \pm 0,54$                              | $0,70^{bc} \pm 0,07$                         | $1,78^{bc} \pm 0,07$                           | $0,30^b \pm 0,02$                              | $7,80^b \pm 3,88$                                 |
| CV (%)                   | 0,98   | 4,78   | 9,62   | 6,89   | 14,60   |
| Características químicas |  |  |  |  |   |
| Cultivar                 | Sólidos solúveis<br>( $^{\circ}\text{Brix}$ )      | pH   | Acidez<br>(% ácido cítrico)                    | Atividade de água<br>(aW)                      |   |
| MB                       | $6,40^e \pm 0,36$                                  | $5,98^{ab} \pm 0,08$                         | $0,10^c \pm 0,01$                              | $0,95^a \pm 0,01$                              |   |
| DM                       | $10,60^b \pm 0,26$                                 | $5,77^{bc} \pm 0,03$                         | $0,13^b \pm 0,01$                              | $0,95^a \pm 0,01$                              |   |
| BD                       | $9,30^c \pm 0,17$                                  | $6,03^a \pm 0,13$                            | $0,10^c \pm 0,00$                              | $0,95^a \pm 0,00$                              |   |
| ML                       | $13,67^a \pm 0,30$                                 | $5,60^c \pm 0,00$                            | $0,23^a \pm 0,03$                              | $0,93^a \pm 0,02$                              |   |
| HB                       | $7,90^d \pm 0,20$                                  | $5,13^d \pm 0,12$                            | $0,14^b \pm 0,04$                              | $0,95^a \pm 0,00$                              |   |
| CV (%)                   | 2,82   | 1,48   | 6,27   | 0,97   |   |

MB (Maria Bonita); DM (Dedo-de-Moça); ML (Malagueta); BD (Bode) e HB (Habanero). CV (Coeficiente de Variação). \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Sólidos solúveis, pH e acidez titulável e atividade de água

A determinação do teor de sólidos solúveis totais pH, acidez titulável e atividade de água (Tabela 2), são importantes, principalmente, como fonte de informação para indústrias de processamento de pimenta (MARTINEZ et al., 2021). O teor de sólidos solúveis de todas as cultivares apresentaram diferença significativa entre si, sendo a Malagueta com maior valor de  $13,67^{\circ}$  Brix. LUTZ; FREITAS (2008) em seu estudo obtiveram valores similares para as espécies *C. chinense* e *C. baccatum*. Os resultados de pH e acidez titulável das cultivares Maria Bonita, Dedo-de-Moça, Malagueta e Habanero

foram complementares. Os valores de pH variaram de 5,13 à 6,03 e para acidez titulável 0,10 a 0,23.

MARTINEZ et al. (2021) avaliando pimentas *C. chinense* obtiveram valores complementares para o pH e acidez mostrando similaridade com este estudo. O valor do pH do fruto da pimenta é um fator essencial a ser considerado na indústria, onde é necessária uma condução adequada no processo térmico e de acidificação para o processamento da pimenta, em frutos com pH mais elevado. A acidez dos frutos está relacionada à deterioração, uma vez que frutos com menor acidez apresentam maior estabilidade à deterioração por microrganismos (MARTINEZ et al., 2021).

Não houve diferença entre as cultivares quanto à atividade de água (aW). Os valores de aW variaram de 0,93 a 0,95 e são compatíveis com os de outras pimentas (REBOUÇAS; VALVERDE; TEIXEIRA, 2013) e a maioria das hortaliças (PINHEIRO et al., 2020). A aW assume valores de 0 a 1, sendo considerados alimentos ricos em água livre acima de 0,9 um fator que influencia diretamente nas características dos alimentos e na sua estabilidade (SCOTT, 1957).

### 3.4 Macro e microminerais

Para as plantas, além do oxigênio, carbono e hidrogênio, existem elementos que elas absorvem na forma de íons da solução do solo. Os de maiores quantidades são chamados macrominerais, e em baixas concentrações são chamados de microminerais (Tabela 3). Ao lado de fatores como a água, luz e gás carbônico esses elementos minerais, constituem a matéria-prima que a maquinaria biossintética da célula utiliza para seu crescimento e desenvolvimento (OLIVEIRA, 2015). Os nutrientes minerais têm por definição funções específicas e essenciais no metabolismo da planta, participando como constituintes de estruturas orgânicas, ativadores enzimáticos ou reguladores osmóticos (SILVA, 2022).

As cultivares diferiram significativamente quanto aos teores de macrominerais e microminerais (Tabela 3). O maior teor de potássio foi encontrado para a cultivar Bode. As cultivares Habanero e Malagueta apresentaram teores semelhantes de Ca, e cultivares Habanero Maria Bonita apresentaram teores semelhantes de Mg. As cultivares Maria Bonita, Malagueta e Habanero apresentaram valores semelhantes de Cu, e Dedo-de-Moça, Bode e Habanero apresentaram teores semelhantes de B.

MACEDO et al. (2020) avaliando alguns dos elementos de Macro e microminerais em frutos de pimenta Malagueta submetidos a diferentes manejos de adubação fosfatada no tratamento onde o solo não recebeu adubação, e entre todos elementos avaliados (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn), apenas o Mg apresentou uma similaridade nos resultados encontrados, dos demais todos resultados do presente estudo estão com valores médios duas vezes maior.

**Tabela 3.** Teores de macrominerais ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) e microminerais ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) dos frutos de pimenta.

| T  | MACROMINERAIS $\text{g Kg}^{-1}$  |                           |                            |                           |                           |                          |
|----|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|    | N                                 | P                         | K                          | Ca                        | Mg                        | S                        |
| MB | 20,50 <sup>c</sup> ± 0,50         | 7,20 <sup>c</sup> ± 0,00  | 50,95 <sup>c</sup> ± 0,35  | 18,55 <sup>c</sup> ± 0,05 | 3,40 <sup>a</sup> ± 0,00  | 8,25 <sup>a</sup> ± 0,05 |
| DM | 18,60 <sup>d</sup> ± 0,50         | 6,10 <sup>e</sup> ± 0,05  | 54,07 <sup>d</sup> ± 0,30  | 14,55 <sup>d</sup> ± 0,15 | 2,90 <sup>c</sup> ± 0,00  | 5,40 <sup>b</sup> ± 0,10 |
| BD | 22,50 <sup>b</sup> ± 0,45         | 7,00 <sup>d</sup> ± 0,00  | 72,20 <sup>a</sup> ± 0,30  | 27,85 <sup>a</sup> ± 0,25 | 2,50 <sup>d</sup> ± 0,00  | 5,05 <sup>c</sup> ± 0,05 |
| ML | 25,80 <sup>a</sup> ± 0,00         | 7,80 <sup>b</sup> ± 0,00  | 55,65 <sup>c</sup> ± 0,65  | 23,90 <sup>b</sup> ± 0,00 | 3,05 <sup>b</sup> ± 0,05  | 4,50 <sup>d</sup> ± 0,00 |
| HB | 20,50 <sup>c</sup> ± 0,50         | 8,50 <sup>a</sup> ± 0,1   | 62,20 <sup>b</sup> ± 0,30  | 24,40 <sup>b</sup> ± 0,30 | 3,40 <sup>a</sup> ± 0,00  | 2,70 <sup>e</sup> ± 0,10 |
| CV | 2,02                              | 0,68                      | 0,69                       | 0,86                      | 0,73                      | 1,37                     |
| T  | MICROMINERAIS $\text{mg Kg}^{-1}$ |                           |                            |                           |                           |                          |
|    | Fe                                | Mn                        | Cu                         | Zn                        | B                         |                          |
| MB | 92,25 <sup>c</sup> ± 0,25         | 13,50 <sup>c</sup> ± 0,25 | 17,20 <sup>ab</sup> ± 0,26 | 19,90 <sup>c</sup> ± 0,10 | 22,05 <sup>c</sup> ± 1,55 |                          |
| DM | 123,25 <sup>b</sup> ± 0,15        | 33,50 <sup>c</sup> ± 0,10 | 14,45 <sup>c</sup> ± 0,15  | 26,80 <sup>c</sup> ± 0,00 | 93,85 <sup>b</sup> ± 1,55 |                          |
| BD | 97,50 <sup>d</sup> ± 0,10         | 41,30 <sup>b</sup> ± 0,20 | 14,30 <sup>c</sup> ± 0,00  | 23,65 <sup>d</sup> ± 0,15 | 93,85 <sup>b</sup> ± 1,55 |                          |
| ML | 115,30 <sup>c</sup> ± 1,00        | 55,60 <sup>a</sup> ± 0,80 | 17,70 <sup>a</sup> ± 0,40  | 39,20 <sup>a</sup> ± 0,40 | 93,85 <sup>b</sup> ± 1,55 |                          |
| HB | 133,20 <sup>a</sup> ± 0,80        | 21,30 <sup>d</sup> ± 0,00 | 17,00 <sup>b</sup> ± 0,00  | 28,20 <sup>b</sup> ± 0,40 | 98,50 <sup>a</sup> ± 0,00 |                          |
| CV | 0,52                              | 1,17                      | 1,39                       | 0,96                      | 1,72                      |                          |

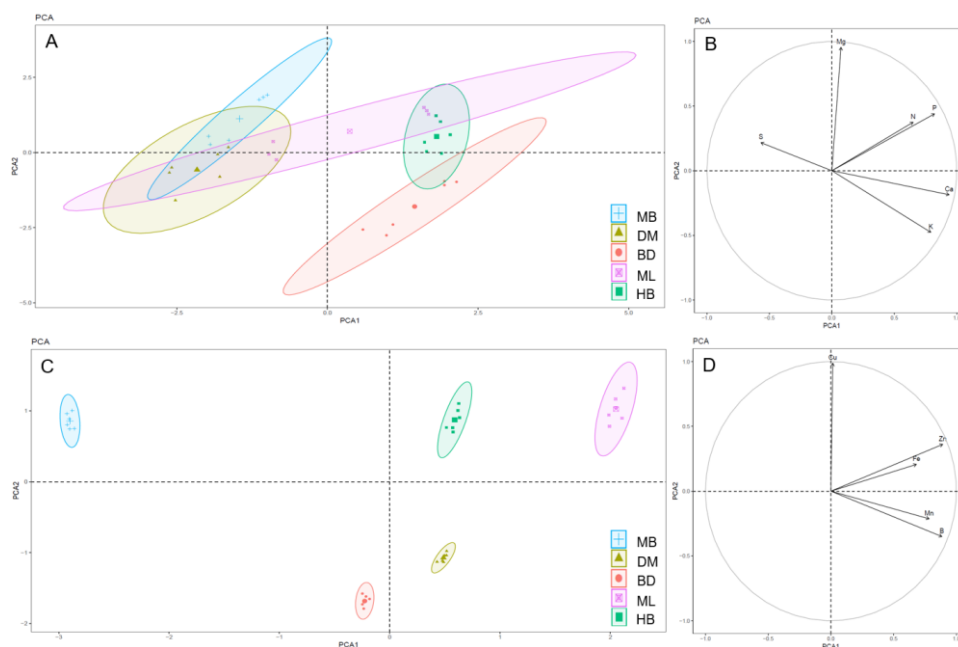
MB (Maria Bonita); DM (Dedo-de-Moça); ML (Malagueta); BD (Bode) e HB (Habenero). CV (Coeficiente de Variação). N – nitrogênio, P – fósforo, K – potássio, Ca – cálcio, Mg – magnésio, S – enxofre, Fe – ferro, Mn – manganês, Cu – cobre, Z – zinco, B – boro. \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A composição dos nutrientes do gênero *Capsicum* varia extremamente de acordo com espécie, variedade, estágio de maturidade e parte da planta (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016). A disponibilidade de N para raízes é um fator decisivo para o crescimento das plantas. Depois do N, K é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas. O requisito de K para o crescimento ideal das plantas é 20 a 50  $\text{g kg}^{-1}$  nas partes vegetativas, frutos carnosos e tubérculos (HAWKESFORD et al., 2012). Os valores encontrados nesse estudo obtiveram valores acima 50,95 a 72,20  $\text{g kg}^{-1}$ . Quando K é deficiente, o crescimento da planta é retardado (HAWKESFORD et al., 2012). O Zn é o segundo metal de transição mais abundante em organismos vivos depois do Fe. Concentração média total de Zn em solos cultivados é de cerca de 65  $\text{mg kg}^{-1}$  (BROADLEY et al., 2012).

Os minerais essenciais comuns encontrados em pimentas do maior ao menor são o potássio (K), fósforo (P), magnésio (Mg), cálcio (Ca), sódio (Na), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B), cobre (Cu) e selênio (Se) (BAENAS et al., 2019). A ingestão adequada de minerais é vital na prevenção e tratamento de muitas doenças crônicas comumente observadas em adultos diretamente afetados pela ingestão de minerais, como o cálcio acarretando osteoporose, ferro a anemia, e o magnésio a diabetes, além de desnutrição com baixos níveis de microminerais (MANZOOR et al., 2024).

Compreender a composição mineral das diferentes variedades de pimenta é importante para avaliar o seu valor nutricional e potenciais benefícios para a saúde. Os minerais são essenciais para nossa alimentação com diversas funcionalidades e potenciais terapêuticos como a produção de energia, bem-estar, crescimento, absorção adequada de vitaminas e outros nutrientes (MANZOOR et al., 2024).

Os dados obtidos para macro e microminerais também foram processados através da análise multivariada. A análise de componentes principais (PCA), foi utilizada para verificar os agrupamentos de acordo com suas maiores similaridades, tanto com os grupos varietais quanto aos elementos minerais. Na Figura 2 podem ser observados os gráficos de PCA e os gráficos de carga da PCA.



**Figura 2.** Gráfico de análise de componentes principais (PCA) de pimentas *Capsicum*, (A) macrominerais, (C) microminerais. Gráfico de carga da análise de componentes principais (PCA) de pimentas *Capsicum*, (B) macrominerais, (D) microminerais. MB - Maria Bonita, DM - Dedo-de-Moça, ML - Malagueta, BD – Bode, HB – Habanero, N - nitrogênio, P - fósforo, K - potássio, Ca - cálcio, Mg -magnésio, S - enxofre, Fe - ferro, Mn - manganês, Cu - cobre, Z - zinco, B - boro.

Na Figura 2 (A) temos os gráficos de PCA para os macrominerais e no (C) para os microminerais. Na imagem A podemos observar que formaram grupos com todas as cultivares de de pimenta avaliada. A pimenta Malagueta destacou-se entre todas, tendo a maior correlação entre as pimentas avaliadas (Maria Bonita, Dedo-de-Moça e Habanero), exceto com a pimenta Bode. A pimenta Bode teve correlação apenas com a pimenta Habanero. Já as pimentas Dedo-de-Moça e Maria Bonita tiveram correlação e formaram grupos com a pimenta Malagueta.

Em contrapartida na imagem C, os PCA para os microminerais, as cultivares não formaram agrupamentos, não apresentando correlação nos grupos varietais, mesmo tendo correlações positivamente como pode ser observado na Figura 2 (D), no gráfico de cargas de PCA.

Na Figura 2 (B) e (D) temos os gráficos de carga de PCA, para os macrominerais (B) e no (D) para os microminerais. Na imagem B, pode verificar que os elementos N (nitrogênio) e P (fósforo) tem uma forte correlação positivamente entre si para as cultivares Malagueta, Habanero e Bode (Figura 2 A), o que significa que as amostras de pimentas com alta concentração de nitrogênio, tendem a apresentar também alta concentração de fósforo. E ambas também estão correlacionadas positivamente ao Mg (magnésio) junto a pimenta Maria Bonita. O mesmo ocorre com o Ca (cálcio) e o K (potássio) que são correlacionados positivamente a cultivar Bode, ao mesmo tempo pode se observar que esses elementos são negativamente correlacionados ao S (enxofre), que está diretamente correlacionado a Maria Bonita.

Na Figura 2 (D), o gráfico de PCA para os microminerais, podemos observar correlação positiva entre o Zn (zinco) com o Fe (ferro) nas cultivares Malagueta e Habanero (Figura 2 D). Já o Mn (manganês) com o B (boro) com correlação positiva, porém baixa, com a pimenta Dedo-de-Moça. O Cu (cobre) não teve uma correlação positiva com outros elementos, porém está interligado positivamente com a Maria Bonita.

### **3.5 Compostos bioativos**

A presença de carotenoides (Tabela 4) em frutos de pimentas *in natura* está estritamente relacionada com o estágio de maturação no qual a cor dos frutos podem variar em composição e conteúdo, devido a diferenças genéticas (BAENAS et al., 2019). Os valores de carotenoides foram maiores para a cultivar Dedo de Moça diferindo

significativamente das demais cultivares (Maria Bonita, Bode, Malagueta e Habanero), esse valor pode ser correlacionado e observado na Figural na qual o resultado dos parâmetros colorimétricos.

Em geral as pimentas são boas fontes de carotenoides, provitamina A, como  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina e carotenoides oxigenados como luteína (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016), e apresentam um nível considerável de mecanismos antioxidante (MORÓN-ORTIZ et al., 2024; RUFINO et al., 2010). Além de desempenhar um papel fundamental na manutenção do crescimento e desenvolvimento normais dos tecidos epiteliais humanos (SUO et al., 2023). Os carotenoides são nutrientes essenciais, como fonte eficaz e abundante de aditivos utilizados na indústria de alimentos, médica e farmacêutica por serem ingredientes com atividades biológicas (CAMPOLI et al., 2018; LUO et al., 2022; SUO et al., 2023)

Comparados com os pigmentos industrializados os carotenoides que são amplamente existentes na natureza tem uma melhor e maior aceitação, melhorando a cor dos alimentos e aumentando a aceitabilidade sensorial do consumidor (SUO et al., 2023). As cores diversas e brilhantes dos frutos de pimentas originam dos pigmentos carotenoides pelo seu valor nutricional, estão entre os pigmentos vegetais mais importantes (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008).

Os teores de  $\beta$ -caroteno (Tabela 4) encontrados foram maiores para Bode, Dedo de Moça e Habanero foi de 103,39  $\mu\text{g/g}$ , 94,29  $\mu\text{g/g}$  e 80,74  $\mu\text{g/g}$ , não diferindo entre si. As cultivares Maria Bonita (22,14  $\mu\text{g/g}$ ) e Malagueta (52,36  $\mu\text{g/g}$ ) obtiveram menores valores. Dentre os carotenoides o  $\beta$ -caroteno é o mais abundante nos alimentos, e sua concentração é variável e influenciada por diversos fatores edafoclimáticas (MARCELINO et al., 2020; RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

Os valores obtidos para vitamina C (Tabela 4) a cultivar Habanero exibiu o melhor resultado (42,96 mg/ 100 g), seguido da Dedo-de-Moça (38,41 mg/ 100 g). LUTZ; FREITAS (2008); XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ (2016) ao avaliar em seus estudos os teores de vitamina C, em pimentas do gênero *Capsicum*, os resultados apresentaram similaridades com a cultivar Habanero (42,96 mg/100 g). LUTZ; FREITAS, (2008), não conseguiram detectar o valor de vitamina C para Malagueta, nesse estudo foi detectado com 22,23mg/ 100 g de ácido ascórbico para essa cultivar. A vitamina C possui propriedades antioxidantes e estão presentes em altas concentrações em vários tipos de

pimentas e as pimentas frescas estão entre as melhores fontes de vitamina C na dieta humana (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016).

**Tabela 4.** Compostos bioativos quanto ao teor de carotenoides,  $\beta$ -caroteno, Vitamina C, Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante por ABTS, DPPH e FRAP dos frutos de pimenta.

| Cultivar | Carotenoides<br>( $\mu\text{g/g}$ ) | $\beta$ -caroteno<br>( $\mu\text{g/g}$ ) | Vitamina C<br>(mg/100g) ácido ascórbico |                                  |
|----------|-------------------------------------|--|---|----------------------------------|
| MB       | 312,32 <sup>d</sup> $\pm$ 21,43     | 22,14 <sup>c</sup> $\pm$ 2,06            | 25,51 <sup>c</sup> $\pm$ 0,12           |                                  |
| DM       | 1857,36 <sup>a</sup> $\pm$ 44,08    | 94,29 <sup>a</sup> $\pm$ 8,14            | 38,41 <sup>b</sup> $\pm$ 0,68           |                                  |
| BD       | 769,67 <sup>b</sup> $\pm$ 67,84     | 103,39 <sup>a</sup> $\pm$ 23,49          | 22,40 <sup>d</sup> $\pm$ 1,16           |                                  |
| ML       | 556,66 <sup>c</sup> $\pm$ 55,06     | 52,36 <sup>bc</sup> $\pm$ 2,71           | 22,23 <sup>d</sup> $\pm$ 0,85           |                                  |
| HB       | 774,49 <sup>b</sup> $\pm$ 042,39    | 80,74 <sup>ab</sup> $\pm$ 4,83           | 42,96 <sup>a</sup> $\pm$ 0,60           |                                  |
| CV (%)   | 5,70                                | 16,19                                    | 2,52                                    |                                  |
| Cultivar | Fenólicos totais<br>(mg GAE/g)      | ABTS<br>(% descoloração)                 | DPPH<br>(% descoloração)                | FRAP<br>(mM de SF/g)             |
| MB       | 289,06 <sup>e</sup> $\pm$ 0,13      | 7,37 <sup>e</sup> $\pm$ 0,91             | 15,51 <sup>d</sup> $\pm$ 0,45           | 209,72 <sup>e</sup> $\pm$ 22,72  |
| DM       | 299,71 <sup>d</sup> $\pm$ 0,22      | 12,59 <sup>d</sup> $\pm$ 1,21            | 17,09 <sup>c</sup> $\pm$ 0,45           | 348,29 <sup>d</sup> $\pm$ 0,24   |
| BD       | 388,89 <sup>c</sup> $\pm$ 4,18      | 16,38 <sup>c</sup> $\pm$ 0,30            | 22,78 <sup>b</sup> $\pm$ 0,45           | 497,63 <sup>c</sup> $\pm$ 2,17   |
| ML       | 568,55 <sup>a</sup> $\pm$ 0,75      | 35,57 <sup>a</sup> $\pm$ 1,21            | 24,84 <sup>a</sup> $\pm$ 0,67           | 1184,43 <sup>a</sup> $\pm$ 17,97 |
| HB       | 427,03 <sup>b</sup> $\pm$ 2,09      | 18,31 <sup>b</sup> $\pm$ 0,81            | 16,67 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,97          | 706,17 <sup>b</sup> $\pm$ 26,8   |
| CV (%)   | 0,54                                | 3,84                                     | 2,79                                    | 2,11                             |

MB (Maria Bonita); DM (Dedo-de-Moça); ML (Malagueta); BD (Bode) e HB (Habanero). CV (Coeficiente de Variação). \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). EAG – equivalente de ácido gálico. SF – Sulfato ferroso.

A quantidade de compostos fenólicos (Tabela 4) encontrada variou de 289,06 à 568,55 mg EAG/100g, diferindo significativamente entre todos os frutos de pimentas avaliadas, destacando a Malagueta que obteve o maior resultado. Seguindo o exemplo e classificação de RUFINO et al. (2010) que avaliou os compostos fenólicos totais de frutas e as classificou em três categorias: baixo ( $< 100$  mg EAG/100 g), médio (100 à 500 mg EAG/100 g) e alto ( $> 500$  mg EAG/100 g), diante dessa classificação feita por Rufino, o presente estudo avaliando os frutos de pimenta não obteve nenhuma cultivar classificada com valores baixos, todas estão de médio a alto teor de polifenóis.

