



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
DOUTORADO

ANA MARINHO DO NASCIMENTO

**PRODUÇÃO DE FARINHAS DE PIMENTÕES E RESÍDUOS MEDIANTE
SECAGEM CONVECTIVA: COMPOSTOS BIOATIVOS E DA CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE**

Campina Grande – PB
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
DOUTORADO

ANA MARINHO DO NASCIMENTO

**PRODUÇÃO DE FARINHAS DE PIMENTÕES E RESÍDUOS MEDIANTE
SECAGEM CONVECTIVA: COMPOSTOS BIOATIVOS E DA CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos

Orientador: D.Sc. Osvaldo Soares da Silva

Orientador: D.Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa

Campina Grande – PB
2021

N244p

Nascimento, Ana Marinho do.

Produção de farinhas de pimentões e resíduos mediante secagem convectiva: compostos bioativos e da capacidade antioxidante / Ana Marinho do Nascimento. – Campina Grande, 2021.

128 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva, Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa".

Referências.

1. Pimentões (*Capsicum annuum* (L.)). 2. Farinhas de Pimentões – Produção. 3. Secagem Convectiva. 4. Desenvolvimento de Processos. 5. Cinética. 6. Fenólicos. 7. Modelagem Matemática. I. Silva, Osvaldo Soares da. II. Costa, Franciscleudo Bezerra da. III. Título.

CDU 635.649:66.047.41 (043)

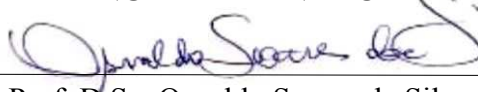
ANA MARINHO DO NASCIMENTO

**PRODUÇÃO DE FARINHAS DE PIMENTÕES E RESÍDUOS MEDIANTE
SECAGEM CONVECTIVA: COMPOSTOS BIOATIVOS E DA CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

APROVADA EM: 25/10/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. D.Sc. Osvaldo Soares da Silva
(Orientador - UAEAli/CTRN/UFCG)



Prof. D.Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa
(Orientador - UATA/CCTA/UFCG)



Prof. D.Sc. Pahlevi Augusto de Souza
(Examinador Externo – IFRN/Currais Novos)



Prof. D.Sc. Sthelio Braga da Fonseca
(Examinador Externo - UATA/ CCTA/UFCG)



Prof^a. D.Sc. Mércia Melo de Almeida Mota
(Examinadora Externa – UAEAli/CTRN/UFCG)



Prof^a. D.Sc. Morgana Fabíola Cunha Silva Canuto
(Examinadora Externa – UATEC/CDSA/UFCG)

Campina Grande – PB
2021

"Eu lhes disse essas coisas para que em mim vocês tenham paz. Neste mundo vocês terão aflições; contudo, tenham ânimo! Eu venci o mundo".

João 16:33

A minha estimada mãe, Francisca Gadelha que apesar de seu pouco conhecimento me motivou a estudar, mãe sinto falta de seus conselhos constantes.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a realização deste trabalho, Senhor agradeço por ter me dado força, determinação e dedicação durante essa trajetória, obrigada pela oportunidade de aprendizado todos os dias de minha vida.

Aos meus pais, Francisca Gadelha e João Marinho, que me impulsionaram e ensinaram valores essenciais para minha formação. À minha irmã, Tatiana Marinho, pelo acolhimento demonstrado nessa trajetória.

À minha amiga e comadre Jéssica Leite, pelos os conselhos, apoio, incentivo, acolhimento, companheirismo e ajuda nessa jornada acadêmica, me contagiando com sua alegria durante a Graduação, Especialização, Mestrado e Doutorado.

Ao meu orientador, prof. Franciscleudo Bezerra, pelas instruções e contribuições durante a realização desse trabalho, pelos conselhos, paciência, confiança, incentivo, oportunidade e empatia durante toda a minha jornada acadêmica.

Ao meu orientador, prof. Osvaldo Soares, pela colaboração, ensino, incentivo, empatia, paciência, acolhimento e palavras de conforto durante essa jornada.

Aos professores Pahlevi Augusto, Sthelio Braga, Mércia Melo e Morgana Fabíola, pelas contribuições e sugestões atribuídas nesta pesquisa.