Os compostos fenólicos presentes nas pimentas do gênero *Capsicum* apresentam uma biodisponibilidade de 70%, quando comparadas a outras frutas e vegetais, provavelmente devido à ausência de proantocianidinas que são resistentes à ação das enzimas digestivas, (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016). A biodisponibilidade de bioativos é definida como a fração de um nutriente ingerido e que está disponível para o corpo utilizar (BOSSU; MENEZESC; NOGUEIRA, 2020; KARADAŞ; FISHER; KARA, 2020) dependendo do comportamento dentro das diferentes regiões do trato gastrointestinal (TGI)(TAN; ZHOU; MCCLEMENTS, 2022).

A atividade antioxidante é definida como a capacidade de um determinado composto ou misturas para reduzir pró-oxidantes ou reativos espécies, incluindo radicais livres (OLSZOWY; DAWIDOWICZ, 2018). Os teores de compostos antioxidante dos frutos de pimenta, são apresentados na Tabela 4. Os valores da cultivar Malagueta foram expressivos para todos os compostos antioxidantes avaliados (ABTS, DPPH e FRAP) diferindo significativamente das demais, em seguida ficou a Habanero que obteve bons resultados demonstrando assim uma cultivar com uma boa capacidade antioxidante. Não houve diferença apenas entre a Dedo-de-Moça – Habanero – Maria Bonita na % de descoloração pelo método de DPPH para Maria Bonita, Dedo-de-Moça, Bode e Habanero.

Os resultados de ABTS e DPPH foram calculados em porcentagem de descoloração. O grau de descoloração é indicativo do potencial antioxidante avaliado em pimentas, que pode ser expresso em porcentagem comparando a absorvância com amostras controle ou branco. Os radicais livres DPPH, que inicialmente apresentam coloração roxa por possuírem um elétron livre, descoloram quando um radical hidrogênio é doado por uma molécula antioxidante, perdendo a coloração roxa, diminuindo assim a absorvância (SOUSA et al., 2020). A baixa absorvância indica uma alta capacidade de eliminação de radicais livres (OLSZOWY; DAWIDOWICZ, 2018). O ensaio ABTS<sup>+</sup> afere a eliminação de radicais livres como a descoloração do reagente azul ABTS, enquanto o FRAP mede o potencial para reduzir o complexo amarelo férrico-TPTZ a um complexo azul ferroso-TPTZ por eletro doação de substâncias sob condições ácidas (NILSSON et al., 2005).

Os compostos bioativos das espécies de pimenta são conhecidos por suas propriedades analgésicas, antiobesidade, cardioprotetoras, farmacológicas, neurológicas e dietéticas (MENDES; GONÇALVES, 2020). A variação dos polifenóis na natureza, encontrada em materiais vegetais é afetado por fatores como, condições fisiológicas, genéticas, climáticas, de desenvolvimento e armazenamento, além do método de extração, de análise e solventes utilizados também devam ser considerados.

Os componentes bioquímicos que contribuem para a qualidade e o desenvolvimento dos frutos da pimenta são influenciados pela seleção da cultivar, pela variabilidade das condições ambientais, localizações geográficas (RAKESH et al., 2024), produtividade, genética, espécie, absorção de nutrientes, doenças, pragas, manejo e todos

fatores extrínsecos (SILVA, 2022) que podem assim sofrer alterações químicas, físicas ou biológicas nos frutos de pimentas.

Os frutos de pimentas apresentam macrominerais e microminerais, vitamina C, capacidade antioxidante e são uma fonte benéfica de compostos bioativos promotores da saúde, como carotenoides. A pimenta Malagueta obteve os maiores resultados para compostos fenólicos e capacidade antioxidante, seguidos das cultivares Habanero e Bode, esses resultados podem ser explicados pela presença dos capsaicinoides os compostos bioativos lipofílicos presentes em muitas pimentas do gênero *Capsicum* (LUO et al., 2020). Os metabólitos secundários como os compostos fenólicos mais abundantes nas plantas, compreendem uma ou mais estruturas de anéis aromáticos com grupos hidroxila, e a maioria dos efeitos protetores dos fenólicos em sistemas biológicos são atribuídos às suas atividades antioxidantes significativas (WANG et al., 2024).

### **3.6 Compostos voláteis (CG/MS)**

Dentre os voláteis detectados para as pimentas, Maria Bonita, Dedo-de-Moça, Bode, Malagueta e Habanero, foram considerados os 5 compostos majoritários por possuírem maior abundância ou área percentual (Tabela 5). As classes químicas como éster, álcool, aldeídos, ácidos, hidrocarbonetos são responsáveis pelo seu aroma característico nas pimentas. Vários estudos sugerem variações na composição fitoquímica e efeitos biológicos relacionados de diferentes cultivares de frutos de pimenta (MI et al., 2022).

Compostos voláteis estão presentes nos alimentos em quantidades pequenas, e podem mudar durante o armazenamento por meio de diversas reações, como degradação do ácido ascórbico ou oxidações (APICHARTSRANGKOON; CHAIKHAM; SRISAJJALERTWAJA, 2014), além de serem termolábeis, altamente susceptíveis a transformações químicas, tais como rearranjos, ciclização, hidrólises e transformações de voláteis indesejáveis (APICHARTSRANGKOON; CHAIKHAM; SRISAJJALERTWAJA, 2014; MESQUITA; GARRUTI, 2016). Os compostos voláteis são substâncias facilmente vaporizados às condições de temperatura e pressão ambientes, pertencem a diversas classes químicas e, sendo assim, possuem diferentes propriedades físico-químicas, como polaridade, solubilidade e volatilidade (MESQUITA; GARRUTI, 2016).

**Tabela 5.** Compostos voláteis identificados nos frutos de pimenta, por headspace em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrometria de massas.

| Cultivar | Composto   | Área (%) | TR (min) | CAS          |
|----------|--|----------|----------|--------------|
| MB       | 4-metil-1-Pentanol   | 33,46    | 7,50     | 626-89-1     |
|          | Tribromidrato de 5-hidroxi-6-metoxi-8-[(4-amino-1-metilbutil)amino]quinolina | 18,77    | 27,34    | 53111-25-4   |
|          | 4-Metilpentil 2-metilbutanoato   | 16,25    | 20,01    | 35852-40-5   |
|          | 2-metil- Tridecano   | 7,03     | 24,71    | 1560-96-9    |
|          | 4-Metilpentil 3-metilbutanoato   | 4,30     | 20,21    | 850309-45-4  |
| DM       | 4-Metilpentil 3-metilbutanoato   | 62,3     | 20,19    | 850309-45-4  |
|          | 4-Metilpentil 2-metilbutanoato   | 10,45    | 19,99    | 35852-40-5   |
|          | 4-metil-1-Pentanol   | 8,62     | 7,46     | 626-89-1     |
|          | Isovalerato de cis-3-hexenil   | 4,19     | 21,06    | 35154-45-1   |
|          | Ácido butanóico, 3-metil-, éster hexílico                                    | 2,95     | 21,24    | 10032-13-0   |
| BD       | 4-Metilpentil 3-metilbutanoato   | 34,84    | 20,20    | 850309-45-4  |
|          | 6-Metilhept-4-en-1-il 3-metilbutanoato                                       | 13,44    | 25,25    | 1215128-06-5 |
|          | 4-Metilpentil 2-metilbutanoato   | 11,81    | 20,00    | 35852-40-5   |
|          | 6-Metilhept-4-en-1-il 2-metilbutanoato                                       | 5,22     | 25,09    | 1215128-05-4 |
|          | 4-metil-1-Pentanol   | 4,59     | 7,48     | 626-89-1     |
| ML       | 4-Metilpentil 3-metilbutanoato   | 31,94    | 20,20    | 850309-45-4  |
|          | Tribromidrato de 5-hidroxi-6-metoxi-8-[(4-amino-1-metilbutil)amino]quinolina | 16,91    | 27,34    | 53111-25-4   |
|          | Ciclotetrasiloxano, octametil-   | 9,96     | 13,09    | 556-67-2     |
|          | 6-Metilhept-4-en-1-il 3-metilbutanoato                                       | 8,38     | 25,25    | 1215128-06-5 |
|          | Ácido butanóico, 3-metil-, éster hexílico                                    | 6,72     | 21,26    | 10032-13-0   |
| HB       | 1-Hexanol  | 65,87    | 8,70     | 111-27-3     |
|          | (E)-2-Hexenal  | 17,51    | 8,04     | 6728-26-3    |
|          | 1-Propanol, 2,2-dimetil-, acetato  | 8,71     | 6,37     | 926-41-0     |
|          | Fenol, 2-metoxi-   | 7,9      | 16,35    | 90-05-1      |

TR (Tempo de retenção); CAS (Número de registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service do composto químico); MB (Maria Bonita); DM (Dedo-de-Moça); ML (Malagueta); BD (Bode) e HB (Habanero).

Existe uma diversidade de nomes dos compostos químicos, ou seja, o mesmo composto pode ser encontrado ou apresentado com denominação diferente. Por isso a importância da identificação do CAS (Número de registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service do composto químico), no qual permanece o mesmo sem variações e assim facilita a identificação de compostos para possíveis comparações com outros trabalhos.

Os compostos voláteis 4-metil-1-Pentanol; 4-Metilpentil 3-metilbutanoato e 4-Metilpentil 2-metilbutanoato foram detectados em 3 variedades de pimentas (Maria Bonita, Dedo-de-Moça e Bode) avaliados. O composto Ácido butanóico, 3-metil-, éster hexílico foi encontrado na Dedo-de-Moça e também na pimenta Malagueta. O composto 6-Metilhept-4-en-1-il 3-metilbutanoato foi em comum para as cultivares Bode e

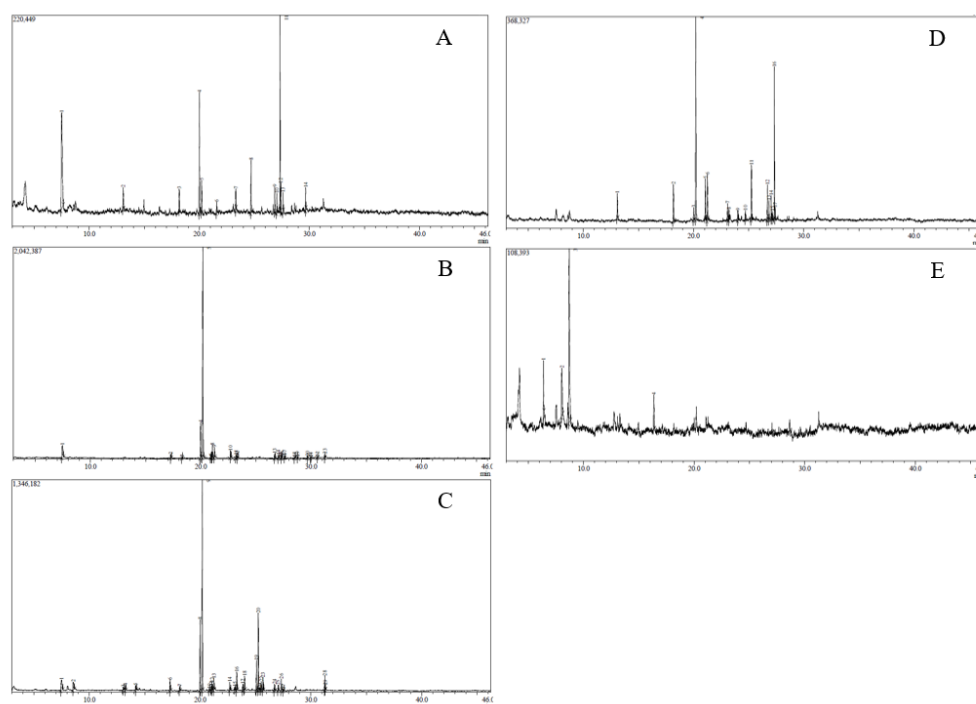
Malagueta. Já o composto Tribromidrato de 5-hidroxi-6-metoxi-8-[(4-amino-1-metilbutil)amino]quinolina foi detectado nas cultivares Maria Bonita e Malagueta.

O composto volátil 4-metil-1-pentanol foi detectado em 3 variedades de pimentas (Maria Bonita, Dedo-de-Moça e Bode) apresentando maior área na Maria Bonita, (ELMORE et al., 2008) também detectaram altas concentrações de 4-metil-1-pentanol no pimentão verde tailandês, já (COSTA DOS REIS et al., 2022) obteve maior abundância na cultivar Dedo-de-Moça.

No trabalho de COSTA DOS REIS et al. (2022) avaliando os voláteis de pimentas, o composto 4-Metilpentil 3-metilbutanoato, para a pimenta biquinho vermelha, sendo o mesmo composto encontrado neste estudo para 3 cultivares (Maria Bonita, Dedo-de-Moça e Malagueta). A identificação desse éster foi confirmada com a injeção de padrões autênticos no trabalho de (MICHEREFF et al., 2022) identificando ésteres que são produzidos nos frutos pimenta *Capsicum chinense*.

A cultivar Habanero não apresentou similaridade em voláteis em nenhum outro gênero *Capsicum* avaliado, apesar de ser uma cultivar rica em capsaicinoides a pimenta Habanero não apresenta tanto aromas voláteis como as demais. Para a cultivar Habanero foi encontrado compostos como o 1-Hexanol com notas de aromas herbal e verde. Já o (E)-2-Hexenal com aroma fresco, penetrante e frutado. E o Fenol, 2-metoxi- com aromas mais esfumaçado e picante segundo a (THE GOOD SCENTS COMPANY, 2018).

O composto 1-Hexanol encontrado na pimenta Habanero obteve maior porcentagem de área (65,87%), apresentando similaridade com o trabalho de CIRLINI et al. (2019) ao avaliar cultivares italianas de *Capsicum*, FORERO; QUIJANO; PINO (2009) ao avaliar pimenta Malagueta em duas etapas de amadurecimentos e KORKMAZ; HAYALOGLU; ATASOY (2017) ao avaliar flocos de pimenta vermelha.



**Figura 3.** Cromatogramas obtidos na análise por headspace em cromatógrafo gasoso, acoplado a espectrometria de massas com os compostos voláteis identificados nos frutos de pimenta: (A) Maria Bonita, (B) Dedo-de-Moça, (C) Bode; (D) Malagueta e (E) Habanero.

### 3.7 Capsaicinoides

Os capsaicinoides é o grupo mais importante de compostos fenólicos porque caracterizam a maioria das pimentas do gênero *Capsicum*, tendo a capsaicina e a dihidrocapsaicina, que constituem cerca de 80%–90% desses compostos pungente (HUANG et al., 2024; LUO et al., 2020; XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016). Os capsaicinoides são compostos bioativos lipofílicos e são os responsáveis por causar as respostas sensoriais de pungência, queimação, dor e até irritação nas mucosas da boca e gastrointestinal quando as pimentas são consumidas (LUO et al., 2020).

Os principais flavonoides encontrados nos frutos de pimenta são os glicosídeos da quercetina e da luteolina, e alguns estudos também relatam a presença de derivados dos ácidos cinâmico, cumárico e caféico (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016). A capsaicina exibe um espectro de atividades biológicas, anti-inflamatórias, atividade antioxidante, propriedades antiobesidade antimicrobiana, efeitos anti-inflamatórios (FRIEDMAN et al., 2019; HUANG et al., 2024). Existem dados conflitantes sobre a atividade anticâncer dos capsaicinoides, no qual a maioria dos relatórios publicados

revelou que baixas doses de capsaicina suprimem o crescimento de muitos tipos de cânceres humanos (FRIEDMAN et al., 2019).

O teor de pungência das pimentas é um dos principais fatores de escolha dos frutos, de acordo com a preferência e aceitabilidade do consumidor. A ardência ou pungência das pimentas são expressas em unidades de calor de Scoville (SHU) quanto maior a unidade Scoville, mais “ardida e pungente” será a pimenta. A capsaicina pura, tem o maior valor de pungência na escala Scoville já os pimentões têm o menor valor (FRIEDMAN et al., 2019).

Os capsaicinoides foram significativamente diferentes para a pimenta Bode (51.964,91 SHU) e Habanero (128.086,00 SHU) mesmo pertencendo o mesmo grupo varietal da *C. Chinense*. Existe uma grande variabilidade de pungência, forma e tamanho dentro dessa espécie. Dentro do grupo das pimentas bode podemos encontrar pimentas como a Pimenta Bode BRS Seriema que apresenta de 90.000 – 100.000 SHU (RIBEIRO et al., 2020), e a Pimenta Bode Vermelha Tupã que apresenta de 30.000 – 50.000 SHU (ISLA SEMENTES, 2024a). E o mesmo ocorre dentro do grupo das pimentas Habanero. A pimenta Habanero Boyra apresentando 100.000 SHU (ISLA SEMENTES, 2024b) e a BRS Juruti com 260.000 SHU (RIBEIRO et al., 2020). Os teores de capsaicinoides são significativamente influenciados pela cultivar e pela espécie de pimenta (YU et al., 2023).

A pimenta Bode vermelha Tupã e pimenta Habanero Boyra apresentam semelhança quanto ao teor de capsaicinoides avaliadas neste trabalho para respectivas espécies. No trabalho de VAKH; MALLABAEVA; TOBISZEWSKI (2024) avaliando pimenta Habanero vermelha obteve valor de 106.080 SHU, valor abaixo do encontrado no presente trabalho. Fatores como estresse, salinidade pode ocorrer o aumento por biossínteses de compostos bioativos como os capsaicinoides nos frutos de pimenta (PILON et al., 2020; TOSCANO et al., 2019) responsáveis pelo sabor único nos frutos de pimenta.

Foram encontrados valores de 120.403,69 SHU para a pimenta Malagueta, valor abaixo do relado por RIBEIRO et al. (2020) com variação de 150.000 – 165.000 SHU, e acima da classificação pela ISLA SEMENTES (2024c) com variação de 50.000 – 100.000 SHU para mesma cultivar. Existem diferentes fatores no cultivo afetam significativamente a composição e acúmulo dos capsaicinoides nos frutos de pimenta, indicando essa diferença nos teores de capsaicinoides (YU et al., 2023).

## 4 CONCLUSÃO

A presente pesquisa revelou que as distintas espécies de *Capsicum* spp. apresentaram variações morfológica, que é resultante de uma diversidade de genes dominantes e hereditários, que interagem entre si resultando em distintas formas geométricas, composição volátil e pungência, característicos nas diferentes espécies. As diferenças presentes na atividade de eliminação de radicais livres DPPH e ABTS, bem como no poder antioxidante redutor férrico (FRAP) entre as pimentas do gênero *Capsicum* podem ser parcialmente atribuídas aos seus perfis individuais relacionados aos metabólicos secundários. Esses resultados podem ser explicados pela presença dos capsaicinoides os compostos bioativos lipofílicos presentes em muitas pimentas *Capsicum*. Considerando os benefícios para a saúde humana, existe um campo de estudo promissor para as espécies de pimenta do gênero *Capsicum*, com inovação no uso dessa hortaliça.

## REFERÊNCIAS

- ADASZEK, Łukasz; GADOMSKA, Dagmara; MAZUREK, Łukasz; ŁYP, Paweł; MADANY, Jacek; WINIARCZYK, Stanisław. Properties of capsaicin and its utility in veterinary and human medicine. **Research in Veterinary Science**, [S. l.], v. 123, n. 0034–5288, p. 14–19, 2019. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.12.002.
- AGUIAR, J.; ESTEVINHO, B. N.; SANTOS, L. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 58, p. 21–39, 2016. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.10.012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.012>.
- AL-DHABI, Naif Abdullah; PONMURUGAN, Karupiah; JEGANATHAN, Prakash Maran. Ultrasonics Sonochemistry Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 34, p. 206–213, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.05.005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.005>.
- ALVES, Izabel de Paula Duarte; MARIA, Zamira Abel de Jesus; PEREIRA, Julião; DE SOUSA, Gardênia Martins; DE OLIVEIRA, Tatianne Ferreira. Headspace GC/MS for identification of bioactive compounds of Curcuma longa L. leaf extract: Industrial application as antioxidant for soybean oil. **Ciencia e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 47, 2023. DOI: 10.1590/1413-7054202347013922.
- AMIRI, Azam; RAMEZANIAN, Asghar; MORTAZAVI, Seyed Mohammad Hassan; HOSSEINI, Seyed Mohammad Hashem. Ultrasonic potential in maintaining the quality and reducing the microbial load of minimally processed pomegranate. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 70, n. July 2020, p. 105302, 2020. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105302.
- ANDRADE, S.; PONCELET, Denis; FERREIRA, Sandra R. S. Sustainable extraction and encapsulation of pink pepper oil. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 204, p. 38–45, 2017. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.02.020.
- ANUGRAH, Daru Seto Bagus; RAMESH, Kaylan; KIM, Mingeun; HYUN, Kyu; LIM, Kwon Taek. Near-infrared light-responsive alginate hydrogels based on diselenide-containing cross-linkage for on demand degradation and drug release. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 223, n. April, p. 115070, 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115070. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115070>.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 201, de 5 de julho de 2005**. 2005. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0201\\_05\\_07\\_2005.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0201_05_07_2005.html). Acesso em: 20 nov. 2023.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 5, de 15 de janeiro de 2007**. 2007. Disponível em: [http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/rb/anexo\\_res5ms\\_2007.pdf](http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/rb/anexo_res5ms_2007.pdf). Acesso em: 23 set. 2024.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2006.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2016.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2019.

APICHARTSRANGKOON, Arunee; CHAIKHAM, Pittaya; SRISAJJALERTWAJA, Siriwan. Storage stability of aroma volatiles in ultra-high pressure and thermally treated Thai green-chili pastes (Nam Prig Nhum). **Food Bioscience**, [S. l.], v. 5, p. 91–100, 2014. DOI: 10.1016/j.fbio.2013.11.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2013.11.006>.

ARAGÃO, Anaiza Bitencourt De. **Prospecção de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela: características físico-química, atividade antioxidante e perfil de compostos fenólicos**. 2019. Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2019. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_fee1df6aeea3aaaf753be5dd98e8cdaf](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_fee1df6aeea3aaaf753be5dd98e8cdaf).

ARORA, Vipin; CAMPBELL, James N.; CHUNG, Man Kyo. Fight fire with fire: Neurobiology of capsaicin-induced analgesia for chronic pain. **Pharmacology and Therapeutics**, [S. l.], v. 220, 2021. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2020.107743.

BAENAS, N.; BELOVIĆ, M.; ILIC, N.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 274, n. April 2018, p. 872–885, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.047.

BAHLS, Fabio et al. Antioxidant activity of thirty-six peppers varieties and vasorelaxant of selected varieties. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 41, n. March, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429221001140>.

BASHARAT, Shahnai; GILANI, Syed Amir; IFTIKHAR, Faiza; MURTAZA, Mian Anjum; BASHARAT, Ayesha; SATTAR, Ahsan; QAMAR, Muhammad Mustafa; ALI, Muhammad. Capsaicin: Plants of the Genus *Capsicum* and Positive Effect of Oriental Spice on Skin Health. **Skin Pharmacology and Physiology**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 331–341, 2021. DOI: 10.1159/000512196.

BAZANELLI, Ana Paula; CUPPARI, Lilian. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Sódio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 4, 2009.

BHARGAVA, Nitya; MOR, Rahul S.; KUMAR, Kshitiz; SHARANAGAT, Vijay Singh. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 70, n. June 2020, p. 105293, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105293.

BIANCHI, Paola Alvares; DUTRA, Iris Petronilia; MOULIN, Monique Moreira; SANTOS, Jardel Oliveira; SANTOS JÚNIOR, Alexandre Cristiano. Caracterização morfológica e análise da variabilidade genética entre acessos de pimenta. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 46, n. 7, p. 1151–1157, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478CR20150825. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cr/a/5pTbQ9rBQxjZrsBQxRqP5Sx/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 1 out. 2023.

BOSSU, Carla M.; MENEZES, Eveline A.; NOGUEIRA, E. Ana Rita A. Bioacessibilidade de zinco, cálcio e fósforo em extrato de soja e amostras de leite bovino, caprino e ovino. **Química Nova**, [S. l.], v. 43, n. 6, p. 718–722, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170544.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.

BROADLEY, Martin; BROWN, Patrick; CAKMAK, Ismail; RENGEL, Zed; ZHAO, Fangjie. Function of Nutrients: Micronutrients. In: **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. Third Edit ed. [s.l: s.n.]. p. 191–248. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8.

CAMPOLI, Stephanie Suarez; ROJAS, Meliza Lindsay; DO AMARAL, Jose Eduardo Pedroso Gomes; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin; AUGUSTO, Pedro Esteves Duarte. Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 268, n. June, p. 594–601, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.127.

CARVALHO, Ana Vânia; MATTIETTO, Rafaella de Andrade; RIOS, Alessandro de Oliveira; MORESCO, Karla Suzana. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 399–408, 2014. DOI: 10.1590/S1983-40632014000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/S5kv3K3RXGcgBP8R3KvM8GC/>. Acesso em: 3 out. 2023.

CARVALHO; BIANCHETTI, Luciano de Bem; RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa; LOPES, Carlos Alberto. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, p. 27, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/779776/pimentas-do-genero-capsicum-no-brasil>.

CARVALHO, Sabrina I. C. De; BIANCHETTI, Luciano de B. Botânica e recursos genéticos. In: FREITAS, Raquel A. De; NASCIMENTO, Warley M.; CARVALHO, Sabrina I. C. De (org.). **Pimentas Capsicum**. 1ª ed. Brasília, DF: Athalaia Gráfica e Editora Ltda, 2008. p. 200.

CASQUETE, Rocío; VELAZQUEZ, Rocío; HERNANDEZ, Alejandro; DE GUIA CORDOBA, María; ARANDA, Emilio; BARTOLOME, Teresa; MARTIN, Alberto. Evaluation of the quality and shelf-life of cayenne (*Capsicum* spp.). **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 145, n. March, p. 111338, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111338. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111338>.

CERRO, Daniela; ROJAS, Adrián; TORRES, Alejandra; VILLEGAS, Carolina; GALOTTO, María José; GUARDA, Abel; ROMERO, Julio. Nanoencapsulation of food-grade bioactive compounds using a supercritical fluid extraction of emulsions process: Effect of operational variables on the properties of nanocapsules and new perspectives. **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 184, n. July, p. 115115, 2023. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115115.

CHAPA-OLIVER, Angela M.; MEJÍA-TENIENTE, Laura. Capsaicin: From plants to a cancer-suppressing agent. **Molecules**, [S. l.], v. 21, n. 8, p. 1–14, 2016. DOI: 10.3390/molecules21080931.

CHAUDHARY, Ankita; GOUR, Jalaj Kumar; RIZVI, Syed Ibrahim. Capsaicin has potent anti-oxidative effects in vivo through a mechanism which is non-receptor mediated. **Archives of Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 128, n. 1, p. 141–147, 2019. DOI: 10.1080/13813455.2019.1669056. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13813455.2019.1669056>.

CHEN, Mengjuan; WANG, Xinyao; LIU, Yang; LI, Pao; WANG, Rongrong; JIANG, Liwen. Discoloration Investigations of Yellow Lantern Pepper Sauce (*Capsicum chinense* Jacq.) Fermented by *Lactobacillus plantarum*: Effect of Carotenoids and Physiochemical Indices. **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 20, 2022. DOI: 10.3390/molecules27207139.

CHEN, Xiang; LIANG, Danna; SUN, Weijian; SHOU, Xin; SHANG, Luoran; SHEN, Xian. Suspended bubble microcapsule delivery systems from droplet microfluidic technology for the local treatment of gastric cancer. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 458, n. December 2022, p. 141428, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2023.141428. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141428>.

CHEN, Yi-yin; HUANG, Kang-ting; HUANG, Chun-jen. Dyes and Pigments Polymerizable fatty acid surfactant : Encapsulation of organic pigments for excellent colloidal stability in aqueous solution and water-repellent property. **Dyes and Pigments**, [S. l.], v. 232, p. 112488, 2025. DOI: 10.1016/j.dyepig.2024.112488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2024.112488>.

CHUAH, Ai Mey; LEE, Ya Chi; YAMAGUCHI, Tomoko; TAKAMURA, Hitoshi; YIN, Li Jun; MATOBA, Teruyoshi. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 111, n. 1, p. 20–28, 2008. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2008.03.022.

CIRLINI, Martina; LUZZINI, Giovanni; MORINI, Elisa; FOLLONI, Silvia; RANIERI, Roberto; DALL'ASTA, Chiara; GALAVERNA, Gianni. Evaluation of the volatile fraction, pungency and extractable color of different Italian *Capsicum annuum* cultivars designed for food industry. **European Food Research and Technology**, [S. l.], v. 245, n. 12, p. 2669–2678, 2019. DOI: 10.1007/s00217-019-03378-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03378-x>.

CONDÓN-ABANTO, S.; ARROYO, C.; ÁLVAREZ, I.; CONDÓN, S.; LYNG, J. G. Application of ultrasound in combination with heat and pressure for the inactivation of spore forming bacteria isolated from edible crab (*Cancer pagurus*). **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 223, p. 9–16, 2016. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.001.

COSTA DOS REIS, Thalia; DO NASCIMENTO SILVA, Flamys Lena; TAVARES DOS SANTOS, Taides; BITTENCOURT MACHADO DE SOUZA, Filipe; KARINE DIEL RAMBO, Magale. Caracterização físico-química e perfil volátil das *Capsicum* spp. e avaliação de parâmetros macromorfológicas dos fungos endofíticos associados às pimentas cultivadas na região de Araguaína. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 18, n. 4, 2022. DOI: 10.14808/sci.plena.2022.047201.

COSTA, Lucifrancy V.; BENTES, Jânia L. S.; LOPES, Maria T. G.; ALVES, Silfran R. M.; VIANA, Januário M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas.

**Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 290–298, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000300003. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/QPyVfm3vr6CYNsXm94qbqmh/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

CUPPARI, Lilian; BAZANELLI, Ana Paula. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Potássio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 11, 2010.

CURRY, Jeanne; ALURU, Maneesha; MENDOZA, Marcus; NEVAREZ, Jacob; MELENDREZ, Martin; O'CONNELL, Mary A. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp. **Plant Science**, [S. l.], v. 148, n. 1, p. 47–57, 1999. DOI: 10.1016/S0168-9452(99)00118-1.

DALLABONA, Ithiara Dalponte et al. Development of alginate beads with encapsulated jabuticaba peel and propolis extracts to achieve a new natural colorant antioxidant additive. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 163, p. 1421–1432, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256>.

DELSHADI, Rana; BAHRAMI, Akbar; TAFTI, Abolfazl Golshan; BARBA, Francisco J.; WILLIAMS, Leonard L. Micro and nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles. **Trends in Food Science & Technology**, [S. l.], v. 104, p. 72–83, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.004.

DREISS, Cécile A. Hydrogel design strategies for drug delivery. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 48, p. 1–17, 2020. DOI: 10.1016/j.cocis.2020.02.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2020.02.001>.

EDO, Great Iruoghene; UGBUNE, Ufuoma; ONOHARIGHO, Favour Ogheneoruese; EZEKIEL, Gracious Okeoghene; UGBUWE, Eunice; AGBO, Joy Johnson. Coordination of Bioactive Phytochemical From Ginger () Extracts To Metal Ions; Investigation of the Metal Complexes and Bioactive Compound Formed. **Food Chemistry Advances**, [S. l.], v. 3, n. December 2022, p. 100337, 2023. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100337. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100337>.

ELMORE, JS; SRISAJJALERTWAJA, S.; DODSON, AT; APICHARTSARANGKOON, A.; MOTTRAM, DS. Novel esters in Thai green chilli. In: (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Org.) 12º SIMPÓSIO DE PESQUISA DE SABOR DE WERMAN 2008, **Anais [...]**. [s.l.: s.n.] Disponível em: <https://centaur.reading.ac.uk/16749/>.

FAOSTAT. **World Production Chillies and peppers, green (Capsicum spp. and Pimenta spp.)**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>.

FERREIRA, Danielle Cristine Mota; PEREIRA, Matheus Santana Salvador; PEREIRA, Keyla Carvalho; BARCELOS, Mayara Caroline Souto; ALVARENGA, Gabriela

Fontes; COSTA, Joyce Maria Gomes Da. Microencapsulação e liberação controlada por difusão de ingredientes alimentícios produzidos através da secagem por atomização: revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 21, 2018.

FORERO, M. Daniel; QUIJANO, Clara E.; PINO, Jorge A. Volatile compounds of chile pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) at two ripening stages. **Flavour and Fragrance Journal**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 25–30, 2009. DOI: 10.1002/ffj.1913.

FRANÇA, Natasha Aparecida Grande De; MARTINI, Lígia Araújo. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Cálculo. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 1, p. 1–24, 2014.

FRIEDMAN, Jamie R.; RICHBART, Stephen D.; MERRITT, Justin C.; BROWN, Kathleen C.; DENNING, Krista L.; TIRONA, Maria T.; VALENTOVIC, Monica A.; MILES, Sarah L.; DASGUPTA, Piyali. Capsaicinoids: Multiple effects on angiogenesis, invasion and metastasis in human cancers. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, [S. l.], v. 118, n. July, 2019. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109317.

GONTIJO, Ivoney; NICOLE, Lucas Rodrigues; PARTELLI, Fábio Luiz; BONOMO, Robson; SANTOS, Eduardo Oliveira de Jesus. Variabilidade e correlação espacial de micronutrientes e matéria orgânica do solo com a produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 1093–1102, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Td98c6TG7GvphJBVQwQw4Qq/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

GOVINDARAJAN, V. S.; SALZER, Uwe J. **Capsicum — production, technology, chemistry, and quality. Part III. Chemistry of the color, aroma, and pungency stimuli**. [s.l.: s.n.]. v. 24 DOI: 10.1080/10408398609527437.

GRASSINO, Antonela Nincevic; BRNCIC, Mladen; VIKIC-TOPIC, Drazen; ROCA, Suncica; DENT, Maja. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 198, p. 93–100, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.095.

GUANDALINI, Bruna Bárbara Valero; RODRIGUES, Naira Poerner; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira. Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. **Food Research International**, [S. l.], v. 119, n. May 2018, p. 455–461, 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.12.011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.011>.

GUNAWAN, Maxius; BOONKANOKWONG, Veerakiet. Current applications of solid lipid nanoparticles and nanostructured lipid carriers as vehicles in oral delivery systems for antioxidant nutraceuticals: A review. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [S. l.], v. 233, n. August 2023, p. 113608, 2024. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2023.113608. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.113608>.

GUO, Xi; WANG, Yan; QIN, Yimin; SHEN, Peili; PENG, Qiang. Structures, properties and application of alginic acid: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 162, p. 618–628, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180>.

HAWKESFORD, Malcolm; HORST, Walter; KICHEY, Thomas; LAMBERS, Hans; SCHJOERRING, Jan; MØLLER, Inge Skrumsager; WHITE, Philip. Functions of Macronutrients. *In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third Edit ed. [s.l.] : Elsevier Ltd, 2012. p. 135–189. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>.

HEINRICH, Ana G.; FERRAZ, Rodrigo M.; RAGASSI, Carlos F.; REIFSCHNEIDER, Francisco J. B. Caracterização e avaliação de progênes autofecundadas de pimenta biquinho salmão. *Horticultura Brasileira*, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 465–470, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/RKHvWfgkQRjx73gTwPRM3pQ/?lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2023.

HERNÁNDEZ-PÉREZ, Talía; GÓMEZ-GARCÍA, María del Rocío; VALVERDE, María Elena; PAREDES-LÓPEZ, Octavio. Capsicum annuum (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, [S. l.], v. 19, n. 6, p. 2972–2993, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>.

HOSSEINI, Seyed Saeid; KHODAIYAN, Faramarz; KAZEMI, Milad; NAJARI, Zahra. Optimization and characterization of pectin extracted from sour orange peel by ultrasound assisted method. *International Journal of Biological Macromolecules*, [S. l.], v. 125, p. 621–629, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.096>.

HUANG, Lunjie; GUO, Ruijie; MAO, Yahong; XU, Zhenghong; CHI, Yuanlong. In situ encapsulation of capsaicinoids in MIL-88A as a food-grade nanopreservative for meat safety. *Food Chemistry*, [S. l.], v. 460, n. P3, p. 140738, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140738. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140738>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Pimenta**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimenta/br>. Acesso em: 9 out. 2023.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Bode Vermelha Tupa**. 2024a. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-bode-vermelha-tupa-env-linha-multi-und-972-51>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Habanero Vermelha Boyra**. 2024b. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-habanero-vermelha-boyra-pacote-longa-vida-50-g-976-82>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Malagueta**. 2024c. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-malagueta-env-linha-super-und-218-61>. Acesso em: 16 jul. 2024.

JAYAPRAKASHA, G. K.; BAE, Haejin; CROSBY, Kevin; JIFON, John L.; PATIL, Bhimanagouda S. Bioactive compounds in peppers and their antioxidant potential. *In: ACS Symposium Series*. [s.l.: s.n.]. v. 1109p. 43–56. DOI: 10.1021/bk-2012-1109.ch004. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2012-1109.ch004>.

- KARADAŞ, Cennet; FISHER, Andrew; KARA, Derya. The effects of gastric juice acidity on bioaccessibility of some elements in selected foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. l.], v. 90, n. March, p. 103485, 2020. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103485.
- KESKIN, Merve; KESKIN, Şaban; KOLAYLI, Sevgi. Preparation of alcohol free propolis-alginate microcapsules, characterization and release property. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 108, n. December 2017, p. 89–96, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.036.
- KORKMAZ, Aziz; HAYALOGLU, Ali Adnan; ATASOY, Ahmet Ferit. Evaluation of the volatile compounds of fresh ripened Capsicum annum and its spice pepper (dried red pepper flakes and isot). **Lwt**, [S. l.], v. 84, p. 842–850, 2017. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.06.058. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.058>.
- KRAKOWSKA-SIEPRAWKA, Aneta; KIEŁBASA, Anna; RAFIŃSKA, Katarzyna; LIGOR, Magdalena; BUSZEWSKI, Bogusław. Modern Methods of Pre-Treatment of Plant Material for the Extraction of Bioactive Compounds. **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 3, 2022. DOI: 10.3390/molecules27030730.
- KUMAR, S.; KUMAR, R.; SINGH, J. Cayenne/American pepper. In: **Handbook of Herbs and Spices**. [s.l.] : Woodhead Publishing Limited, 2006. v. 3p. 299–312. DOI: 10.1533/9781845691717.3.299. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1533/9781845691717.3.299>.
- LARRAURI, José A.; RUPÉREZ, Pilar; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Effect of Drying Temperature on the Stability of Polyphenols and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace Peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 1390–1393, 1997. DOI: 10.1021/jf960282f.
- LEE, B. B.; RAVINDRA, P.; CHAN, E. S. Size and shape of calcium alginate beads produced by extrusion dripping. **Chemical Engineering and Technology**, [S. l.], v. 36, n. 10, p. 1627–1642, 2013. DOI: 10.1002/ceat.201300230.
- LEI, Lanjie; LV, Qizhuang; JIN, Yan; AN, Hong; SHI, Zhe; HU, Ge; YANG, Yuze; WANG, Xiangguo; YANG, Lei. Angiogenic Microspheres for the Treatment of a Thin Endometrium. **ACS Biomaterials Science and Engineering**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 4914–4920, 2021. DOI: 10.1021/acsbomaterials.1c00615.
- LI, Wende; HYDAMAKA, Arnold W.; LOWRY, Lynda; BETA, Trust. Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. **Central European Journal of Biology**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 499–506, 2009. DOI: 10.2478/s11535-009-0041-1.
- LU, Muwen; CHEN, Chengyu; LAN, Yaqi; XIAO, Jie; LI, Run; HUANG, Junqing; HUANG, Qingrong; CAO, Yong; HO, Chi Tang. Capsaicin - The major bioactive ingredient of chili peppers: Bio-efficacy and delivery systems. **Food and Function**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 2848–2860, 2020. DOI: 10.1039/d0fo00351d.
- LUO, Haiyan et al. Black pepper and vegetable oil-based emulsion synergistically enhance carotenoid bioavailability of raw vegetables in humans. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 373, p. 131277, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131277. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131277>.

LUO, Nan; YE, Aiqian; WOLBER, Frances M.; SINGH, Harjinder. In-mouth breakdown behaviour and sensory perception of emulsion gels containing active or inactive filler particles loaded with capsaicinoids. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 108, n. June, p. 106076, 2020. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106076. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106076>.

MA, Xiao Yu; CHEN, Xian Xin; MA, Ming Yang; XU, Yu; WU, Xiao Meng; MU, Guang Qing; ZHU, Xue Mei. Lutein transport systems loaded with rice protein-based self-assembled nanoparticles. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 42, p. 101061, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101061.

MACEDO, Leandro Alves; LETÍCIA LOPES DE OLIVEIRA; LEÃO, Ana Flávia; CAMPOS, Andreza Aparecida Alves; FERREIRA, Brendo de Oliveira; FRANÇA, André Cabral. Acúmulo de nutrientes nos frutos de teor foliar de pimenta malagueta (*capsicum frutescens*) sob diferentes manejos de adubação fosfatada. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, p. 70374–70386, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-477.

MANZOOR, Muhammad Faisal; ALI, Anwar; AIN, Huma Badar Ul; KAUSAR, Samina; KHALIL, Anees Ahmed; AADIL, Rana Muhammad; ZENG, Xin An. Bioaccessibility mechanisms, fortification strategies, processing impact on bioavailability, and therapeutic potentials of minerals in cereals. **Future Foods**, [S. l.], v. 10, n. August, p. 100425, 2024. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100425. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100425>.

MARCELINO, Gabriela; MACHATE, David Johane; FREITAS, Karine de Cássia; HIANE, Priscila Aiko; MALDONADE, Iriani Rodrigues; POTT, Arnildo; ASATO, Marcel Arakaki; CANDIDO, Camila Jordão; GUIMARÃES, Rita de Cássia Avellaneda.  $\beta$ -Carotene: Preventive Role for Type 2 Diabetes Mellitus and Obesity: A Review. **Molecules**, [S. l.], v. 25, n. 24, p. 1–14, 2020. DOI: 10.3390/MOLECULES25245803.

MARTINEZ, Marcela; SANTOS, Camila Peixoto Dos; VERRUMA-BERNARDI, Marta Regina; CARRILHO, Elma Neide Vasconcelos Martins; SILVA, Paula Porrelli Moreira Da; SPOTO, Marta Helena Fillet; CIARROCCHI, Isabella Rocha; SALA, Fernando Cesar. Agronomic, physical–chemical and sensory evaluation of pepper hybrids (*Capsicum chinense* Jacquin). **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 277, n. October 2020, p. 109819, 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109819. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109819>.

MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI, Celso Luiz; HENZ, Gilmar Paulo; SOUSA, Rosa Maria de Deus De. Caracterização pós-colheita de espécies de *Capsicum* spp. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 179–186, 2008. DOI: 10.17765/2176-9168.2008V1N2P179-186. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/762>. Acesso em: 15 set. 2023.

MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI; LUIZ, Celso; HENZ; PAULO, Gilmar. Protocolos de avaliação da qualidade química e física de pimentas (*Capsicum* spp.). **Comunicado técnico Embrapa**, [S. l.], 2007.

MCGUIRE, Raymond G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, [S. l.], v. 27, n. 12, p. 1254–1255, 1992. DOI: 10.21273/hortsci.27.12.1254.

MECKELMANN, Sven W.; RIEGEL, Dieter W.; VAN ZONNEVELD, Maarten; RÍOS, Llermé; PEÑA, Karla; MUELLER-SEITZ, Erika; PETZ, Michael. Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.) grown in three different locations. **European Food Research and Technology**, [S. l.], v. 240, n. 2, p. 273–283, 2015. DOI: 10.1007/S00217-014-2325-6/TABLES/3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-014-2325-6>. Acesso em: 1 out. 2023.

MENDES, Nathânia de Sá; GONÇALVES, Édira Castello Branco de Andrade. The role of bioactive components found in peppers. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 99, n. 0924–2244, p. 229–243, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.02.032. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.032>.

MENEGALI, Beatriz Schmidt; SELANI, Miriam Mabel; SALDAÑA, Erick; PATINHO, Iliani; DINIZ, Julia Pereira; MELO, Priscilla Siqueira; PIMENTEL FILHO, Natan de Jesus; CONTRERAS-CASTILLO, Carmen J. Pink pepper extract as a natural antioxidant in chicken burger: Effects on oxidative stability and dynamic sensory profile using Temporal Dominance of Sensations. **Lwt**, [S. l.], v. 121, p. 108986, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108986. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108986>.

MEREGALLI, Monalise Marcante; PUTON, Bruna Maria Saorin; CAMERA, Fernanda Dal Maso; AMARAL, Alexandre Umpierrez; ZENI, Jamile; CANSIAN, Rogério Luis; MIGNONI, Marcelo Luis; BACKES, Geciane Toniazzo. Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 5800–5809, 2020. DOI: 10.1016/j.arabjc.2020.04.017.

MERRITT, Justin C. et al. Anti-cancer activity of sustained release capsaicin formulations. **Pharmacology and Therapeutics**, [S. l.], v. 238, p. 108177, 2022. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2022.108177. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2022.108177>.

MESQUITA, Wivian de Sousa; GARRUTI, Deborah dos Santos. **PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE IMPORTÂNCIA ODORÍFERA NA PIMENTA BRS AVAÍ (*Capsicum frutescens* L.)**. 2016. Universidade Estadual do Ceará, [S. l.], 2016. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglcfindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/188640/1/dissertacao-Wivian-Mesquita.pdf>.

MI, Si; ZHANG, Xiangnan; WANG, Yuhang; ZHENG, Meng; ZHAO, Junjie; GONG, Heyou; WANG, Xianghong. Effect of different genotypes on the fruit volatile profiles, flavonoid composition and antioxidant activities of chilli peppers. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 374, p. 131751, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131751.