Aos amigos, Álvaro Gustavo, Andressa Gonçalves, Charlene Alcântara, Jonnathan Silva, Larissa Macêdo e Larisse Cadeira, pela ajuda e apoio durante a realização desse trabalho, deixando os dias mais alegres com os momentos de descontração.

Aos técnicos, Wélida Venceslau, Fabiola Farias, Roberta Chaiene, Climene Medeiros e Luiz Fernando, pela cooperação e disponibilidade dos laboratórios. Aos amigos, Roberta Wanderley, Décio Lima, Sanduel Andrade, Ligia Gonzaga e Wellita Azevedo, pelos momentos de alegrias durante as longas viagens para Campina Grande.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, que cooperaram de forma fundamental no acréscimo de conhecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pelo apoio financeiro durante a pós-graduação. Enfim, a todos aqueles que cooperaram ao longo desta pesquisa.

Muito obrigada!

NASCIMENTO, A. M. **Produção de farinhas de pimentões e resíduos mediante secagem convectiva: compostos bioativos e da capacidade antioxidante.** 2021. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

RESUMO

O *Capsicum annuum* (L.) é uma espécie que produz frutos de diferentes formatos e cores, ricos em nutrientes e com potencial funcional. Seus frutos estão sujeitos a perdas pós-colheita devido à sua perecibilidade, sendo necessária a aplicação de técnicas que prolonguem sua vida útil. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante de pimentões verde, amarelo e vermelho, além de produzir farinhas por secagem convectiva dos frutos de pimentões e resíduos de pimentões em diferentes temperaturas, além de estudar a cinética de secagem dos pimentões verde, amarelo e vermelho. Para os pimentões *in natura*, foi utilizado o (DIC) composto pelos pimentões (verde, amarelo e vermelho) em cinco repetições. Para as farinhas dos pimentões, foi aplicado o DIC em esquema fatorial duplo composto por três tipos de pimentões (verde, amarelo e vermelho), 5 temperaturas de secagem (50, 55, 60, 65 e 70 °C) em cinco repetições. Para as farinhas dos resíduos de pimentões foi utilizado DIC composto por três temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) com cinco repetições. As médias obtidas foram comparadas pela análise de variância seguida pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os frutos e resíduos de pimentões verde, amarelo, vermelho foram submetidos à secagem até peso constante. Analisaram-se as características físico-químicas, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante dos frutos *in natura*, farinhas dos frutos de pimentões e farinhas resíduos de pimentões. Avaliou-se a cinética de secagem dos pimentões e aplicaram-se modelos matemáticos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midilli. Os resultados demonstraram que os frutos *in natura* são excelentes fontes de compostos fenólicos com 262,9 mg 100 g⁻¹ no pimentão verde, 347,7 mg 100 g⁻¹ no amarelo e 254,1 mg 100 g⁻¹ no vermelho. As farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho concentram os teores de sólidos solúveis, açúcares, fenólicos, flavonoides e antocianinas. Constatou-se maior inibição do radical livre DPPH após o aumento da temperatura de secagem, sendo de 85,0% nas farinhas de pimentão verde, 83,0% nas farinhas do amarelo e 80,5% nas farinhas do vermelho. As farinhas dos resíduos de pimentões retiveram os compostos fenólicos, com teores de 200,2 mg 100 g⁻¹

¹ na temperatura de 50 °C, 174,9 mg 100 g⁻¹ a 60 °C e 196,3 mg 100 g⁻¹ a 70 °C. O modelo matemático de Midilli ajustou-se aos dados experimentais com R² acima de 0,99, DQM inferiores de 0,03 e X² abaixo de 0,0013 para os pimentões verde, amarelo e vermelho. Foi concluído que os pimentões *in natura* possuem componentes bioativos e potencial antioxidante. As farinhas do pimentão amarelo destacaram-se nos teores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante, evidenciando que a secagem convectiva é uma técnica viável para a produção dessas farinhas. Foi constatado que as farinhas dos resíduos de pimentões são ricas em compostos fenólicos e possui potencial antioxidante, agregando valor aos pimentões. Foi identificado que o modelo matemático de Midilli obteve o melhor ajuste aos dados experimentais.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* (L.), cinética, fenólicos, modelagem matemática, processamento.