MICHEREFF, M.; DA SILVA, S.; BORGES, M.; LAUMANN, R.; RIBEIRO, C. S. C.; DE CARVALHO, S.; REIFSCHNEIDER, F.; BLASSIOLI MORAES, M. **Identificação dos ésteres produzidos nos frutos de pimenta *Capsicum chinense* usando um sistema de coleta de voláteis dos frutos dinâmico e hidrólise alcalinas dos extratos de aeração**. 2022. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2022/trabalhos/10/577-176.html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

MINJ, Jagrani; APARNA SUDHAKARAN, V.; KUMARI, Anuradha. **Dairy processing: Advanced research to applications**. India: Springer US, 2020. DOI:

10.1007/978-981-15-2608-4.

MONTEIRO, Thaís Helena; VANNUCCHI, Helio. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Magnésio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 16, 2010.

MOORTHY, I. Ganesh; MARAN, J. Prakash; ILAKYA, S.; ANITHA, S. L.; SABARIMA, S. Pooja; PRIYA, B. Ultrasonics Sonochemistry Ultrasound assisted extraction of pectin from waste Artocarpus heterophyllus fruit peel. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 34, p. 525–530, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.06.015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.015>.

MORETTI, Celso L.; SARGENT, Steven A.; HUBER, Donald J. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, [S. l.], v. 123, p. 656–660, 1998.

MORÓN-ORTIZ, Ángeles; MAPELLI-BRAHM, Paula; LEÓN-VAZ, Antonio; BENITEZ-GONZÁLEZ, Ana M.; LEÓN, Rosa; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, Antonio J. Ultrasound-assisted extraction of carotenoids from phytoene-accumulating *Chlorella sorokiniana* microalgae: Effect of milling and performance of the green biosolvents 2-methyltetrahydrofuran and ethyl lactate. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 434, n. September 2023, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.137437.

MOSER, Poliana; TELIS, Vânia Regina Nicoletti; NEVES, Nathália de Andrade; GARCÍA-ROMERO, Esteban; GÓMEZ-ALONSO, Sergio; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, Isidro. Storage stability of phenolic compounds in powdered BRS Violeta grape juice microencapsulated with protein and maltodextrin blends. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 214, p. 308–318, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.081. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.081>.

NEITZKE, Raquel S.; VASCONCELOS, Carla S.; BARBIERI, Rosa L.; VIZZOTTO, Márcia; FETTER, Mariana R.; CORBELINI, Diandra D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas ( **Capsicum baccatum** ). **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 415–421, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/6JwV8fqdxV7gk6LdsQtrkrJ/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

NELSON, E. K. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 41, n. 7, p. 1031–1150, 1919. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/ja02228a011>.

NELSON, E. K.; DAWSON, D. E. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum. III. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 1115, n. 1919, p. 2179–2181, 1923.

NIE, Jinggui; CHEN, Danting; YE, Jing; LU, Yanbin; DAI, Zhiyuan. Optimization and kinetic modeling of ultrasonic-assisted extraction of fucoxanthin from edible brown algae *Sargassum fusiforme* using green solvents. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 77, p. 105671, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105671. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105671>.

- NILSSON, Jessica; PILLAI, Deepa; ÖNNING, Gunilla; PERSSON, Christine; NILSSON, Åke; ÅKESSON, Björn. Comparison of the 2,2'-azinobis-3-ethylbenzotiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. **Molecular Nutrition and Food Research**, [S. l.], v. 49, n. 3, p. 239–246, 2005. DOI: 10.1002/mnfr.200400083.
- OLIVEIRA, Cibele Freitas De; GIORDANI, Diego; LUTCKEMIER, Rafael; GURAK, Poliana Deyse; CLADERA-OLIVERA, Florencia; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira. Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 71, p. 110–115, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.03.027. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.027>.
- OLIVEIRA, Kênia Borges De et al. Analysis of Volatiles of Rose Pepper Fruits by GC/MS: Drying Kinetics, Essential Oil Yield, and External Color Analysis. **Journal of Food Quality**, [S. l.], v. 2022, 2022. DOI: 10.1155/2022/1963261.
- OLIVEIRA, Luiz Edson Mota De. **Nutrição e Metabolismo Mineral**. 2015. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/nutricao-e-metabolismo-mineral/>. Acesso em: 21 out. 2023.
- OLIVEIRA, Maurício De; LANG, Gustavo Heinrich; RAPHAELLI, Chirle de Oliveira; LOVEGROVE, Alison. Ferulic acid. In: **A Centum of Valuable Plant Bioactives**. [s.l.: s.n.], p. 631–657. DOI: 10.1016/B978-0-12-822923-1.00029-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128229231000297>.
- OLSZOWY, Małgorzata; DAWIDOWICZ, Andrzej L. Is it possible to use the DPPH and ABTS methods for reliable estimation of antioxidant power of colored compounds? **Chemical Papers**, [S. l.], v. 72, n. 2, p. 393–400, 2018. DOI: 10.1007/s11696-017-0288-3.
- PACHECO, Camila; GONZÁLEZ, Estefanía; ROBERT, Paz; PARADA, Javier. Retention and pre-colon bioaccessibility of oleuropein in starchy food matrices, and the effect of microencapsulation by using inulin. **Journal of Functional Foods**, [S. l.], v. 41, p. 112–117, 2018. DOI: 10.1016/j.jff.2017.12.037.
- PASUKAMONSET, Porntip; KWON, Oran; ADISAKWATTANA, Sirichai. Alginate-based encapsulation of polyphenols from Clitoria ternatea petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 61, p. 772–779, 2016. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.039. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.039>.
- PEREIRA, Emmanuel Moreira; SANTOS, Yvana Maria Gomes; FILHO, Manoel Tolentino Leite; FRAGOSO, Sinara Pereira; PEREIRA, Bárbara Bruna Maniçoba. Qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças cultivadas de forma orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, ISSN-e 1981-8203, Vol. 10, Nº. 2, 2015, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 9, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7304173&info=resumen&idioma=EN>. Acesso em: 2 out. 2023.
- PERES, Daiane Sousa; ALMEIDA, Adrielle Borges De; LIMA, Thayanara Mayara De; PEREIRA, Yasmim de Lima; GARCIA, Lismaíra Gonçalves Caixeta; SILVA, Flávio Alves Da; SANTOS, Priscila Alonso Dos. Butter oil com adição de extratos vegetais de

orégano (*Origanum vulgare* L.) e manjeriço (*Ocimum basilicum* L.): desenvolvimento e caracterização física, química e sensorial Butter. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 98, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i5.3205 Butter.

PILON, Lucimeire; RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa; SOUZA, Diene Gonçalves; SOARES, Juliana de Souza; SANTOS, Kallyan Gontijo Dos. Avaliação dos teores de capsaicinoides em pimenta Jalapeño “BRS Sarakura” cultivada em duas épocas. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças**, [S. l.], v. 211, 2020.

PINGRET, Daniella; FABIANO-TIXIER, Anne-Sylvie; BOURVELLEC, Carine Le; RENARD, Catherine M. G. C.; CHEMAT, Farid. Lab and pilot-scale ultrasound-assisted water extraction of polyphenols from apple pomace. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 111, n. 1, p. 73–81, 2012. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026>.

PINTO, Cleide Maria Ferreira; PINTO, Cláudia Lúcia de Oliveira; DONZELES, Sérgio Mauricio Lopes. Pimenta capsicum: Propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 108–120, 2013. DOI: 10.21206/rbas.v3i2.225. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2816>. Acesso em: 2 out. 2023.

PRASAD, R.; PRASAD, S. B. Histoprotective effect of rutin against cisplatin-induced toxicities in tumor-bearing mice: Rutin lessens cisplatin-induced toxicities. **Human and Experimental Toxicology**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 245–258, 2021. DOI: 10.1177/0960327120947793.

PRAT, Denis; WELLS, Andy; HAYLER, John; SNEDDON, Helen; MCELROY, C. Robert; ABOU-SHEHADA, Sarah; DUNN, Peter J. CHEM21 selection guide of classical- and less classical-solvents. **Green Chemistry**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 288–296, 2016. DOI: 10.1039/c5gc01008j. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1039/c5gc01008j>.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, [S. l.], v. 48, p. 3396–3402, 2000.

RAFIŃSKA, Katarzyna; POMASTOWSKI, Paweł; RUDNICKA, Joanna; KRAKOWSKA, Aneta; MARUŚKA, Audrius; NARKUTE, Monika; BUSZEWSKI, Bogusław. Effect of solvent and extraction technique on composition and biological activity of *Lepidium sativum* extracts. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 289, n. March, p. 16–25, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.03.025.

RAIO, Sohini; RAYCHAUDHURI, Utpal; CHAKRABORTY, Runu. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 13, p. 76–83, 2016. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.12.009.

RAKESH, V.; PATGIRI, Pulin; BORAH, Abhijit; NANDHINI, D.; GOGOI, Inee. Comparative study on the repellency and chemical profiles of different chilli peppers formulations against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. **Journal of Stored Products Research**, [S. l.], v. 106, p. 102312, 2024. DOI: 10.1016/j.jspr.2024.102312. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102312>.

RASHID, Norhashima Abd; HALIM, Syarifah Aisyah Syed Abd; TEOH, Seong Lin; BUDIN, Siti Balkis; HUSSAN, Farida; RIDZUAN, Nurul Raudzah Adib; JALIL, Nahdia Afiifah Abdul. The role of natural antioxidants in cisplatin-induced hepatotoxicity. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, [S. l.], v. 144, n. August, p. 112328, 2021. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112328. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112328>.

REYES-ESCOGIDO, Maria de Lourdes; GONZALEZ-MONDRAGON, Edith G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, Erika. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. **Molecules**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 1253–1270, 2011. DOI: 10.3390/molecules16021253.

RIBEIRO, Cláudia Silva da C.; CARVALHO, Sabrina I. C. De; LANA, Milza Moreira. **Pimenta dedo-de-moça | A queridinha dos chefes**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalia-nao-e-so-salada/pimenta-dedo-de-moca>. Acesso em: 7 out. 2023.

RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa et al. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp . desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças. **Circular técnica 172 EMBRAPA**, Brasília, p. 1–29, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalias/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1129544/cultivares-de-pimentas-das-especies-capsicum-spp-desenvolvidas-pela-embrapa-hortalias>.

RIBEIRO, Claudia Silva da Costa; HENZ, Gilmar Paulo; VILELA, Nirlene Junqueira; AMARO, Geovani Bernardo; MELO, Werito Fernandes; REIFSCHNEIDER, Francisco José Becker. **Pimenta - Socioeconomia**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/pre-producao/socioeconomia>. Acesso em: 9 out. 2023.

RODRIGUES, Sueli; FERNANDES, Fabiano A. N.; SOUSA; BRITO, Edy Sousa De; SOUSA, Adriana Dutra; NARAIN, Narendra. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops & Products**, [S. l.], v. 69, p. 400–407, 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.02.059. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.059>.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Campinas, SP., Brasil.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, [S. l.], v. 7, p. 20–26, 2016. DOI: 10.1016/j.cofs.2015.08.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.08.004>.

RUFINO, Maria do Socorro M.; ALVES, Ricardo E.; DE BRITO, Edy S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio; MANCINI-FILHO, Jorge. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.01.037. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>.

SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino Da; MARTINEZ, Marcela; LIMA, Tiago José Leme De; AMARAL, Eduardo Do; PORTELLA, Monica Antunes; GAZMENGA, André Portella. **Maria bonita: A nova pimenta brasileira**. 2020.

Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/maria-bonita-a-nova-pimenta-brasileira/>. Acesso em: 5 out. 2023.

SCHEAU, Cristian; BADARAU, Ioana Anca; CARUNTU, Constantin; MIHAI, Gratiela Livia; DIDILESCU, Andreea Cristiana; CONSTANTIN, Carolina; NEAGU, Monica. Capsaicin: Effects on the pathogenesis of hepatocellular carcinoma. **Molecules**, [S. l.], v. 24, n. 13, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3390/molecules24132350.

SCHNEIDER, C.; RASBAND, W.; ELICEIRI, K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nat Methods**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 671–675, 2012. DOI: 10.1038/nmeth.2089.

SCOTT, W. J. Water Relations of Food Spoilage Microorganisms. **Advances in Food Research**, [S. l.], v. 7, n. C, p. 83–127, 1957. DOI: 10.1016/S0065-2628(08)60247-5.

SIDDIQUI, Shahida Anusha; FAROOQI, Muhammad Qudrat Ullah; BHOWMIK, Shuva; ZAHRA, Zahra; MAHMUD, M. M. Chaya.; ASSADPOUR, Elham; GAN, Ren You; KHARAZMI, Mohammad Saeed; JAFARI, Seid Mahdi. Application of micro/nano-fluidics for encapsulation of food bioactive compounds - principles, applications, and challenges. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 136, n. April, p. 64–75, 2023. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.03.025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.025>.

SILVA, Juscimar Da. **Adubação e nutrição**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/producao/manejo-do-solo/adubacao-e-nutricao>. Acesso em: 22 out. 2023.

SILVA, Vânia Maria Barbosa Da. **Pimentas do gênero Capsicum: Constituintes Químicos e Potencial Antioxidante**. 2017. Universidade Federal da Paraíba, [S. l.], 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12737?locale=pt\\_BR#:~:text=As pimentas do gênero Capsicum,a proteção contra processos oxidativos](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12737?locale=pt_BR#:~:text=As pimentas do gênero Capsicum,a proteção contra processos oxidativos).

SILVA, Joanderson Marques; SANTOS, Jardel Oliveira; MENDES, Ivanayra da Silva; OLIVEIRA, Ramile Vieira De; LIMA, Allana Tereza Mesquita De; MOURA, Maria da Cruz Chaves Lima; MOULIN, Monique Moreira. Caracterização morfológica de acessos de pimentas (*Capsicum* spp.) conservados no estado do Maranhão / Morphological characterization of accessions of peppers (*Capsicum* spp.) Preserved in the state of Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 21358–21373, 2021. DOI: 10.34117/BJDV7N3-039. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/25578>. Acesso em: 3 out. 2023.

SINGLA, Mohit; SIT, Nandan. Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 73, p. 105506, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105506. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506>.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Society for Enology and Viticulture**, [S. l.], v. 16, p. 144–158, 1965. DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144.

SOUSA, Tainara Leal De; SILVA, Jessyca Pinheiro Da; LODETE, Ariadne Ribeiro; LIMA, Daniele Silva; MESQUITA, Abner Alves; ALMEIDA, Adrielle Borges De; PLACIDO, Geovana Rocha; EGEEA, Mariana Buranelo. Vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of Brazilian baby foods. **Nutrition and Food Science**, [S. l.], v. 51, n. 4, p. 725–737, 2020. DOI: 10.1108/NFS-06-2020-0229.

SU, Yue; ZHANG, Bolun; SUN, Ruowei; LIU, Wenfang; ZHU, Qubo; ZHANG, Xun; WANG, Rongrong; CHEN, Chuanpin. PLGA-based biodegradable microspheres in drug delivery: recent advances in research and application. **Drug Delivery**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 1397–1418, 2021. DOI: 10.1080/10717544.2021.1938756. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10717544.2021.1938756>.

SUO, Andi; FAN, Gongjian; WU, Caie; LI, Tingting; CONG, Kaiping. Green extraction of carotenoids from apricot flesh by ultrasound assisted corn oil extraction: Optimization, identification, and application. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 420, n. November 2022, p. 136096, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136096>.

TAN, Jin; LI, Ming Fen; LI, Rong; JIANG, Zi Tao; TANG, Shu Hua; WANG, Ying. Front-face synchronous fluorescence spectroscopy for rapid and non-destructive determination of free capsanthin, the predominant carotenoid in chili (*Capsicum annum* L.) powders based on aggregation-induced emission. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 255, p. 119696, 2021. DOI: 10.1016/j.saa.2021.119696. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.119696>.

TAN, Yunbing; ZHOU, Hualu; MCCLEMENTS, David Julian. Application of static in vitro digestion models for assessing the bioaccessibility of hydrophobic bioactives: A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 122, n. March, p. 314–327, 2022. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.02.028. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.028>.

**The Good Scents Company**. 2018. Disponível em: <https://www.thegoodscentscopy.com/search2.html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

TOMÉ, Alessandra Cristina; SILVA, Flávio Alves Da. Alginate based encapsulation as a tool for the protection of bioactive compounds from aromatic herbs. **Food Hydrocolloids for Health**, [S. l.], v. 2, p. 100051, 2022. DOI: 10.1016/j.fhfh.2021.100051.

TOSCANO, Stefania; TRIVELLINI, Alice; COCETTA, Giacomo; BULGARI, Roberta; FRANCONI, Alessandra; ROMANO, Daniela; FERRANTE, Antonio. Effect of Preharvest Abiotic Stresses on the Accumulation of Bioactive Compounds in Horticultural Produce. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 10, n. October, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.01212.

TRAN, Viet Thanh; NGUYEN, Tran Bao; NGUYEN, Ha Chi; DO, Nga H. N.; LE, Phung K. Recent applications of natural bioactive compounds from Piper betle (L.) leaves in food preservation. **Food Control**, [S. l.], v. 154, n. July, p. 110026, 2023. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.110026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110026>.

VAKH, Christina; MALLABAEVA, Zarina; TOBISZEWSKI, Marek. Smartphone-

based digital image colorimetry for the determination of total capsaicinoid content in chili pepper extracts. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 315, n. November 2023, p. 124238, 2024. DOI: 10.1016/j.saa.2024.124238. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124238>.

VANISKI, Rosane; CORTI, Daiane; DRUNKLER, Deisy Alessandra. Técnicas e Materiais Empregados na Microencapsulação de Probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 156, 2017. DOI: 10.3895/rebrapa.v8n1.3651.

VELÁZQUEZ SILVA, Aidé; ROBLES YERENA, Leticia; BARRERA NECHA, Laura Leticia. Chemical profile and antifungal activity of plant extracts on *Colletotrichum* spp. isolated from fruits of *Pimenta dioica* (L.) Merr. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S. l.], v. 179, n. August, 2021. DOI: 10.1016/j.pestbp.2021.104949.

VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, Ana Cristina; WEBER, Gisele Eva Bruch. Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância. **Embrapa Clima Temperado. Documento 316**, [S. l.], p. 17, 2010.

WANG, Jia; ZHANG, Xiaoyu; LI, Shuqin; ZHANG, Tingting; SUI, Wenjie; ZHANG, Min; YANG, Shuyu; CHEN, Haixia. Physical properties, phenolic profile and antioxidant capacity of Java tea (*Clerodendranthus spicatus*) stems as affected by steam explosion treatment. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 440, n. September 2023, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.138190.

WANI, Khalid Mehmood; UPPALURI, Ramagopal V. S. Efficacy of ultrasound-assisted extraction of bioactive constituents from *Psidium guajava* leaves. **Applied Food Research**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 100096, 2022. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100096>.

WEN, Shuyan; WANG, Wenshuo; HUANG, Kai; HUANG, Jiechun; CHU, Xianglin; WANG, Fangrui; PANG, Liewen; WANG, Yiqing; SUN, Xiaotian. Novel capsaicin releasing system targeted protects ischemic brain from cardiac arrest. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, [S. l.], v. 70, n. February, p. 103229, 2022. DOI: 10.1016/j.jddst.2022.103229. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.103229>.

WU, Xiaolin; XU, Na; CHENG, Ce; MCCLEMENTS, David Julian; CHEN, Xing; ZOU, Liqiang; LIU, Wei. Encapsulation of hydrophobic capsaicin within the aqueous phase of water-in-oil high internal phase emulsions: Controlled release, reduced irritation, and enhanced bioaccessibility. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 123, n. April 2021, 2022. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107184.

XAVIER, Ana Augusta Odorissi; PÉREZ-GÁLVEZ, Antonio. Peppers and Chilies. In: **Encyclopedia of Food and Health**., 2016.

XIANG, Qunran et al. Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 116, p. 755–765, 2021. a. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

XIANG, Qunran et al. Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 116, n. April, p. 755–765, 2021. b. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível

em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

XU, Baoguo; AZAM, S. M. Roknu.; FENG, Min; WU, Bengang; YAN, Weiqiang; ZHOU, Cunshan; MA, Haile. Application of multi-frequency power ultrasound in selected food processing using large-scale reactors: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 81, p. 105855, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105855. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105855>.

XUE, Wen et al. Controllable fabrication of alginate/poly-L-ornithine polyelectrolyte complex hydrogel networks as therapeutic drug and cell carriers. **Acta Biomaterialia**, [S. l.], v. 138, p. 182–192, 2022. DOI: 10.1016/j.actbio.2021.11.004.

YANG, Caihong; DING, Xiaoya; YANG, Chaoyu; SHANG, Luoran; ZHAO, Yuanjin. Marine polymers-alginate/chitosan composited microcapsules for wound healing. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 456, n. October 2022, p. 140886, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140886. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140886>.

YE, Zi; SHANG, Zhixun; LI, Meiqi; ZHANG, Xueting; REN, Hongbing; HU, Xiaosong; YI, Junjie. Effect of ripening and variety on the physiochemical quality and flavor of fermented Chinese chili pepper (Paojiao). **Food Chemistry**, [S. l.], v. 368, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130797.

YU, Jiao; ZHANG, Yiren; WANG, Qiaojun; YANG, Lixue; KARRAR, Emad; JIN, Qingzhe; ZHANG, Hui; WU, Gangcheng; WANG, Xingguo. Capsaicinoids and volatile flavor compounds profile of Sichuan hotpot as affected by cultivar of chili peppers during processing. **Food Research International**, [S. l.], v. 165, n. August 2022, p. 112476, 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112476. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112476>.

YUAN, Shaofeng; LI, Changjian; ZHANG, Yichi; YU, Hang; XIE, Yunfei; GUO, Yahui; YAO, Weirong. Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in food: A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 109, n. October 2020, p. 374–385, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.048>.

YUSOFF, Ida Madiha; MAT TAHER, Zarani; RAHMAT, Zaidah; CHUA, Lee Suan. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. **Food Research International**, [S. l.], v. 157, n. April, p. 111268, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111268. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>.

ZHANG, Shengping; WANG, Dian; HUANG, Jingying; HU, Yueming; XU, Yafei. Application of capsaicin as a potential new therapeutic drug in human cancers. **Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**, [S. l.], v. 45, n. 1, p. 16–28, 2019. DOI: 10.1111/jcpt.13039.

ZHONG, Yanqin; YANG, Mingliang; CHEN, Jingxin; MI, Hongbo; GE, Yonghong; LV, Jingyi; LI, Jianrong. Pre-crosslinking with putrescine improves mechanical and thermal properties of alginate film. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 340, n. June 2022, p. 111314, 2023. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111314. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111314>.

ZHOU, Mingyong; HU, Qiaobin; WANG, Taoran; XUE, Jingyi; LUO, Yangchao. Alginate hydrogel beads as a carrier of low density lipoprotein/pectin nanogels for potential oral delivery applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 120, p. 859–864, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.08.135. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.135>.

ZHU, Yiwen; LI, Xiang; JIANG, Shui; ZHANG, Yin; ZHANG, Lihua; LIU, Yuan. Multi-dimensional pungency and sensory profiles of powder and oil of seven chili peppers based on descriptive analysis and Scoville heat units. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 411, n. December 2022, p. 135488, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135488>.

## ANEXO A – Revista de publicação do artigo



ScienceDirect



Journal of Food Composition and Analysis  
Supports open access

Articles & Issues ▾ About ▾ Publish ▾ Order journal ↗

Search in this journal

6.2  
CiteScore

4.0  
Impact Factor

Submit your article ↗

Guide for authors

### Journal of Food Composition and Analysis

Comparative study of bioactive, volatile and mineral compounds present in five different varietal groups of pepper *Capsicum* spp.  
--Manuscript Draft--

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Manuscript Number:    | JFCA-D-24-03093   |
| Article Type:         | Research Paper  |
| Section/Category:     |   |
| Keywords:             | Capsicum chinense, Capsicum frutescens, Capsicum baccatum, principal component analysis, capsaicinoids. |
| Corresponding Author: | Bruna Miranda<br>Universidade Federal da Bahia<br>BRAZIL  |
| First Author:         | Daiane Peres  |

### CAPÍTULO 3

**ARTIGO 2** – Extração assistida por ultrassom de compostos bioativos de pimentas do gênero *Capsicum* sp. para desenvolvimento de microcápsulas.

#### RESUMO

Neste estudo, extratos de pimentas *Capsicum* sp. foram obtidos por ultrassom, microencapsulados em três concentrações (0%, 0,1%, 0,3% e 0,5%). O uso de ultrassom resultou em maior conteúdo de capsaicinoides em comparação com extratos não tratados. Os compostos fenólicos ácido protocatecuico, isômero do ácido p-cumárico, ácido ferúlico, rutina e naringenina foram encontrados em todos os extratos avaliados. As microcápsulas apresentaram diâmetro médio de 2.300 µm, área de 4.150 µm e peso de 10 mg. As microcápsulas contendo 0,5% e 0,3% de extratos de pimenta apresentaram o maior teor de compostos fenólicos, o que se refletiu em suas atividades antioxidantes. A eficiência de encapsulação foi maior com 0,1% de extrato de pimenta.

Com base nos resultados no tratamento na extração de maior teor de capsaicinoides, foco deste estudo, todas as análises subsequentes e o desenvolvimento das microcápsulas foram conduzidos exclusivamente com extratos processados por ultrassom.

**Palavras-chave:** *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens*; capsaicinoides; compostos fenólicos.

## 1. INTRODUÇÃO

O ultrassom é considerado uma técnica de extração verde, uma vez que requer menor uso de solvente, reduz o tempo de extração e apresenta maior rendimento (YUSOFF et al., 2022). Este método minimiza a degradação de compostos bioativos e nutrientes, melhora da transferência de massa, bem como a reduz de custos operacionais (AMIRI et al., 2020; MINJ; APARNA SUDHAKARAN; KUMARI, 2020; NIE et al., 2021). Assim, o ultrassom se apresenta como uma técnica eficiente para obter extratos de maior qualidade.

Os banhos ultrassônicos criam cavitação acústica, que rompe as paredes celulares e permite a liberação de compostos ativos (KRAKOWSKA-SIEPRAWKA et al., 2022; YUSOFF et al., 2022), aumentando assim a biodisponibilidade de substâncias bioativas (YUAN et al., 2021). Na indústria de alimentos, o ultrassom pode ser aplicado para substituir ou complementar outros métodos convencionais de processamento ou extração de compostos.

Os extratos são preparações concentradas de consistências variáveis, obtidas a partir de plantas e preparados por processos envolvendo um solvente, que contém compostos sápidos aromáticos voláteis e fixos correspondentes ao respectivo produto natural (ANVISA, 2007; PERES et al., 2020). Eles contêm uma mistura de fitoquímicos com atividades antioxidante e antimicrobiana (VELÁZQUEZ SILVA; ROBLES YERENA; BARRERA NECHA, 2021; XIANG et al., 2021), que consiste numa alternativa às substâncias químicas (TRAN et al., 2023).

Derivados de produtos *Capsicum*, incluindo extratos enriquecidos em capsaicinoides, vêm sendo investigados em termos de sabor, pungência, cor e valor nutricional, com ingredientes potenciais para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (BAENAS et al., 2019). Os capsaicinoides são os principais constituintes ativos responsáveis pelo sabor picante das pimentas (BAHLS et al., 2021). A capsaicina, a dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina, capsaicinoides majoritários, são produzidos nas células epidérmicas da placenta do fruto e são produzidos exclusivamente no fruto do gênero *Capsicum* (CURRY et al., 1999).

Outra tecnologia utilizada para preservar a integridade de nutrientes e compostos bioativos contra a sua degradação é o encapsulamento com biopolímeros (ANDRADE; PONCELET; FERREIRA, 2017). Essa tecnologia vem sendo usada nas indústrias de

alimentos (DALLABONA et al., 2020; KESKIN; KESKIN; KOLAYLI, 2019; MA et al., 2021; RAIIO; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016), farmacêutica (GUNAWAN; BOONKANOKWONG, 2024; SU et al., 2021; YANG et al., 2023) e indústrias médicas (CHEN et al., 2023; LEI et al., 2021; PASUKAMONSET; KWON; ADISAKWATTANA, 2016; WU et al., 2022). A microencapsulação é um processo no qual um composto específico é revestido com um material polimérico, resultando em maior estabilidade e proteção contra deterioração e perda (PACHECO et al., 2018).

Lipídios, proteínas e polissacarídeos são amplamente utilizados como agentes encapsulante (DALLABONA et al., 2020; MOSER et al., 2017; WU et al., 2022). O alginato de sódio, um polissacarídeo aniônico extraído de algas marinhas, comumente utilizado como ingrediente espessante, gelificante e formador de filme (WU et al., 2022), é também usado como agente encapsulante nas indústrias de alimentos e farmacêutica (TOMÉ; SILVA, 2022) (CHEN et al., 2023).

Essa técnica surge como uma alternativa promissora para proteger e estabilizar os capsaicinoides da pimentas, especialmente a capsaicina, que é o principal composto responsável pela pungência (LU et al., 2020; MENDES; GONÇALVES, 2020). A capsaicina apresenta potentes efeitos antioxidantes *in vivo* (CHAUDHARY; GOUR; RIZVI, 2019) e benefícios para a saúde humana (ARORA; CAMPBELL; CHUNG, 2021; BASHARAT et al., 2021; MERRITT et al., 2022; WEN et al., 2022; XIANG et al., 2021b).

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo obter extratos de pimenta *Capsicum* sp. por meio de ultrassom, microencapsula-los em diferentes concentrações (0%, 0,1%; 0,3% e 0,5%) e avaliar sua atividade antioxidante.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material vegetal**

Os frutos de pimentas Bode (*C. chinense*), Malagueta (*C. frutescens*) e Habanero (*C. chinense*) foram adquiridas de produtor de Petrolina de Goiás, GO, no Centro de Abastecimento de Goiás S/A (CEASA). Os frutos foram selecionados e sanitizados com hipoclorito de sódio 100 mg L<sup>-1</sup>, por 10 min.

## 2.2 Obtenção dos extratos de pimenta

Os frutos de pimenta, previamente congelados a  $-80^{\circ}\text{C}$  em sacos plásticos de polipropileno, foram liofilizados (Liobras, LP510, SP, Brasil) e triturados em processador (Mondial, MPN-01-BF, BA, Brasil). Foi utilizada uma proporção 1 g da pimenta para cada 50 mL (m/v) de solvente hidroetanólico (30:70 v/v). Os extratos foram mantidos em refrigeração a  $5^{\circ}\text{C}$  por 48 h para extração estática. Após esse período, parte deles foi tratada em banho de ultrassônico (Sanders, SoniClean 2, MG, Brasil) por 1 h. Em seguida, foram filtrados e evaporados rotativamente (TE-210, Tecnal, SP, Brasil). Os extratos não tratados por ultrassom, foram apenas filtrados e evaporados rotativamente. Após a evaporação do etanol, as amostras foram congeladas e submetidas ao processo de liofilização, obtendo-se assim o extrato de pimenta em pó.

### 2.2.1 Teor de capsaicinoides dos extratos tratados e não tratados

A quantificação dos capsaicinoides dos extratos de Bode, Malagueta e Habanero foi realizada de acordo o Método 995.03 (AOAC, 2006), com adaptações. O conteúdo de capsaicinoides foi avaliado em ambos os extratos tratados com ultrassom e não tratados para verificar os efeitos do ultrassom sobre esse principal atributo e objeto deste estudo. Para a quantificação dos capsaicinoides, 14  $\mu\text{g}$  dos extratos liofilizados foram homogeneizados em 10 mL de álcool etílico.

A capsaicina, dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina foram identificadas e quantificadas por cromatografia líquida de alta eficiência, em cromatógrafo acoplado ao sistema de bomba quaternária LC20AT e forno CTO20A (Shimadzu Co., Kyoto, Japão). Uma alíquota de 20  $\mu\text{L}$  da amostra preparada foi injetado em coluna cromatográfica C18 com fase reversa (4,6 mm x 150 mm, 5  $\mu\text{m}$ ) (Phenomenex, Torrance, CA, USA). A separação foi realizada a  $40^{\circ}\text{C}$ , com uma fase móvel de acetonitrila e água acidificada com 1% de ácido acético (40:60 v/v). A taxa de fluxo foi mantida a  $1,5\text{ mL min}^{-1}$  e o tempo total de corrida foi de 25 min. Os capsaicinoides foram detectados a 280 nm com detector de arranjo de diodos e foram identificados comparando os tempos de retenção dos picos da amostra com padrão comercial (Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA). Os dados foram processados no software LCSolution (versão 5.57) e os cálculos seguiram a AOAC (2006).

Com base nos resultados no tratamento na extração de maior teor de capsaicinoides, foco deste estudo, todas as análises subsequentes e o desenvolvimento

das microcápsulas foram conduzidos exclusivamente com extratos processados por ultrassom.

### **2.2.2 Cor dos extratos tratados por ultrassom**

A cor dos extratos de Bode, Malagueta e Habanero foi medida usando um medidor de cor Minolta® CR-400 (Konica Minolta Co., Osaka, Japão), baseado no sistema CIE: L (luminosidade), C (croma) e  $h^\circ$  (ângulo de matiz). Os extratos foram colocados em um recipiente com diâmetro de 2,2 cm e altura de 1 cm, e as leituras foram feitas.

### **2.2.3 Perfil de fenólicos dos extratos**

Os extratos ultrassonicados foram solubilizados em metanol (5 mg mL<sup>-1</sup>), filtrados em membrana poliéster (0,45 µm) e injetados em cromatógrafo líquido de alta eficiência (Thermo Fisher Scientific, Ultimate 3000, MA, USA), com coluna Agilent C18 (4,6 mm x 100 mm; 3µm), acoplado a espectrômetro de massas de alta resolução (Thermo Fisher Scientific, Q-Exactive, MA, USA), com fonte H-ESI, operando em modo negativo, utilizando voltagem do spray 4,5 kV, gás de bainha 20, gás auxiliar 10, temperatura do capilar 320 °C, temperatura de gás auxiliar 220 °C, tube lens 55 e faixa de massas m/z 100-1000.

A solução de mistura padrão na concentração de 50 µg mL<sup>-1</sup> foi preparada a partir das soluções estoque. Foram utilizados padrões de ácido gálico, ácido protocatequínico, catequina, epicatequina, ácido gentísico, ácido cafeico, ácido vanílico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico, rutina, ácido elágico, quercetina, naringenina, luteolina e kaempferol.

A água deionizada acidificada com 0,1 % de ácido fórmico (Fase móvel A, v/v) e acetonitrila (Fase móvel C – v/v) foram usados. A programação gradiente realizada iniciou com 95:5 (A:C %) a 5:95 (A:C %) em 24 min, permanecendo por 2 min, e por fim variou de 5:95 (A:C %) a 95:05 (A:C %). O tempo de corrida foi 28 min com fluxo de 0,3 mL min<sup>-1</sup>, volume injeção 5 µL e temperatura da coluna de 30 °C. Para o estudo de fragmentação, foi utilizado o experimento PRM (Parallel Reaction Monitoring) com energia de colisão igual 30 (NCE). Os dados foram processados no software Xcalibur™.

## **2.3 Preparação das microcápsulas**

Para a preparação da microcápsula, apenas os extratos de Bode e Malagueta foram selecionados, pois o extrato de Habanero apresentou um perfil fenólico ligeiramente

menos diversificado e uma pungência significativamente maior em concentrações comparáveis em relação aos outros extratos de pimenta. As microcápsulas foram preparadas seguindo a metodologia descrita por Dallabona et al. (2020) com adaptações. Os extratos de pimenta nas concentrações de 0%, 0,1%, 0,3% e 0,5% foram adicionados a uma solução de alginato de sódio a 2% (p/v), homogeneizados em misturador (Philco, PMX2000, AM, Brasil), e deixados em repouso por 2 h para remoção de bolhas de ar. A solução resultante foi descartada usando uma bureta automática (Jencons, Digirate Pro, Inglaterra, Reino Unido) equipada com uma ponta de 200 µL para reduzir o diâmetro das microcápsulas. As gotículas foram dispensadas em um sistema de cloreto de cálcio a 4% (CaCl<sub>2</sub>) sob agitação magnética (ACS Científica, AA-1020B, SP, Brasil) a uma velocidade de extrusão de 115 cápsulas/min. As microcápsulas formadas foram mantidas em CaCl<sub>2</sub> por 15 min, depois coletado em uma peneira e enxaguado com água destilada para remover o CaCl<sub>2</sub> residual.

### **2.3.1 Caracterização física das microcápsulas**

O diâmetro e a área da microcápsula foram medidos usando o software ImageJ com uma área conhecida (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012), e a massa foi determinada com uma balança analítica (Bell Equipamentos, M214-AIH, SP, Brasil). A cor das microcápsulas foi medida conforme descrito no item 2.2.2. As microcápsulas foram colocadas em um recipiente com diâmetro de 2,2 cm e altura de 1 cm, e as leituras foram feitas.

### **2.3.2 Compostos fenólicos e eficiência de encapsulamento**

O teor de fenólicos das microcápsulas foi determinado de acordo com as Singleton & Rossi (1965), com modificações. Para isso, 2 g de microcápsulas e 20 mL de água (Turrattec Tecnal TE-102, Piracicaba, SP, Brasil) foram homogeneizados por 1 min e centrifugados (Sorvall™ RC 6 Plus, Thermo Fisher Scientific Inc., MA, EUA) a 14.000 rpm por 3 min a 5 °C. Em seguida, 400 µL de solução amostra, 1.200 µL de água destilada, 400 µL de Folin-Ciocalteu (1:3) e 2.800 µL de solução de carbonato de sódio (10% m/v) foram adicionados ao tubo de ensaio, homogeneizados e deixados em repouso por 20 min na ausência de luz à temperatura ambiente. A absorbância foi lida em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-1900i, Kyoto, Japão) a 735 nm. O ácido gálico foi usado como composto

padrão e o conteúdo fenólico total foi expresso como equivalentes de ácido gálico (GAE) em  $\text{mg g}^{-1}$ .

A eficiência de encapsulação (EE) foi calculada usando a equação:  $EE(\%) = (CFTe/CFTi) \times 100$ , onde CFTe é o conteúdo fenólico total nas cápsulas, e CFTi é o conteúdo fenólico total na solução de extrato inicial utilizada no processo de encapsulamento.

### **2.3.3 Atividade antioxidante das microcápsulas**

Os métodos ABTS [ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] (RUFINO et al., 2010) e DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995), com modificações, foram utilizadas para avaliar a atividade antioxidante. O preparo das amostras das microcápsulas foi realizado conforme descrito no item 2.2.3.

O radical ABTS foi preparado pela reação de uma solução aquosa de ABTS 7 mM com 145 mM de persulfato de potássio, permanecendo por 12 h a 16 h na ausência de luz à temperatura ambiente. Esta solução foi diluída com etanol a uma absorvância de 0,70  $\text{nm} \pm 0,05 \text{ nm}$  a 734 nm (comprimento de onda máximo de absorção) (Shimadzu, UV-1900i, Kyoto, Japão). Alíquotas de 30  $\mu\text{L}$  de solução de amostras de microcápsulas foram adicionadas a 3 mL de solução diluída de ABTS. Após 6 min, a absorvância foi lida. A capacidade antioxidante foi expressa como uma porcentagem de inibição.

Para o radical DPPH, alíquotas de 0,1 mL de solução amostra das microcápsulas e 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (25  $\text{mg L}^{-1}$ ) foram homogeneizadas e mantidas em temperatura ambiente na ausência de luz por 30 min. A absorvância foi lida em espectrofotômetro UV/Vis a 515 nm, e a capacidade antioxidante foi expressa como porcentagem de descoloração.

### **2. Análise estatística**

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). No primeiro experimento, utilizou-se o delineamento fatorial 2 x 3, com dois métodos de extração (ultrassom tratado e não tratado) e três tipos de pimenta, com 12 repetições. No segundo experimento, foram avaliados sete tratamentos (três concentrações dos extratos de Malagueta e Bode e um

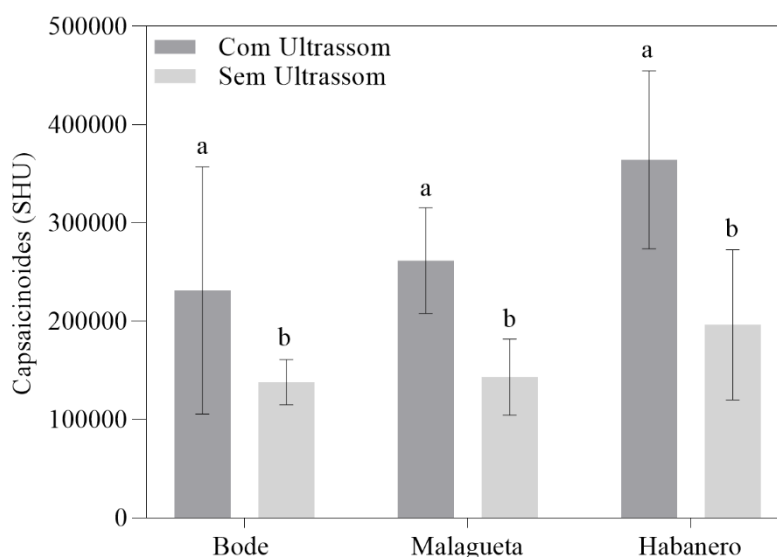
controle sem adição de extrato), com quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teor de capsaicínoides dos extratos obtidos pelo método convencional e por ultrassom

O método de extração e os tipos de pimenta influenciaram significativamente o teor de capsaicínoides totais dos extratos de pimenta (Figura 2). Não foi observada interação entre os métodos de extração e os tipos de pimenta ( $p > 0,05$ ).

Os extratos obtidos pelo método de ultrassom apresentaram maior conteúdo de capsaicínoides em comparação com aqueles não tratados com ultrassom. Nos extratos ultrassônicos de pimentas Bode, Malagueta e Habanero, os teores de capsaicínoides foram de 231.358 SHU, 261.724 SHU e 364.255 SHU, respectivamente, enquanto nos extratos não ultrassônicos, os teores foram de 138.073 SHU, 143.131 SHU e 196.546 SHU, respectivamente (Figura 2).



**Figura 1.** Teores de capsaicínoides dos extratos de pimentas Bode, Malagueta e Habanero, tratados com e sem ultrassom. As barras representam o desvio padrão, e letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos para cada tipo de pimenta pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

A diferença observada nos teores de capsaicínoides pode ser atribuída às bolhas de cavitação geradas pelo ultrassom, que produzem efeitos mecânicos rompendo a parede celular as liberando os compostos intracelular e tornando-o mais biodisponíveis

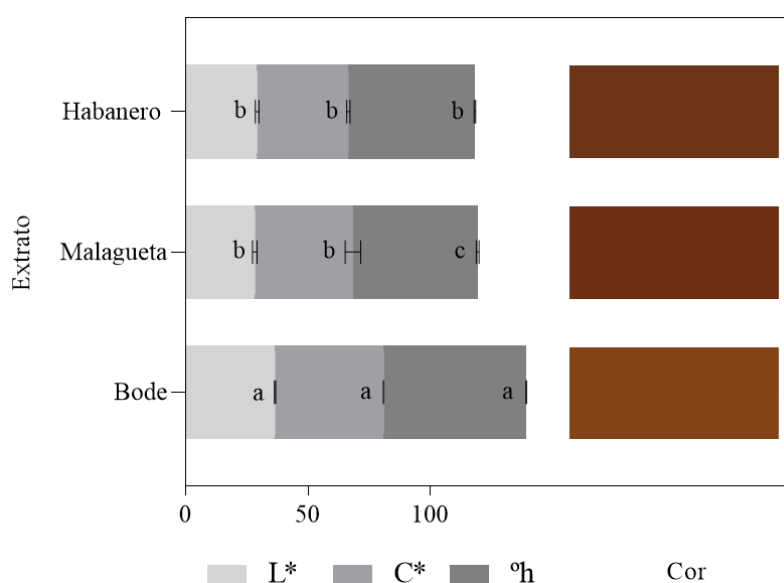
(CAMPOLI et al., 2018; YUSOFF et al., 2022) e, conseqüentemente, aumentando os teores de capsaicinóides.

A eficácia do ultrassom na extração de compostos fenólicos foi relatada para outros autores, como bagaço de maçã (PINGRET et al., 2012), casca de jabuticaba (RODRIGUES et al., 2015), casca de manga (GUANDALINI; RODRIGUES; MARCZAK, 2019), resíduos de borra de café (AL-DHABI; PONMURUGAN; JEGANATHAN, 2017) e folhas de goiaba (WANI; UPPALURI, 2022), bem como pectina da laranja ácida (HOSSEINI et al., 2019), casca do maracujá (OLIVEIRA et al., 2016), pectina de resíduos de casca de jaca (MOORTHY et al., 2017) e resíduos de tomate (GRASSINO et al., 2016).

Com base nos resultados que destacam a superioridade do tratamento ultrassônico na extração de maior teor de capsaicinóides, foco deste estudo, todas as análises subsequentes e o desenvolvimento das microcápsulas foram conduzidos exclusivamente com extratos processados por ultrassom.

### 3.2 Cor dos extratos ultrassonicados

Foram observadas diferenças significativas nos parâmetros colorimétricos dos extratos de pimenta (Figura 1). Os extratos de pimenta Bode apresentaram o maior valor de luminosidade ( $L^*$ : 36,57), indicando uma coloração mais clara em comparação às demais. Além disso, o extrato da pimenta Bode apresentou os maiores valores de cromaticidade ( $C^*$ : 41,52) e ângulo hue ( $^{\circ}h$ : 58,32), sugerindo uma cor mais viva.



**Figura 2.** Avaliação colorimétrica dos extratos de pimenta *Capsicum* sp.: Luminosidade ( $L^*$ ), Cromaticidade ( $C^*$ ) e ângulo hue ( $^{\circ}h$ ), com ilustração de cor correspondente. As barras representam o

desvio padrão, e letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de pimenta para cada parâmetro colorimétrico pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

Os extratos das cultivares Malagueta e Habanero apresentaram valores semelhantes de  $L^*$ , com 28,28 e 29,20, respectivamente, e  $C^*$ , com 40,13 e 37,28, respectivamente. No entanto, houve diferença significativa no ângulo hue entre as cultivares, com valores de 58,32 para Bode, 51,71 para Habanero e 50,90 para Malagueta.