NASCIMENTO, A. M. **Production of pepper flour and residues by convective drying: bioactive compounds and antioxidant capacity**. 2021. 128 f. Thesis (Doctorate in Process Engineering) - Federal University of Campina Grande, Campina Grande, 2021.

ABSTRACT

Capsicum annuum (L.) is a species that produces fruits of different shapes and colors, rich in nutrients and with functional potential. Its fruits are subject to post-harvest losses due to their perishability, what requires the application of techniques that prolong their shelf life. Thus, the main purpose of this thesis was to evaluate the physicochemical quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of green, yellow and red peppers, as well as to produce flours by convective drying of pepper fruits and residues at different temperatures, in addition to studying the kinetics of drying of green, yellow and red peppers. For fresh peppers, the DIC composed of (green, yellow and red) peppers was used in five repetitions. For the pepper flours, DIC was applied in a double factorial scheme which consisted of three types of (green, yellow and red) peppers, 5 drying temperatures (122, 131, 140, 149 and 158 °F) in five repetitions. For the pepper residues flour, it was used DIC composed of three drying temperatures (122, 140 and 158 °F) with five repetitions. The means obtained were compared by analysis of variance followed by Tukey's test at the 5% probability level. The fruits and residues of green, yellow and red peppers were dried until constant weight. The physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh fruits, pepper fruit flours and their residues were analyzed. The drying kinetics of the peppers were evaluated, and Lewis's, Page's, Henderson's and Pabis-Midilli's mathematical models were applied. The results showed that fresh fruits are excellent sources of phenolic compounds with 262.9 mg 100 g⁻¹ in green peppers, 347.7 mg 100 g⁻¹ in yellow peppers, and 254.1 mg 100 g⁻¹ in red peppers. The green, yellow and red pepper flours concentrated the contents of soluble solids, sugars, phenolics, flavonoids and anthocyanins. A greater inhibition of the DPPH free radical was found after increasing the drying temperature, being 85.0% in green pepper flours, 83.0% in yellow flours and 80.5% in red flours. The pepper residue flours retained the phenolic compounds, with contents of 200.2 mg 100 g⁻¹ at a temperature of 122 °F, 174.9 mg 100 g⁻¹ at 140 °F and 196.3 mg 100 g⁻¹ at 158 °F. Midilli's mathematical model fitted the experimental data with R² above 0.99, DQM below 0.03, and X² below 0.0013 for green, yellow and red peppers. It was concluded that fresh peppers have bioactive

components and antioxidant potential. Yellow pepper flours stood out in terms of ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant capacity, showing that convective drying is a viable technique for the production of these flours. It was found that the pepper residues are rich in phenolic compounds and have antioxidant potential, adding value to peppers. It was identified that the Midilli's mathematical model obtained the best fit to the experimental data.