Diferenças nos valores de luminosidade, cromaticidade e ângulo hue entre os tipos de pimenta podem estar associadas à composição específica de pigmento presente em cada uma, bem como ao estágio de maturação (XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ, 2016). O ultrassom facilita a liberação de pigmento quebrando as paredes celulares por meio da cavitação acústica, aumentando a liberação de compostos lipofílicos e hidrofílicos (YUSOFF et al., 2022). Todos os extratos avaliados permaneceram dentro do mesmo quadrante do espaço de cores, variando de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , correspondendo ao espectro vermelho-amarelo, condizente com as cores características de cada tipo de pimenta (MCGUIRE, 1992).

Extratos com maior luminosidade e cromaticidade podem tornar as microcápsulas mais atraentes e eficazes em aplicações em alimentos processados, e molhos, ao garantir uma cor vibrante e durabilidade dos pigmentos. Além disso, a cor dos extratos tratados com ultrassom tem maior estabilidade dos pigmentos, que é desejável para aplicações industriais (CHEN; HUANG; HUANG, 2025).

### **3.3 Perfil de fenólicos dos extratos tratados por ultrassom**

A análise do perfil fenólico (Tabela 1) identificou ácido protocatecuico, um isômero do ácido p-cumárico, ácido ferúlico, rutina e naringenina em todos os extratos de pimenta.

O ácido protocatecuico é um composto fenólico natural e um dos principais metabólitos de polifenóis complexos, apresentando diversas atividades farmacológicas, como propriedades antioxidante, antibacteriana, anticancerígena, anti-inflamatória, além de contribuir para a preservação das funções hepática e renal (RASHID et al., 2021). Da mesma forma, o ácido ferúlico é um composto bioativo pertencente ao grupo dos ácidos hidroxicinâmicos, comumente encontrados em frutas e hortaliças, é um potente agentes antioxidantes e apresenta uma ampla gama de efeitos benéficos contra várias doenças (OLIVEIRA et al., 2021). A rutina, por sua vez, é um bioflavonoide natural presente em

frutas e hortaliças, com atividades farmacológicas, incluindo efeitos antioxidantes, antitumorais, antidiabéticos, nefroprotetores, hematoprotetores e hepatoprotetores (PRASAD; PRASAD, 2021).

**Tabela 1.** Perfil de fenólicos dos extratos de pimentas Bode (BD), Malagueta (ML) e Habanero (HB), obtidos em cromatógrafo líquido de alta eficiência.

| Composto Fenólico        | Fórmula molecular                               | Massa molecular | TR (min) | BD | ML | HB |
|--------------------------|---|-----------------|----------|----|----|----|
| Ácido gálico             | C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>    | 170,02          | 8,99     | d  | -  | -  |
| Ácido protocatequico     | C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>    | 154,03          | 13,28    | d  | d  | d  |
| Catequina                | C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>  | 290,08          | 15,54    | -  | -  | -  |
| Epicatequina             | C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>  | 290,08          | 18,21    | -  | -  | -  |
| Ácido gentísico          | C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>    | 154,03          | 16,92    | d  | d  | -  |
| Ácido cafeico            | C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>    | 180,04          | 18,54    | -  | d  | -  |
| Ácido vanílico           | C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>    | 168,04          | 18,44    | -  | -  | -  |
| Ácido <i>p</i> -cumárico | C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>    | 164,05          | 21,02    | d* | d* | d* |
| Ácido ferúlico           | C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>  | 194,06          | 21,35    | d  | d  | d  |
| Rutina                   | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub> | 610,15          | 23,69    | d  | d  | d  |
| Ácido elágico            | C <sub>14</sub> H <sub>6</sub> O <sub>8</sub>   | 302,01          | 22,97    | -  | -  | -  |
| Quercetina               | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>  | 302,04          | 24,37    | -  | -  | -  |
| Naringenina              | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>  | 272,07          | 24,59    | d  | d  | d  |
| Luteolina                | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>  | 286,05          | 24,82    | -  | d  | -  |
| Kaempferol               | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>  | 286,05          | 25,46    | -  | -  | -  |

Os dados foram processados no software Xcalibur™. (TR) tempo de retenção, (d) detectado, (-) não detectado, (d\*) isômero.

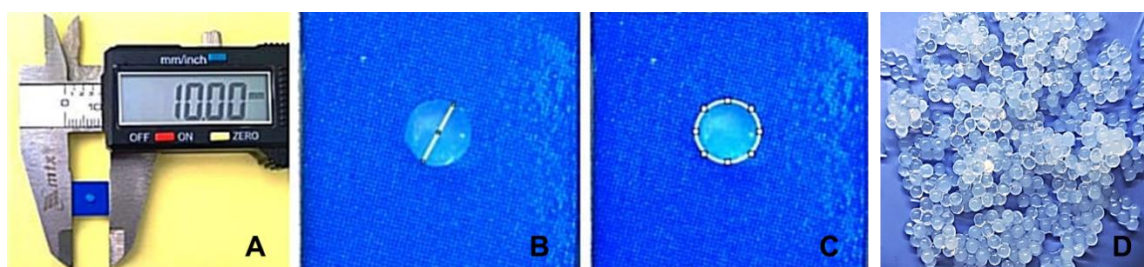
Massas moleculares próximas ao valor padrão para o ácido *p*-cumárico foram identificadas. No entanto, essas massas foram observadas em tempos de retenção diferentes do padrão analisado (21,02 min), sugerindo a presença de isômeros em todas as amostras avaliadas. Um tempo de retenção observado foram de 17,17 min foi detectado para todas amostras de extrato, enquanto um tempo adicional de 21,34 min foi observado exclusivamente no extrato de pimenta Malagueta. O ácido *p*-cumárico, um derivado dos ácidos hidroxicinâmicos presentes em frutas e hortaliças, possui efeito hepatoprotetor, promovendo a atividade antioxidante no organismo, o que resulta em melhorias nos parâmetros funcionais do fígado (RASHID et al., 2021).

O ácido gálico, composto fenólicos encontrado no extrato de pimenta Bode, juntamente com o ácido protocatequico, o ácido *p*-cumárico e a naringenina, presentes em todos os extratos avaliados, também foram detectados por ARAGÃO (2019) em pimentas cabacinha e Dedo-de-Moça. Por outro lado, JAYAPRAKASHA et al. (2012) relataram a presença de quercetina e kaempferol em pimentas. XAVIER; PÉREZ-GÁLVEZ (2016) relataram que os principais flavonoides encontrados em *Capsicum* são os glicosídeos de quercetina e luteolina.

No presente estudo, observou-se que alguns compostos fenólicos identificados nos extratos de pimenta correspondem aos presentes nas pimentas frescas, enquanto outros não foram detectados. A variabilidade na composição desses compostos pode ser influenciada pelo tipo de pimenta, condições ambientais, localizações geográficas, maturação dos frutos (RAKESH et al., 2024), e as técnicas utilizadas durante a preparação dos extratos, que podem conduzir à perda ou degradação de certos compostos.

### 3.4 Caracterização física das microcápsulas

O diâmetro e a área das microcápsulas são determinados principalmente pelo tamanho do orifício de extrusão. Outros fatores, como a viscosidade da solução de alginato e a distância entre a ponta de extrusão e a solução coletora, também influenciam a formação da forma esférica das cápsulas (LEE; RAVINDRA; CHAN, 2013). A Figura 3 ilustra as etapas para cálculo do diâmetro e área das cápsulas.



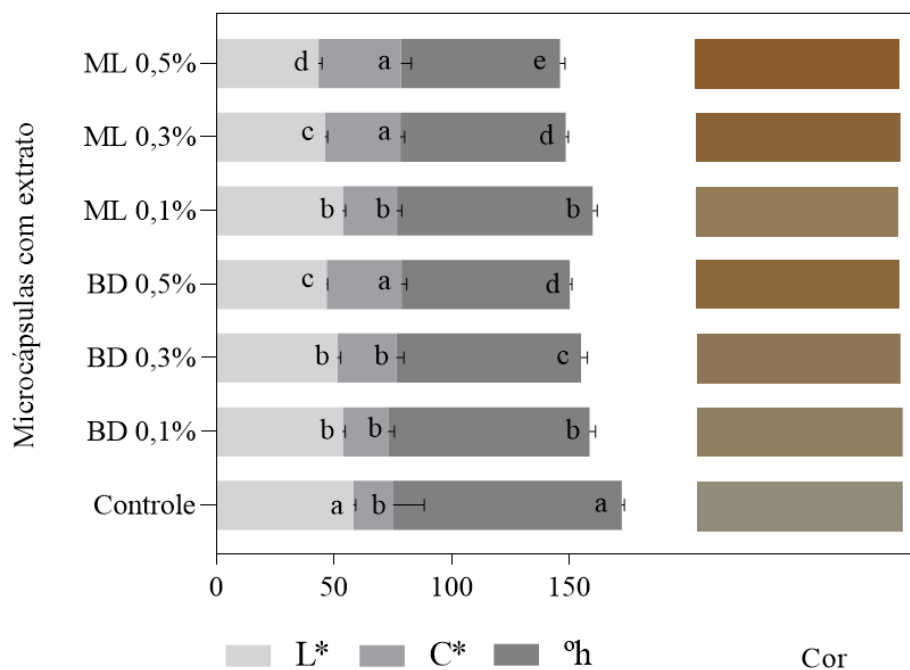
**Figura 3.** Avaliação das dimensões das microcápsulas. (A) Medição de referência para ajuste e análise pelo Software ImageJ, (B) Delimitação do diâmetro, (C) Delimitação da área e (D) Visualização da forma e tamanho das microcápsulas agrupadas.

O método de extrusão adotado garantiu uniformidade no tamanho, diâmetro e massa das microcápsulas. Além disso, as microcápsulas produzidas a partir de extratos de diferentes concentrações e cultivares não apresentaram diferenças significativas quanto às suas dimensões.

As cápsulas são classificadas de acordo com o seu diâmetro: macrocápsulas ( $> 5.000 \mu\text{m}$ ), microcápsulas (entre 1 e  $5.000 \mu\text{m}$ ) e nanocápsulas ( $< 1 \mu\text{m}$ ) (AGUIAR; ESTEVINHO; SANTOS, 2016). As cápsulas produzidas neste estudo apresentaram diâmetro médio de  $2.300 \mu\text{m}$ , classificando-se como microcápsulas. A área e a massa das microcápsulas foram em média  $4.150 \mu\text{m}$  e  $10 \text{ mg}$ , respectivamente.

Em termos de avaliação dos parâmetros de cor, as microcápsulas contendo extrato de maior concentração (0,5%), e também a 0,3% para Malagueta, apresentaram aumento

nos valores de C\* (Figura 4), indicando maior vibração de cor, característica atraente para a indústria alimentícia. Além disso, microcápsulas com concentrações mais altas (BD 0,5%; ML 0,3% e ML 0,5%) apresentaram menor L\*, resultando em uma cor mais escura, destacando a maior intensidade de cor visual associada a maiores concentrações de extrato. As microcápsulas contendo extratos de Bode nas concentrações de 0,1% e 0,3%, bem como de Malagueta a 0,1%, apresentaram valores semelhantes de L\* e C\* (Figura



4).

**Figura 4.** Avaliação colorimétrica das microcápsulas controle (0%) e aquelas contendo extratos de pimenta Bode (BD) e Malagueta (ML) nas concentrações de 0,1%, 0,3% e 0,5%, com suas correspondentes ilustrações coloridas. As barras representam o desvio padrão, e letras diferentes indicam diferenças significativas entre as microcápsulas para cada parâmetro colorimétrico pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

As microcápsulas controle (sem extrato), apresentaram maior valor de L\* (58,25), indicando uma coloração mais clara. Essas microcápsulas também exibiram o maior °h (97,30), diferindo das demais (Figura 4). Tais diferenças eram esperadas, pois as microcápsulas controle não continham extrato de pimenta em sua formulação, resultando em maior luminosidade e um ângulo de tonalidade distinto, enquanto o valor do croma se manteve semelhante.

### 3.5 Compostos fenólicos, atividade antioxidante e eficiência de encapsulamento

As microcápsulas a base de extrato de pimenta Malagueta a 0,5% (86,43 mg/100 g de EAG), apresentaram o maior teor de compostos fenólicos, o que refletiu nas

atividades antioxidantes (Tabela 2). Os compostos fenólicos são bem conhecidos por sua atividade antioxidante, desempenhando um papel crucial na eliminação de radicais livres (BARVE; KULKARNI; GAIKWAD, 2016).

**Tabela 2.** Compostos fenólicos, atividade antioxidante e eficiência de encapsulação das microcápsulas contendo extrato de pimenta Bode e Malagueta em diferentes concentrações (controle, 0,1%, 0,3% e 0,5%).

| Microcápsulas | Fenólicos<br>(mg /100g EAG) | DPPH<br>(% descoloração)  | ABTS <sup>+</sup><br>(% descoloração) | Eficiência de<br>encapsulamento (%) |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Controle      | 6,83 <sup>c</sup> ± 0,80    | 0,47 <sup>d</sup> ± 0,22  | 1,19 <sup>e</sup> ± 0,13              | 52,90 <sup>c</sup> ± 5,71           |
| BD 0,1%       | 23,26 <sup>d</sup> ± 1,03   | 4,75 <sup>c</sup> ± 0,33  | 7,36 <sup>c</sup> ± 0,15              | 83,31 <sup>a</sup> ± 6,55           |
| ML 0,1%       | 30,40 <sup>cd</sup> ± 1,94  | 5,10 <sup>c</sup> ± 0,73  | 4,32 <sup>d</sup> ± 0,13              | 86,38 <sup>a</sup> ± 5,65           |
| BD 0,3%       | 35,48 <sup>c</sup> ± 1,43   | 5,41 <sup>bc</sup> ± 0,31 | 8,39 <sup>b</sup> ± 0,11              | 62,34 <sup>bc</sup> ± 2,43          |
| ML 0,3%       | 54,17 <sup>b</sup> ± 1,91   | 7,04 <sup>a</sup> ± 0,78  | 7,14 <sup>c</sup> ± 0,24              | 60,86 <sup>bc</sup> ± 1,13          |
| BD 0,5%       | 61,44 <sup>b</sup> ± 8,44   | 6,39 <sup>ab</sup> ± 0,32 | 9,98 <sup>a</sup> ± 0,20              | 69,17 <sup>b</sup> ± 7,58           |
| ML 0,5%       | 86,43 <sup>a</sup> ± 6,17   | 6,92 <sup>a</sup> ± 0,77  | 10,32 <sup>a</sup> ± 0,27             | 70,60 <sup>b</sup> ± 5,00           |
| CV (%)        | 9,75                        | 10,62                     | 2,66                                  | 7,65                                |

BD (Bode), ML (Malagueta) e CV (Coeficiente de Variação). Médias seguidas de desvio padrão, letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Microcápsulas contendo 0,3% extrato de pimenta Malagueta (54,17 mg/100 g de EAG) e 0,5% de extrato de pimenta Bode (61,44 mg/100g de EAG) apresentaram conteúdos semelhante de compostos fenólicos, sugerindo que concentrações mais baixas de extrato de Malagueta podem atingir níveis fenólicos comparáveis, oferecendo assim uma alternativa custo efetivo.

Utilizando o método DPPH, as maiores atividades antioxidantes foram observadas nas microcápsulas de pimenta Malagueta 0,3% e 0,5%, bem como na microcápsula de pimenta Bode 0,5%. Da mesma forma, usando o método ABTS<sup>\*+</sup>, as maiores atividades antioxidantes foram encontradas nas microcápsulas de pimenta Malagueta 0,5% e pimenta Bode 0,5%, seguidas pela microcápsula de pimenta Bode 0,3%, sugerindo uma tendência entre maiores concentrações fenólicas e maior atividade antioxidante.

A eficiência de encapsulamento variou de 52,90% a 86,38% (Tabela 2). Para as microcápsulas de extrato de pimentas Bode e Malagueta a 0,1%, o encapsulamento foi mais eficiente, de 83,31% e 86,38%, respectivamente. Nas concentrações de 0,3% e 0,5% o encapsulamento foi em torno de 60% e 70%, sem diferenças entre elas.

Embora concentrações mais altas de extrato tenham demonstrado maior teor fenólico e atividade antioxidante, concentrações mais baixas também podem ser vantajosas para aplicações que não requerem potencial antioxidante máximo,

proporcionando maior estabilidade durante o processo de encapsulação e eficiência econômica.

#### **4 CONCLUSÃO**

O uso de ultrassom combinado com solventes verdes (etanol e água) permitiu maiores rendimentos na extração de capsaicinoides. As microcápsulas produzidas com 0,5% e 0,3% de extratos de pimenta foram notáveis por seu alto teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Esses achados enfatizam o potencial das microcápsulas com extratos de pimenta malagueta e sugerem sua possível aplicação em matrizes alimentares.

## REFERÊNCIAS

- ADASZEK, Łukasz; GADOMSKA, Dagmara; MAZUREK, Łukasz; ŁYP, Paweł; MADANY, Jacek; WINIARCZYK, Stanisław. Properties of capsaicin and its utility in veterinary and human medicine. **Research in Veterinary Science**, [S. l.], v. 123, n. 0034–5288, p. 14–19, 2019. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.12.002.
- AGUIAR, J.; ESTEVINHO, B. N.; SANTOS, L. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 58, p. 21–39, 2016. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.10.012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.012>.
- AL-DHABI, Naif Abdullah; PONMURUGAN, Karupiah; JEGANATHAN, Prakash Maran. Ultrasonics Sonochemistry Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 34, p. 206–213, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.05.005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.005>.
- ALVES, Izabel de Paula Duarte; MARIA, Zamira Abel de Jesus; PEREIRA, Julião; DE SOUSA, Gardênia Martins; DE OLIVEIRA, Tatianne Ferreira. Headspace GC/MS for identification of bioactive compounds of *Curcuma longa* L. leaf extract: Industrial application as antioxidant for soybean oil. **Ciencia e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 47, 2023. DOI: 10.1590/1413-7054202347013922.
- AMIRI, Azam; RAMEZANIAN, Asghar; MORTAZAVI, Seyed Mohammad Hassan; HOSSEINI, Seyed Mohammad Hashem. Ultrasonic potential in maintaining the quality and reducing the microbial load of minimally processed pomegranate. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 70, n. July 2020, p. 105302, 2020. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105302.
- ANDRADE, S.; PONCELET, Denis; FERREIRA, Sandra R. S. Sustainable extraction and encapsulation of pink pepper oil. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 204, p. 38–45, 2017. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.02.020.
- ANUGRAH, Daru Seto Bagus; RAMESH, Kaylan; KIM, Mingeun; HYUN, Kyu; LIM, Kwon Taek. Near-infrared light-responsive alginate hydrogels based on diselenide-containing cross-linkage for on demand degradation and drug release. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 223, n. April, p. 115070, 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115070. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115070>.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 201, de 5 de julho de 2005**. 2005. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0201\\_05\\_07\\_2005.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0201_05_07_2005.html). Acesso em: 20 nov. 2023.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 5, de 15 de janeiro de 2007**. 2007. Disponível em: [http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/rb/anexo\\_res5ms\\_2007.pdf](http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/rb/anexo_res5ms_2007.pdf)

. Acesso em: 23 set. 2024.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2006.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2016.

AOAC. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC USA., 2019.

APICHARTSRANGKOON, Arunee; CHAIKHAM, Pittaya; SRISAJJALERTWAJA, Siriwan. Storage stability of aroma volatiles in ultra-high pressure and thermally treated Thai green-chili pastes (Nam Prig Nhum). **Food Bioscience**, [S. l.], v. 5, p. 91–100, 2014. DOI: 10.1016/j.fbio.2013.11.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2013.11.006>.

ARAGÃO, Anaiza Bitencourt De. **Prospecção de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela: características físico-química, atividade antioxidante e perfil de compostos fenólicos**. 2019. Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2019. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_fee1df6aeea3aaaf753be5dd98e8cdaf](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_fee1df6aeea3aaaf753be5dd98e8cdaf).

ARORA, Vipin; CAMPBELL, James N.; CHUNG, Man Kyo. Fight fire with fire: Neurobiology of capsaicin-induced analgesia for chronic pain. **Pharmacology and Therapeutics**, [S. l.], v. 220, 2021. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2020.107743.

BAENAS, N.; BELOVIĆ, M.; ILIC, N.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 274, n. April 2018, p. 872–885, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.047.

BAHLS, Fabio et al. Antioxidant activity of thirty-six peppers varieties and vasorelaxant of selected varieties. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 41, n. March, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429221001140>.

BASHARAT, Shahnai; GILANI, Syed Amir; IFTIKHAR, Faiza; MURTAZA, Mian Anjum; BASHARAT, Ayesha; SATTAR, Ahsan; QAMAR, Muhammad Mustafa; ALI, Muhammad. Capsaicin: Plants of the Genus *Capsicum* and Positive Effect of Oriental Spice on Skin Health. **Skin Pharmacology and Physiology**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 331–341, 2021. DOI: 10.1159/000512196.

BAZANELLI, Ana Paula; CUPPARI, Lilian. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Sódio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 4, 2009.

BHARGAVA, Nitya; MOR, Rahul S.; KUMAR, Kshitiz; SHARANAGAT, Vijay Singh. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 70, n. June 2020, p. 105293, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105293.

BIANCHI, Paola Alvares; DUTRA, Iris Petronilia; MOULIN, Monique Moreira; SANTOS, Jardel Oliveira; SANTOS JÚNIOR, Alexandre Cristiano. Caracterização morfológica e análise da variabilidade genética entre acessos de pimenta. **Ciência**

- Rural**, [S. l.], v. 46, n. 7, p. 1151–1157, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478CR20150825. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/5pTbQ9rBQxjZrsBQxRqP5Sx/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 1 out. 2023.
- BOSSU, Carla M.; MENEZESC, Eveline A.; NOGUEIRA, E. Ana Rita A. Bioacessibilidade de zinco, cálcio e fósforo em extrato de soja e amostras de leite bovino, caprino e ovino. **Química Nova**, [S. l.], v. 43, n. 6, p. 718–722, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170544.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
- BROADLEY, Martin; BROWN, Patrick; CAKMAK, Ismail; RENGEL, Zed; ZHAO, Fangjie. Function of Nutrients: Micronutrients. In: **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. Third Edit ed. [s.l.: s.n.]. p. 191–248. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8.
- CAMPOLI, Stephanie Suarez; ROJAS, Meliza Lindsay; DO AMARAL, Jose Eduardo Pedroso Gomes; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin; AUGUSTO, Pedro Esteves Duarte. Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 268, n. June, p. 594–601, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.127.
- CARVALHO, Ana Vânia; MATTIETTO, Rafaella de Andrade; RIOS, Alessandro de Oliveira; MORESCO, Karla Suzana. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 399–408, 2014. DOI: 10.1590/S1983-40632014000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/S5kv3K3RXGcgBP8R3KvM8GC/>. Acesso em: 3 out. 2023.
- CARVALHO; BIANCHETTI, Luciano de Bem; RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa; LOPES, Carlos Alberto. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, p. 27, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/779776/pimentas-do-genero-capsicum-no-brasil>.
- CARVALHO, Sabrina I. C. De; BIANCHETTI, Luciano de B. Botânica e recursos genéticos. In: FREITAS, Raquel A. De; NASCIMENTO, Warley M.; CARVALHO, Sabrina I. C. De (org.). **Pimentas Capsicum**. 1ª ed. Brasília, DF: Athalaia Gráfica e Editora Ltda, 2008. p. 200.
- CASQUETE, Rocío; VELAZQUEZ, Rocío; HERNANDEZ, Alejandro; DE GUIA CORDOBA, María; ARANDA, Emilio; BARTOLOME, Teresa; MARTIN, Alberto. Evaluation of the quality and shelf-life of cayenne (*Capsicum* spp.). **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 145, n. March, p. 111338, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111338. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111338>.
- CERRO, Daniela; ROJAS, Adrián; TORRES, Alejandra; VILLEGAS, Carolina; GALOTTO, María José; GUARDA, Abel; ROMERO, Julio. Nanoencapsulation of food-grade bioactive compounds using a supercritical fluid extraction of emulsions process: Effect of operational variables on the properties of nanocapsules and new perspectives. **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 184, n. July, p. 115115, 2023.

DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115115.

CHAPA-OLIVER, Angela M.; MEJÍA-TENIENTE, Laura. Capsaicin: From plants to a cancer-suppressing agent. **Molecules**, [S. l.], v. 21, n. 8, p. 1–14, 2016. DOI: 10.3390/molecules21080931.

CHAUDHARY, Ankita; GOUR, Jalaj Kumar; RIZVI, Syed Ibrahim. Capsaicin has potent anti-oxidative effects in vivo through a mechanism which is non-receptor mediated. **Archives of Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 128, n. 1, p. 141–147, 2019. DOI: 10.1080/13813455.2019.1669056. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13813455.2019.1669056>.

CHEN, Mengjuan; WANG, Xinyao; LIU, Yang; LI, Pao; WANG, Rongrong; JIANG, Liwen. Discoloration Investigations of Yellow Lantern Pepper Sauce (*Capsicum chinense* Jacq.) Fermented by *Lactobacillus plantarum*: Effect of Carotenoids and Physicochemical Indices. **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 20, 2022. DOI: 10.3390/molecules27207139.

CHEN, Xiang; LIANG, Danna; SUN, Weijian; SHOU, Xin; SHANG, Luoran; SHEN, Xian. Suspended bubble microcapsule delivery systems from droplet microfluidic technology for the local treatment of gastric cancer. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 458, n. December 2022, p. 141428, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2023.141428. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141428>.

CHEN, Yi-yin; HUANG, Kang-ting; HUANG, Chun-jen. Dyes and Pigments Polymerizable fatty acid surfactant : Encapsulation of organic pigments for excellent colloidal stability in aqueous solution and water-repellent property. **Dyes and Pigments**, [S. l.], v. 232, p. 112488, 2025. DOI: 10.1016/j.dyepig.2024.112488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2024.112488>.

CHUAH, Ai Mey; LEE, Ya Chi; YAMAGUCHI, Tomoko; TAKAMURA, Hitoshi; YIN, Li Jun; MATOBA, Teruyoshi. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 111, n. 1, p. 20–28, 2008. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2008.03.022.

CIRLINI, Martina; LUZZINI, Giovanni; MORINI, Elisa; FOLLONI, Silvia; RANIERI, Roberto; DALL'ASTA, Chiara; GALAVERNA, Gianni. Evaluation of the volatile fraction, pungency and extractable color of different Italian *Capsicum annuum* cultivars designed for food industry. **European Food Research and Technology**, [S. l.], v. 245, n. 12, p. 2669–2678, 2019. DOI: 10.1007/s00217-019-03378-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03378-x>.

CONDÓN-ABANTO, S.; ARROYO, C.; ÁLVAREZ, I.; CONDÓN, S.; LYNG, J. G. Application of ultrasound in combination with heat and pressure for the inactivation of spore forming bacteria isolated from edible crab (*Cancer pagurus*). **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 223, p. 9–16, 2016. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.001.

COSTA DOS REIS, Thalia; DO NASCIMENTO SILVA, Flamys Lena; TAVARES DOS SANTOS, Taidés; BITTENCOURT MACHADO DE SOUZA, Filipe; KARINE DIEL RAMBO, Magale. Caracterização físico-química e perfil volátil das *Capsicum* spp. e avaliação de parâmetros macromorfológicas dos fungos endofíticos associados às pimentas cultivadas na região de Araguaína. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 18, n. 4, 2022.

DOI: 10.14808/sci.plena.2022.047201.

COSTA, Lucifrancy V.; BENTES, Jânia L. S.; LOPES, Maria T. G.; ALVES, Silfran R. M.; VIANA, Januário M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas.

**Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 290–298, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000300003. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/QPyVfm3vr6CYNSXm94qbqmh/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

CUPPARI, Lilian; BAZANELLI, Ana Paula. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Potássio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 11, 2010.

CURRY, Jeanne; ALURU, Maneesha; MENDOZA, Marcus; NEVAREZ, Jacob; MELENDREZ, Martin; O'CONNELL, Mary A. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp. **Plant Science**, [S. l.], v. 148, n. 1, p. 47–57, 1999. DOI: 10.1016/S0168-9452(99)00118-1.

DALLABONA, Ithiara Dalponte et al. Development of alginate beads with encapsulated jabuticaba peel and propolis extracts to achieve a new natural colorant antioxidant additive. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 163, p. 1421–1432, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256>.

DELSHADI, Rana; BAHRAMI, Akbar; TAFTI, Abolfazl Golshan; BARBA, Francisco J.; WILLIAMS, Leonard L. Micro and nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles. **Trends in Food Science & Technology**, [S. l.], v. 104, p. 72–83, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.004.

DREISS, Cécile A. Hydrogel design strategies for drug delivery. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 48, p. 1–17, 2020. DOI: 10.1016/j.cocis.2020.02.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2020.02.001>.

EDO, Great Iruoghene; UGBUNE, Ufuoma; ONOHARIGHO, Favour Ogheneoruese; EZEKIEL, Gracious Okeoghene; UGBUWE, Eunice; AGBO, Joy Johnson. Coordination of Bioactive Phytochemical From Ginger () Extracts To Metal Ions; Investigation of the Metal Complexes and Bioactive Compound Formed. **Food Chemistry Advances**, [S. l.], v. 3, n. December 2022, p. 100337, 2023. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100337. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100337>.

ELMORE, JS; SRISAJJALERTWAJA, S.; DODSON, AT; APICHARTSARANGKOON, A.; MOTTRAM, DS. Novel esters in Thai green chilli. In: (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Org.) 12º SIMPÓSIO DE PESQUISA DE SABOR DE WERMAN 2008, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] Disponível em: <https://centaur.reading.ac.uk/16749/>.

FAOSTAT. **World Production Chillies and peppers, green (Capsicum spp. and Pimenta spp.)**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>.

FERREIRA, Danielle Cristine Mota; PEREIRA, Matheus Santana Salvador; PEREIRA, Keyla Carvalho; BARCELOS, Mayara Caroline Souto; ALVARENGA, Gabriela Fontes; COSTA, Joyce Maria Gomes Da. Microencapsulação e liberação controlada por difusão de ingredientes alimentícios produzidos através da secagem por atomização: revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 21, 2018.

FORERO, M. Daniel; QUIJANO, Clara E.; PINO, Jorge A. Volatile compounds of chile pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) at two ripening stages. **Flavour and Fragrance Journal**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 25–30, 2009. DOI: 10.1002/ffj.1913.

FRANÇA, Natasha Aparecida Grande De; MARTINI, Lígia Araújo. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Cálcio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 1, p. 1–24, 2014.

FRIEDMAN, Jamie R.; RICHBART, Stephen D.; MERRITT, Justin C.; BROWN, Kathleen C.; DENNING, Krista L.; TIRONA, Maria T.; VALENTOVIC, Monica A.; MILES, Sarah L.; DASGUPTA, Piyali. Capsaicinoids: Multiple effects on angiogenesis, invasion and metastasis in human cancers. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, [S. l.], v. 118, n. July, 2019. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109317.

GONTIJO, Ivoney; NICOLE, Lucas Rodrigues; PARTELLI, Fábio Luiz; BONOMO, Robson; SANTOS, Eduardo Oliveira de Jesus. Variabilidade e correlação espacial de micronutrientes e matéria orgânica do solo com a produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 1093–1102, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Td98c6TG7GvphJBVQwQw4Qq/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

GOVINDARAJAN, V. S.; SALZER, Uwe J. **Capsicum — production, technology, chemistry, and quality. Part III. Chemistry of the color, aroma, and pungency stimuli**. [s.l.: s.n.]. v. 24 DOI: 10.1080/10408398609527437.

GRASSINO, Antonela Nincevic; BRNCIC, Mladen; VIKIC-TOPIC, Drazen; ROCA, Suncica; DENT, Maja. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 198, p. 93–100, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.095.

GUANDALINI, Bruna Bárbara Valero; RODRIGUES, Naira Poerner; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira. Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. **Food Research International**, [S. l.], v. 119, n. May 2018, p. 455–461, 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.12.011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.011>.

GUNAWAN, Maxius; BOONKANOKWONG, Veerakiet. Current applications of solid lipid nanoparticles and nanostructured lipid carriers as vehicles in oral delivery systems for antioxidant nutraceuticals: A review. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [S. l.], v. 233, n. August 2023, p. 113608, 2024. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2023.113608. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.113608>.

GUO, Xi; WANG, Yan; QIN, Yimin; SHEN, Peili; PENG, Qiang. Structures, properties and application of alginic acid: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 162, p. 618–628, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180>.

HAWKESFORD, Malcolm; HORST, Walter; KICHEY, Thomas; LAMBERS, Hans; SCHJOERRING, Jan; MØLLER, Inge Skrumsager; WHITE, Philip. Functions of Macronutrients. *In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third Edit ed. [s.l.] : Elsevier Ltd, 2012. p. 135–189. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>.

HEINRICH, Ana G.; FERRAZ, Rodrigo M.; RAGASSI, Carlos F.; REIFSCHNEIDER, Francisco J. B. Caracterização e avaliação de progênies autofecundadas de pimenta biquinho salmão. *Horticultura Brasileira*, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 465–470, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/RKHvWfgkQRjx73gTwPRM3pQ/?lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2023.

HERNÁNDEZ-PÉREZ, Talía; GÓMEZ-GARCÍA, María del Rocío; VALVERDE, María Elena; PAREDES-LÓPEZ, Octavio. Capsicum annuum (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, [S. l.], v. 19, n. 6, p. 2972–2993, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>.

HOSSEINI, Seyed Saeid; KHODAIYAN, Faramarz; KAZEMI, Milad; NAJARI, Zahra. Optimization and characterization of pectin extracted from sour orange peel by ultrasound assisted method. *International Journal of Biological Macromolecules*, [S. l.], v. 125, p. 621–629, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.096>.

HUANG, Lunjie; GUO, Ruijie; MAO, Yahong; XU, Zhenghong; CHI, Yuanlong. In situ encapsulation of capsaicinoids in MIL-88A as a food-grade nanopreservative for meat safety. *Food Chemistry*, [S. l.], v. 460, n. P3, p. 140738, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140738. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140738>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Pimenta**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimenta/br>. Acesso em: 9 out. 2023.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Bode Vermelha Tupa**. 2024a. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-bode-vermelha-tupa-env-linha-multi-und-972-51>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Habanero Vermelha Boyra**. 2024b. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-habanero-vermelha-boyra-pacote-longa-vida-50-g-976-82>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ISLA SEMENTES. **Pimenta Malagueta**. 2024c. Disponível em: <https://www.isla.com.br/pimenta-malagueta-env-linha-super-und-218-61>. Acesso em: 16 jul. 2024.

JAYAPRAKASHA, G. K.; BAE, Haejin; CROSBY, Kevin; JIFON, John L.; PATIL, Bhimanagouda S. Bioactive compounds in peppers and their antioxidant potential. *In: ACS Symposium Series*. [s.l.: s.n.]. v. 1109p. 43–56. DOI: 10.1021/bk-2012-

1109.ch004. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2012-1109.ch004>.

KARADAŞ, Cennet; FISHER, Andrew; KARA, Derya. The effects of gastric juice acidity on bioaccessibility of some elements in selected foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. l.], v. 90, n. March, p. 103485, 2020. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103485.

KESKIN, Merve; KESKIN, Şaban; KOLAYLI, Sevgi. Preparation of alcohol free propolis-alginate microcapsules, characterization and release property. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 108, n. December 2017, p. 89–96, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.036.

KORKMAZ, Aziz; HAYALOGLU, Ali Adnan; ATASOY, Ahmet Ferit. Evaluation of the volatile compounds of fresh ripened Capsicum annum and its spice pepper (dried red pepper flakes and isot). **Lwt**, [S. l.], v. 84, p. 842–850, 2017. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.06.058. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.058>.

KRAKOWSKA-SIEPRAWKA, Aneta; KIEŁBASA, Anna; RAFIŃSKA, Katarzyna; LIGOR, Magdalena; BUSZEWSKI, Bogusław. Modern Methods of Pre-Treatment of Plant Material for the Extraction of Bioactive Compounds. **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 3, 2022. DOI: 10.3390/molecules27030730.

KUMAR, S.; KUMAR, R.; SINGH, J. Cayenne/American pepper. *In: Handbook of Herbs and Spices*. [s.l.] : Woodhead Publishing Limited, 2006. v. 3p. 299–312. DOI: 10.1533/9781845691717.3.299. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1533/9781845691717.3.299>.

LARRAURI, José A.; RUPÉREZ, Pilar; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Effect of Drying Temperature on the Stability of Polyphenols and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace Peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 1390–1393, 1997. DOI: 10.1021/jf960282f.

LEE, B. B.; RAVINDRA, P.; CHAN, E. S. Size and shape of calcium alginate beads produced by extrusion dripping. **Chemical Engineering and Technology**, [S. l.], v. 36, n. 10, p. 1627–1642, 2013. DOI: 10.1002/ceat.201300230.

LEI, Lanjie; LV, Qizhuang; JIN, Yan; AN, Hong; SHI, Zhe; HU, Ge; YANG, Yuze; WANG, Xiangguo; YANG, Lei. Angiogenic Microspheres for the Treatment of a Thin Endometrium. **ACS Biomaterials Science and Engineering**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 4914–4920, 2021. DOI: 10.1021/acsbomaterials.1c00615.

LI, Wende; HYDAMAKA, Arnold W.; LOWRY, Lynda; BETA, Trust. Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. **Central European Journal of Biology**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 499–506, 2009. DOI: 10.2478/s11535-009-0041-1.

LU, Muwen; CHEN, Chengyu; LAN, Yaqi; XIAO, Jie; LI, Run; HUANG, Junqing; HUANG, Qingrong; CAO, Yong; HO, Chi Tang. Capsaicin - The major bioactive ingredient of chili peppers: Bio-efficacy and delivery systems. **Food and Function**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 2848–2860, 2020. DOI: 10.1039/d0fo00351d.

LUO, Haiyan et al. Black pepper and vegetable oil-based emulsion synergistically enhance carotenoid bioavailability of raw vegetables in humans. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 373, p. 131277, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131277. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131277>.

LUO, Nan; YE, Aiqian; WOLBER, Frances M.; SINGH, Harjinder. In-mouth breakdown behaviour and sensory perception of emulsion gels containing active or inactive filler particles loaded with capsaicinoids. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 108, n. June, p. 106076, 2020. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106076. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106076>.

MA, Xiao Yu; CHEN, Xian Xin; MA, Ming Yang; XU, Yu; WU, Xiao Meng; MU, Guang Qing; ZHU, Xue Mei. Lutein transport systems loaded with rice protein-based self-assembled nanoparticles. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 42, p. 101061, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101061.

MACEDO, Leandro Alves; LETÍCIA LOPES DE OLIVEIRA; LEÃO, Ana Flávia; CAMPOS, Andreza Aparecida Alves; FERREIRA, Brendo de Oliveira; FRANÇA, André Cabral. Acúmulo de nutrientes nos frutos de teor foliar de pimenta malagueta (*capsicum frutescens*) sob diferentes manejos de adubação fosfatada. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, p. 70374–70386, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-477.

MANZOOR, Muhammad Faisal; ALI, Anwar; AIN, Huma Badar Ul; KAUSAR, Samina; KHALIL, Anees Ahmed; AADIL, Rana Muhammad; ZENG, Xin An. Bioaccessibility mechanisms, fortification strategies, processing impact on bioavailability, and therapeutic potentials of minerals in cereals. **Future Foods**, [S. l.], v. 10, n. August, p. 100425, 2024. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100425. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100425>.

MARCELINO, Gabriela; MACHATE, David Johane; FREITAS, Karine de Cássia; HIANE, Priscila Aiko; MALDONADE, Iriani Rodrigues; POTT, Arnildo; ASATO, Marcel Arakaki; CANDIDO, Camila Jordão; GUIMARÃES, Rita de Cássia Avellaneda.  $\beta$ -Carotene: Preventive Role for Type 2 Diabetes Mellitus and Obesity: A Review. **Molecules**, [S. l.], v. 25, n. 24, p. 1–14, 2020. DOI: 10.3390/MOLECULES25245803.

MARTINEZ, Marcela; SANTOS, Camila Peixoto Dos; VERRUMA-BERNARDI, Marta Regina; CARRILHO, Elma Neide Vasconcelos Martins; SILVA, Paula Porrelli Moreira Da; SPOTO, Marta Helena Fillet; CIARROCCHI, Isabella Rocha; SALA, Fernando Cesar. Agronomic, physical–chemical and sensory evaluation of pepper hybrids (*Capsicum chinense* Jacquin). **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 277, n. October 2020, p. 109819, 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109819. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109819>.

MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI, Celso Luiz; HENZ, Gilmar Paulo; SOUSA, Rosa Maria de Deus De. Caracterização pós-colheita de espécies de *Capsicum* spp. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 179–186, 2008. DOI: 10.17765/2176-9168.2008V1N2P179-186. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/762>. Acesso em: 15 set. 2023.

MATTOS, Leonora Mansur; MORETTI; LUIZ, Celso; HENZ; PAULO, Gilmar. Protocolos de avaliação da qualidade química e física de pimentas (*Capsicum* spp.). **Comunicado técnico Embrapa**, [S. l.], 2007.

MCGUIRE, Raymond G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**,

[S. l.], v. 27, n. 12, p. 1254–1255, 1992. DOI: 10.21273/hortsci.27.12.1254.

MECKELMANN, Sven W.; RIEGEL, Dieter W.; VAN ZONNEVELD, Maarten; RÍOS, Llermé; PEÑA, Karla; MUELLER-SEITZ, Erika; PETZ, Michael.

Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.) grown in three different locations.

**European Food Research and Technology**, [S. l.], v. 240, n. 2, p. 273–283, 2015.

DOI: 10.1007/S00217-014-2325-6/TABLES/3. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-014-2325-6>. Acesso em: 1 out. 2023.

MENDES, Nathânia de Sá; GONÇALVES, Édira Castello Branco de Andrade. The role of bioactive components found in peppers. **Trends in Food Science and Technology**,

[S. l.], v. 99, n. 0924–2244, p. 229–243, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.02.032.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.032>.

MENEGALI, Beatriz Schmidt; SELANI, Miriam Mabel; SALDAÑA, Erick;

PATINHO, Iliani; DINIZ, Julia Pereira; MELO, Priscilla Siqueira; PIMENTEL FILHO,

Natan de Jesus; CONTRERAS-CASTILLO, Carmen J. Pink pepper extract as a natural antioxidant in chicken burger: Effects on oxidative stability and dynamic sensory profile using Temporal Dominance of Sensations. **Lwt**, [S. l.], v. 121, p. 108986, 2020. DOI:

10.1016/j.lwt.2019.108986. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108986>.

MEREGALLI, Monalise Marcante; PUTON, Bruna Maria Saorin; CAMERA, Fernanda Dal Maso; AMARAL, Alexandre Umpierrez; ZENI, Jamile; CANSIAN, Rogério Luis;

MIGNONI, Marcelo Luis; BACKES, Geciane Toniazzo. Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 5800–5809, 2020. DOI: 10.1016/j.arabjc.2020.04.017.

MERRITT, Justin C. et al. Anti-cancer activity of sustained release capsaicin

formulations. **Pharmacology and Therapeutics**, [S. l.], v. 238, p. 108177, 2022. DOI:

10.1016/j.pharmthera.2022.108177. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2022.108177>.

MESQUITA, Wivian de Sousa; GARRUTI, Deborah dos Santos. **PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE IMPORTÂNCIA ODORÍFERA NA PIMENTA BRS AVAÍ (*Capsicum frutescens* L.)**. 2016. Universidade Estadual do Ceará, [S. l.], 2016. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnibpcajpcglclefindmkaj/<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/188640/1/dissertacao-Wivian-Mesquita.pdf>.

MI, Si; ZHANG, Xiangnan; WANG, Yuhang; ZHENG, Meng; ZHAO, Junjie; GONG, Heyou; WANG, Xianghong. Effect of different genotypes on the fruit volatile profiles, flavonoid composition and antioxidant activities of chilli peppers. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 374, p. 131751, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131751.

MICHEREFF, M.; DA SILVA, S.; BORGES, M.; LAUMANN, R.; RIBEIRO, C. S. C.; DE CARVALHO, S.; REIFSCHNEIDER, F.; BLASSIOLI MORAES, M.

**Identificação dos ésteres produzidos nos frutos de pimenta *Capsicum chinense* usando um sistema de coleta de voláteis dos frutos dinâmico e hidrólise alcalinas dos extratos de aeração**. 2022. Disponível em:

<https://www.abq.org.br/cbq/2022/trabalhos/10/577-176.html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

- MINJ, Jagrani; APARNA SUDHAKARAN, V.; KUMARI, Anuradha. **Dairy processing: Advanced research to applications**. India: Springer US, 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-2608-4.
- MONTEIRO, Thaís Helena; VANNUCCHI, Helio. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Magnésio. **Internation Life Sciences Institute do Brasil**, [S. l.], v. 16, 2010.
- MOORTHY, I. Ganesh; MARAN, J. Prakash; ILAKYA, S.; ANITHA, S. L.; SABARIMA, S. Pooja; PRIYA, B. Ultrasonics Sonochemistry Ultrasound assisted extraction of pectin from waste *Artocarpus heterophyllus* fruit peel. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 34, p. 525–530, 2017. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.06.015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.015>.
- MORETTI, Celso L.; SARGENT, Steven A.; HUBER, Donald J. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, [S. l.], v. 123, p. 656–660, 1998.
- MORÓN-ORTIZ, Ángeles; MAPELLI-BRAHM, Paula; LEÓN-VAZ, Antonio; BENITEZ-GONZÁLEZ, Ana M.; LEÓN, Rosa; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, Antonio J. Ultrasound-assisted extraction of carotenoids from phytoene-accumulating *Chlorella sorokiniana* microalgae: Effect of milling and performance of the green biosolvents 2-methyltetrahydrofuran and ethyl lactate. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 434, n. September 2023, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.137437.
- MOSER, Poliana; TELIS, Vânia Regina Nicoletti; NEVES, Nathália de Andrade; GARCÍA-ROMERO, Esteban; GÓMEZ-ALONSO, Sergio; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, Isidro. Storage stability of phenolic compounds in powdered BRS Violeta grape juice microencapsulated with protein and maltodextrin blends. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 214, p. 308–318, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.081. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.081>.
- NEITZKE, Raquel S.; VASCONCELOS, Carla S.; BARBIERI, Rosa L.; VIZZOTTO, Márcia; FETTER, Mariana R.; CORBELINI, Diandra D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas ( **Capsicum baccatum** ). **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 415–421, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/6JwV8fqdxV7gk6LdsQtrkrJ/?lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.
- NELSON, E. K. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 41, n. 7, p. 1031–1150, 1919. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/ja02228a011>.
- NELSON, E. K.; DAWSON, D. E. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum. III. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 1115, n. 1919, p. 2179–2181, 1923.
- NIE, Jingui; CHEN, Danting; YE, Jing; LU, Yanbin; DAI, Zhiyuan. Optimization and kinetic modeling of ultrasonic-assisted extraction of fucoxanthin from edible brown algae *Sargassum fusiforme* using green solvents. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 77, p. 105671, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105671. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105671>.

NILSSON, Jessica; PILLAI, Deepa; ÖNNING, Gunilla; PERSSON, Christine; NILSSON, Åke; ÅKESSON, Björn. Comparison of the 2,2'-azinobis-3-ethylbenzotiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. **Molecular Nutrition and Food Research**, [S. l.], v. 49, n. 3, p. 239–246, 2005. DOI: 10.1002/mnfr.200400083.

OLIVEIRA, Cibele Freitas De; GIORDANI, Diego; LUTCKEMIER, Rafael; GURAK, Poliana Deyse; CLADERA-OLIVERA, Florencia; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira. Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 71, p. 110–115, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.03.027. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.027>.

OLIVEIRA, Kênia Borges De et al. Analysis of Volatiles of Rose Pepper Fruits by GC/MS: Drying Kinetics, Essential Oil Yield, and External Color Analysis. **Journal of Food Quality**, [S. l.], v. 2022, 2022. DOI: 10.1155/2022/1963261.

OLIVEIRA, Luiz Edson Mota De. **Nutrição e Metabolismo Mineral**. 2015. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/nutricao-e-metabolismo-mineral/>. Acesso em: 21 out. 2023.

OLIVEIRA, Maurício De; LANG, Gustavo Heinrich; RAPHAELLI, Chirle de Oliveira; LOVEGROVE, Alison. Ferulic acid. In: **A Centum of Valuable Plant Bioactives**. [s.l.: s.n.]. p. 631–657. DOI: 10.1016/B978-0-12-822923-1.00029-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128229231000297>.

OLSZOWY, Małgorzata; DAWIDOWICZ, Andrzej L. Is it possible to use the DPPH and ABTS methods for reliable estimation of antioxidant power of colored compounds? **Chemical Papers**, [S. l.], v. 72, n. 2, p. 393–400, 2018. DOI: 10.1007/s11696-017-0288-3.

PACHECO, Camila; GONZÁLEZ, Estefanía; ROBERT, Paz; PARADA, Javier. Retention and pre-colon bioaccessibility of oleuropein in starchy food matrices, and the effect of microencapsulation by using inulin. **Journal of Functional Foods**, [S. l.], v. 41, p. 112–117, 2018. DOI: 10.1016/j.jff.2017.12.037.

PASUKAMONSET, Porntip; KWON, Oran; ADISAKWATTANA, Sirichai. Alginate-based encapsulation of polyphenols from Clitoria ternatea petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 61, p. 772–779, 2016. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.039. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.039>.

PEREIRA, Emmanuel Moreira; SANTOS, Yvana Maria Gomes; FILHO, Manoel Tolentino Leite; FRAGOSO, Sinara Pereira; PEREIRA, Bárbara Bruna Maniçoba. Qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças cultivadas de forma orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, ISSN-e 1981-8203, Vol. 10, Nº. 2, 2015, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 9, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7304173&info=resumen&idioma=EN> G. Acesso em: 2 out. 2023.

PERES, Daiane Sousa; ALMEIDA, Adrielle Borges De; LIMA, Thayanara Mayara De;

PEREIRA, Yasmim de Lima; GARCIA, Lismaíra Gonçalves Caixeta; SILVA, Flávio Alves Da; SANTOS, Priscila Alonso Dos. Butter oil com adição de extratos vegetais de orégano (*Origanum vulgare* L.) e manjeriço (*Ocimum basilicum* L.): desenvolvimento e caracterização física, química e sensorial Butter. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 98, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i5.3205 Butter.

PILON, Lucimeire; RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa; SOUZA, Diene Gonçalves; SOARES, Juliana de Souza; SANTOS, Kallyan Gontijo Dos. Avaliação dos teores de capsaicinóides em pimenta Jalapeño “BRS Sarakura” cultivada em duas épocas. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças**, [S. l.], v. 211, 2020.

PINGRET, Daniella; FABIANO-TIXIER, Anne-Sylvie; BOURVELLEC, Carine Le; RENARD, Catherine M. G. C.; CHEMAT, Farid. Lab and pilot-scale ultrasound-assisted water extraction of polyphenols from apple pomace. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 111, n. 1, p. 73–81, 2012. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026>.

PINTO, Cleide Maria Ferreira; PINTO, Cláudia Lúcia de Oliveira; DONZELES, Sérgio Mauricio Lopes. Pimenta capsicum: Propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 108–120, 2013. DOI: 10.21206/rbas.v3i2.225. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2816>. Acesso em: 2 out. 2023.

PRASAD, R.; PRASAD, S. B. Histoprotective effect of rutin against cisplatin-induced toxicities in tumor-bearing mice: Rutin lessens cisplatin-induced toxicities. **Human and Experimental Toxicology**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 245–258, 2021. DOI: 10.1177/0960327120947793.

PRAT, Denis; WELLS, Andy; HAYLER, John; SNEDDON, Helen; MCELROY, C. Robert; ABOU-SHEHADA, Sarah; DUNN, Peter J. CHEM21 selection guide of classical- and less classical-solvents. **Green Chemistry**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 288–296, 2016. DOI: 10.1039/c5gc01008j. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1039/c5gc01008j>.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, [S. l.], v. 48, p. 3396–3402, 2000.

RAFIŃSKA, Katarzyna; POMASTOWSKI, Paweł; RUDNICKA, Joanna; KRAKOWSKA, Aneta; MARUŚKA, Audrius; NARKUTE, Monika; BUSZEWSKI, Bogusław. Effect of solvent and extraction technique on composition and biological activity of *Lepidium sativum* extracts. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 289, n. March, p. 16–25, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.03.025.

RAIO, Sohini; RAYCHAUDHURI, Utpal; CHAKRABORTY, Runu. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 13, p. 76–83, 2016. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.12.009.

RAKESH, V.; PATGIRI, Pulin; BORAH, Abhijit; NANDHINI, D.; GOGOI, Inee. Comparative study on the repellency and chemical profiles of different chilli peppers formulations against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. **Journal of Stored Products Research**, [S. l.], v. 106, p. 102312, 2024. DOI:

10.1016/j.jspr.2024.102312. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102312>.

RASHID, Norhashima Abd; HALIM, Syarifah Aisyah Syed Abd; TEOH, Seong Lin; BUDIN, Siti Balkis; HUSSAN, Farida; RIDZUAN, Nurul Raudzah Adib; JALIL, Nahdia Afiifah Abdul. The role of natural antioxidants in cisplatin-induced hepatotoxicity. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, [S. l.], v. 144, n. August, p. 112328, 2021. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112328. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112328>.

REYES-ESCOGIDO, Maria de Lourdes; GONZALEZ-MONDRAGON, Edith G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, Erika. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. **Molecules**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 1253–1270, 2011. DOI: 10.3390/molecules16021253.

RIBEIRO, Cláudia Silva da C.; CARVALHO, Sabrina I. C. De; LANA, Milza Moreira. **Pimenta dedo-de-moça | A queridinha dos chefes**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalia-nao-e-so-salada/pimenta-dedo-de-moca>. Acesso em: 7 out. 2023.

RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa et al. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp . desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças. **Circular técnica 172 EMBRAPA**, Brasília, p. 1–29, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1129544/cultivares-de-pimentas-das-especies-capsicum-spp-desenvolvidas-pela-embrapa-hortalicas>.

RIBEIRO, Claudia Silva da Costa; HENZ, Gilmar Paulo; VILELA, Nirlene Junqueira; AMARO, Geovani Bernardo; MELO, Werito Fernandes; REIFSCHNEIDER, Francisco José Becker. **Pimenta - Socioeconomia**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/pre-producao/socioeconomia>. Acesso em: 9 out. 2023.

RODRIGUES, Sueli; FERNANDES, Fabiano A. N.; SOUSA; BRITO, Edy Sousa De; SOUSA, Adriana Dutra; NARAIN, Narendra. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops & Products**, [S. l.], v. 69, p. 400–407, 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.02.059. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.059>.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Campinas, SP., Brasil.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, [S. l.], v. 7, p. 20–26, 2016. DOI: 10.1016/j.cofs.2015.08.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.08.004>.

RUFINO, Maria do Socorro M.; ALVES, Ricardo E.; DE BRITO, Edy S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio; MANCINI-FILHO, Jorge. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.01.037. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>.

SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino Da; MARTINEZ, Marcela; LIMA,

Tiago José Leme De; AMARAL, Eduardo Do; PORTELLA, Monica Antunes; GAZMENGA, André Portella. **Maria bonita: A nova pimenta brasileira**. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/maria-bonita-a-nova-pimenta-brasileira/>. Acesso em: 5 out. 2023.

SCHEAU, Cristian; BADARAU, Ioana Anca; CARUNTU, Constantin; MIHAI, Gratiela Livia; DIDILESCU, Andreea Cristiana; CONSTANTIN, Carolina; NEAGU, Monica. Capsaicin: Effects on the pathogenesis of hepatocellular carcinoma. **Molecules**, [S. l.], v. 24, n. 13, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3390/molecules24132350.

SCHNEIDER, C.; RASBAND, W.; ELICEIRI, K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nat Methods**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 671–675, 2012. DOI: 10.1038/nmeth.2089.

SCOTT, W. J. Water Relations of Food Spoilage Microorganisms. **Advances in Food Research**, [S. l.], v. 7, n. C, p. 83–127, 1957. DOI: 10.1016/S0065-2628(08)60247-5.

SIDDIQUI, Shahida Anusha; FAROOQI, Muhammad Qudrat Ullah; BHOWMIK, Shuva; ZAHRA, Zahra; MAHMUD, M. M. Chaya.; ASSADPOUR, Elham; GAN, Ren You; KHARAZMI, Mohammad Saeed; JAFARI, Seid Mahdi. Application of micro/nano-fluidics for encapsulation of food bioactive compounds - principles, applications, and challenges. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 136, n. April, p. 64–75, 2023. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.03.025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.025>.

SILVA, Juscimar Da. **Adubação e nutrição**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/producao/manejo-do-solo/adubacao-e-nutricao>. Acesso em: 22 out. 2023.

SILVA, Vânia Maria Barbosa Da. **Pimentas do gênero Capsicum: Constituintes Químicos e Potencial Antioxidante**. 2017. Universidade Federal da Paraíba, [S. l.], 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12737?locale=pt\\_BR#:~:text=As pimentas do gênero Capsicum,a proteção contra processos oxidativos](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12737?locale=pt_BR#:~:text=As pimentas do gênero Capsicum,a proteção contra processos oxidativos).

SILVA, Joanderson Marques; SANTOS, Jardel Oliveira; MENDES, Ivanayra da Silva; OLIVEIRA, Ramile Vieira De; LIMA, Allana Tereza Mesquita De; MOURA, Maria da Cruz Chaves Lima; MOULIN, Monique Moreira. Caracterização morfológica de acessos de pimentas (*Capsicum* spp.) conservados no estado do Maranhão / Morphological characterization of accessions of peppers (*Capsicum* spp.) Preserved in the state of Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 21358–21373, 2021. DOI: 10.34117/BJDV7N3-039. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/25578>. Acesso em: 3 out. 2023.

SINGLA, Mohit; SIT, Nandan. Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 73, p. 105506, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105506. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506>.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Society for Enology**

**and Viticulture**, [*S. l.*], v. 16, p. 144–158, 1965. DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144.

SOUSA, Tainara Leal De; SILVA, Jessyca Pinheiro Da; LODETE, Ariadne Ribeiro; LIMA, Daniele Silva; MESQUITA, Abner Alves; ALMEIDA, Adrielle Borges De; PLACIDO, Geovana Rocha; EGEA, Mariana Buranelo. Vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of Brazilian baby foods. **Nutrition and Food Science**, [*S. l.*], v. 51, n. 4, p. 725–737, 2020. DOI: 10.1108/NFS-06-2020-0229.

SU, Yue; ZHANG, Bolun; SUN, Ruowei; LIU, Wenfang; ZHU, Qubo; ZHANG, Xun; WANG, Rongrong; CHEN, Chuanpin. PLGA-based biodegradable microspheres in drug delivery: recent advances in research and application. **Drug Delivery**, [*S. l.*], v. 28, n. 1, p. 1397–1418, 2021. DOI: 10.1080/10717544.2021.1938756. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10717544.2021.1938756>.

SUO, Andi; FAN, Gongjian; WU, Caie; LI, Tingting; CONG, Kaiping. Green extraction of carotenoids from apricot flesh by ultrasound assisted corn oil extraction: Optimization, identification, and application. **Food Chemistry**, [*S. l.*], v. 420, n. November 2022, p. 136096, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136096>.

TAN, Jin; LI, Ming Fen; LI, Rong; JIANG, Zi Tao; TANG, Shu Hua; WANG, Ying. Front-face synchronous fluorescence spectroscopy for rapid and non-destructive determination of free capsanthin, the predominant carotenoid in chili (*Capsicum annum* L.) powders based on aggregation-induced emission. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [*S. l.*], v. 255, p. 119696, 2021. DOI: 10.1016/j.saa.2021.119696. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.119696>.

TAN, Yunbing; ZHOU, Hualu; MCCLEMENTS, David Julian. Application of static in vitro digestion models for assessing the bioaccessibility of hydrophobic bioactives: A review. **Trends in Food Science and Technology**, [*S. l.*], v. 122, n. March, p. 314–327, 2022. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.02.028. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.028>.

**The Good Scents Company**. 2018. Disponível em: <https://www.thegoodscentscopy.com/search2.html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

TOMÉ, Alessandra Cristina; SILVA, Flávio Alves Da. Alginate based encapsulation as a tool for the protection of bioactive compounds from aromatic herbs. **Food Hydrocolloids for Health**, [*S. l.*], v. 2, p. 100051, 2022. DOI: 10.1016/j.fhfh.2021.100051.

TOSCANO, Stefania; TRIVELLINI, Alice; COCETTA, Giacomo; BULGARI, Roberta; FRANCINI, Alessandra; ROMANO, Daniela; FERRANTE, Antonio. Effect of Preharvest Abiotic Stresses on the Accumulation of Bioactive Compounds in Horticultural Produce. **Frontiers in Plant Science**, [*S. l.*], v. 10, n. October, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.01212.

TRAN, Viet Thanh; NGUYEN, Tran Bao; NGUYEN, Ha Chi; DO, Nga H. N.; LE, Phung K. Recent applications of natural bioactive compounds from Piper betle (*L.*) leaves in food preservation. **Food Control**, [*S. l.*], v. 154, n. July, p. 110026, 2023. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.110026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110026>.

VAKH, Christina; MALLABAEVA, Zarina; TOBISZEWSKI, Marek. Smartphone-based digital image colorimetry for the determination of total capsaicinoid content in chili pepper extracts. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 315, n. November 2023, p. 124238, 2024. DOI: 10.1016/j.saa.2024.124238. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124238>.

VANISKI, Rosane; CORTI, Daiane; DRUNKLER, Deisy Alessandra. Técnicas e Materiais Empregados na Microencapsulação de Probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 156, 2017. DOI: 10.3895/rebrapa.v8n1.3651.

VELÁZQUEZ SILVA, Aidé; ROBLES YERENA, Leticia; BARRERA NECHA, Laura Leticia. Chemical profile and antifungal activity of plant extracts on *Colletotrichum* spp. isolated from fruits of *Pimenta dioica* (L.) Merr. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S. l.], v. 179, n. August, 2021. DOI: 10.1016/j.pestbp.2021.104949.

VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, Ana Cristina; WEBER, Gisele Eva Bruch. Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância. **Embrapa Clima Temperado. Documento 316**, [S. l.], p. 17, 2010.

WANG, Jia; ZHANG, Xiaoyu; LI, Shuqin; ZHANG, Tingting; SUI, Wenjie; ZHANG, Min; YANG, Shuyu; CHEN, Haixia. Physical properties, phenolic profile and antioxidant capacity of Java tea (*Clerodendranthus spicatus*) stems as affected by steam explosion treatment. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 440, n. September 2023, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.138190.

WANI, Khalid Mehmood; UPPALURI, Ramagopal V. S. Efficacy of ultrasound-assisted extraction of bioactive constituents from *Psidium guajava* leaves. **Applied Food Research**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 100096, 2022. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100096>.

WEN, Shuyan; WANG, Wenshuo; HUANG, Kai; HUANG, Jiechun; CHU, Xianglin; WANG, Fangrui; PANG, Liewen; WANG, Yiqing; SUN, Xiaotian. Novel capsaicin releasing system targeted protects ischemic brain from cardiac arrest. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, [S. l.], v. 70, n. February, p. 103229, 2022. DOI: 10.1016/j.jddst.2022.103229. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.103229>.

WU, Xiaolin; XU, Na; CHENG, Ce; MCCLEMENTS, David Julian; CHEN, Xing; ZOU, Liqiang; LIU, Wei. Encapsulation of hydrophobic capsaicin within the aqueous phase of water-in-oil high internal phase emulsions: Controlled release, reduced irritation, and enhanced bioaccessibility. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 123, n. April 2021, 2022. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107184.

XAVIER, Ana Augusta Odorissi; PÉREZ-GÁLVEZ, Antonio. Peppers and Chilies. In: **Encyclopedia of Food and Health**., 2016.

XIANG, Qunran et al. Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 116, p. 755–765, 2021. a. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

XIANG, Qunran et al. Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 116, p. 755–765, 2021. a. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

*l.*], v. 116, n. April, p. 755–765, 2021. b. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.034. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034>.

XU, Baoguo; AZAM, S. M. Roknu.; FENG, Min; WU, Bengang; YAN, Weiqiang; ZHOU, Cunshan; MA, Haile. Application of multi-frequency power ultrasound in selected food processing using large-scale reactors: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [*S. l.*], v. 81, p. 105855, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105855. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105855>.

XUE, Wen et al. Controllable fabrication of alginate/poly-L-ornithine polyelectrolyte complex hydrogel networks as therapeutic drug and cell carriers. **Acta Biomaterialia**, [*S. l.*], v. 138, p. 182–192, 2022. DOI: 10.1016/j.actbio.2021.11.004.

YANG, Caihong; DING, Xiaoya; YANG, Chaoyu; SHANG, Luoran; ZHAO, Yuanjin. Marine polymers-alginate/chitosan composited microcapsules for wound healing. **Chemical Engineering Journal**, [*S. l.*], v. 456, n. October 2022, p. 140886, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140886. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140886>.

YE, Zi; SHANG, Zhixun; LI, Meiqi; ZHANG, Xueting; REN, Hongbing; HU, Xiaosong; YI, Junjie. Effect of ripening and variety on the physiochemical quality and flavor of fermented Chinese chili pepper (Paojiao). **Food Chemistry**, [*S. l.*], v. 368, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130797.

YU, Jiao; ZHANG, Yiren; WANG, Qiaojun; YANG, Lixue; KARRAR, Emad; JIN, Qingzhe; ZHANG, Hui; WU, Gangcheng; WANG, Xingguo. Capsaicinoids and volatile flavor compounds profile of Sichuan hotpot as affected by cultivar of chili peppers during processing. **Food Research International**, [*S. l.*], v. 165, n. August 2022, p. 112476, 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112476. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112476>.

YUAN, Shaofeng; LI, Changjian; ZHANG, Yichi; YU, Hang; XIE, Yunfei; GUO, Yahui; YAO, Weirong. Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in food: A review. **Trends in Food Science and Technology**, [*S. l.*], v. 109, n. October 2020, p. 374–385, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.048>.

YUSOFF, Ida Madiha; MAT TAHER, Zarani; RAHMAT, Zaidah; CHUA, Lee Suan. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. **Food Research International**, [*S. l.*], v. 157, n. April, p. 111268, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111268. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>.


ZHANG, Shengping; WANG, Dian; HUANG, Jingying; HU, Yueming; XU, Yafei. Application of capsaicin as a potential new therapeutic drug in human cancers. **Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**, [*S. l.*], v. 45, n. 1, p. 16–28, 2019. DOI: 10.1111/jcpt.13039.

ZHONG, Yanqin; YANG, Mingliang; CHEN, Jingxin; MI, Hongbo; GE, Yonghong; LV, Jingyi; LI, Jianrong. Pre-crosslinking with putrescine improves mechanical and thermal properties of alginate film. **Journal of Food Engineering**, [*S. l.*], v. 340, n. June 2022, p. 111314, 2023. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111314. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111314>.

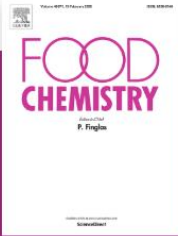
ZHOU, Mingyong; HU, Qiaobin; WANG, Taoran; XUE, Jingyi; LUO, Yangchao. Alginate hydrogel beads as a carrier of low density lipoprotein/pectin nanogels for potential oral delivery applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 120, p. 859–864, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.08.135. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.135>.

ZHU, Yiwen; LI, Xiang; JIANG, Shui; ZHANG, Yin; ZHANG, Lihua; LIU, Yuan. Multi-dimensional pungency and sensory profiles of powder and oil of seven chili peppers based on descriptive analysis and Scoville heat units. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 411, n. December 2022, p. 135488, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135488>.

## ANEXO B – Revista de publicação do artigo



ScienceDirect



**Food Chemistry**  
Supports open access

Articles & Issues [▼](#)   About [▼](#)   Publish [▼](#)   Order journal [↗](#)

---

16.3  
CiteScore

8.5  
Impact Factor

[Search in this journal](#)   [Submit your article ↗](#)   [Guide for authors](#)

### Food Chemistry

#### Ultrasound-enhanced extraction of Capsicum sp. pepper for microcapsule development and food matrix incorporation

--Manuscript Draft--

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Manuscript Number:    |   |
| Article Type:         | Research Article (max 7,500 words)  |
| Keywords:             | Capsicum chinense; Capsicum frutescens; microencapsulation; tomato jam; capsaicinoids; phenolic compounds |
| Corresponding Author: | Lucimeire Pilon, Ph.D.<br>Brazilian Agricultural Research Corporation<br>BRAZIL                           |
| First Author:         | Daiane Sousa Peres  |

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pimentas do gênero *Capsicum* sp. podem ser considerados excelentes fontes de compostos bioativos, considerando os seus benefícios para a saúde humana. Os capsaicinoides, principal composto bioativo dos frutos de pimentas, obteve alto rendimento na extração com o uso do ultrassom, e apresentou excelente aplicabilidade no desenvolvimento em microcápsulas, com alta eficiência de encapsulação e potenciais antioxidantes. Os resultados obtidos nesse estudo reforçam o potencial das microcápsulas com extratos de pimenta e sugerem sua possível aplicação em outras matrizes alimentares, tornando uma alternativa adequada para melhorar a qualidade nutricional com alta capacidade antioxidante, com inovação do uso desta hortaliça.