Keywords: *Capsicum annuum* (L.), kinetics, phenolics, mathematical modeling, processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pimentões verde, amarelo e vermelho.	20
Figura 2. Perda de umidade durante o processo de secagem.	30
Figura 3. Etapas de obtenção das amostras de pimentões <i>in natura</i>	36
Figura 4. Etapas de obtenção das farinhas dos pimentões.....	37
Figura 5. Pimentões verde (A), amarelo (B) e vermelho (C) utilizados para produção das farinhas.	38
Figura 6. Etapas de obtenção das farinhas dos resíduos de pimentões	39
Figura 7. Amostras das polpas dos pimentões verde (A), amarelo (B) e vermelho (C) para estudo da cinética de secagem.	49
Figura 8. Farinhas produzidas com pimentões verde (A), amarelo (B) e vermelho (C) em diferentes temperaturas: a*: coordenada a; b*: coordenada b; L: luminosidade.	62
Figura 9. Ajuste da cinética de secagem de pimentão verde com os modelos de Lewis (A), Page (B), Henderson e Pabis (C) e Midilli (D) em diferentes temperaturas.....	96
Figura 10. Ajuste da cinética de secagem de pimentão amarelo com os modelos de Lewis (A), Page (B), Henderson e Pabis (C) e Midilli (D) em diferentes temperaturas.....	98
Figura 11. Ajuste da cinética de secagem de pimentão vermelho com os modelos de Lewis (A), Page (B), Henderson e Pabis (C) e Midilli (D) em diferentes temperaturas.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos utilizados na cinética de secagem dos pimentões	50
Tabela 2. Colorimetria dos pimentões <i>in natura</i>	52
Tabela 3. Características físico-químicas dos pimentões <i>in natura</i>	55
Tabela 4. Compostos bioativos dos pimentões <i>in natura</i>	58
Tabela 5. Capacidade antioxidante dos pimentões <i>in natura</i>	60
Tabela 6. Tempo de secagem e rendimento das farinhas de pimentões	61
Tabela 7. Luminosidade, coordenadas a*e b*, ângulo Hue, índice de cor e índice de escurecimento das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	64
Tabela 8. Desdobramentos da interação dos parâmetros de colorimetria das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	65
Tabela 9. Índice de cor e índice de escurecimento das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.....	66
Tabela 10. Desdobramentos da interação do índice de cor e índice de escurecimento das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	67
Tabela 11. Atividade de água, densidade aparente, solubilidade, umidade e cinzas das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	69
Tabela 12. Desdobramentos da interação da atividade de água, densidade aparente, solubilidade e cinzas das farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	70
Tabela 13. Sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico, íons H ⁺ , acidez titulável e ratio das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	74
Tabela 14. Desdobramentos da interação dos sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico, íons H ⁺ , acidez titulável e ratio das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	75
Tabela 15. Açúcares solúveis, açúcares redutores e açúcares não redutores das farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.....	77
Tabela 16. Desdobramentos da interação dos açúcares solúveis, açúcares redutores e açúcares não redutores das farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	78
Tabela 17. Clorofilas, carotenoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	80
Tabela 18. Desdobramentos da interação da clorofila total, carotenoides totais, ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides e antocianinas das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.....	81

Tabela 19. Capacidade antioxidante pelo ABTS ⁺ e capacidade antioxidante DPPH das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	85
Tabela 20. Desdobramento da interação da capacidade antioxidante pelo ABTS ⁺ e DPPH das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem	86
Tabela 21. Colorimetria das farinhas dos resíduos de pimentões.....	87
Tabela 22. Características físico-químicas das farinhas dos resíduos de pimentões.....	89
Tabela 23. Compostos bioativos das farinhas dos resíduos de pimentões	92
Tabela 24. Capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos de pimentões.....	95
Tabela 25. Parâmetros das equações (a, b, k, n), coeficientes de determinação R ² , desvios quadráticos médios DQM e Qui-quadrado X ² ajustados às curvas de secagem de pimentão verde	97
Tabela 26. Parâmetros das equações (a, b, k, n), coeficientes de determinação R ² , desvios quadráticos médios DQM e Qui-quadrado X ² ajustados às curvas de secagem de pimentão amarelo	99
Tabela 27. Parâmetros das equações (a, b, k, n), coeficientes de determinação R ² , desvios quadráticos médios DQM e Qui-quadrado X ² ajustados às curvas de secagem de pimentão vermelho	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA = Ácido ascórbico

ABTS^{•+} = 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico

AT = Acidez titulável

ANOVA = Análise de variância

Ca = Clorofila a

Cb = Clorofila b

DPPH = 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

DQM = Desvio quadrático médio

HCl = Ácido clorídrico

H⁺ = Concentração de íons H⁺

LQBAA = Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos

LTPOV = Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal

PB = Paraíba

pH = Potencial hidrogeniônico

R² = Coeficiente de determinação

RU = Razão de umidade, adimensional

RU_{exp} = Razão de umidade obtida experimentalmente

RU_{pre} = Razão de umidade predita pelo modelo matemático

U = Umidade absoluta (base seca)

U_o = Umidade inicial (base seca)

U_e = Umidade de equilíbrio (base seca)

X² = Qui-quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Geral	19
2.2 Específicos	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Pimentões (<i>Capsicum annuum</i> L.)	20
3.2 Características físico-química dos frutos	21
3.3 Compostos bioativos e capacidade antioxidante	22
3.3.1 Capacidade antioxidante de frutos do gênero <i>Capsicum</i>	23
3.3.2 Capacidade antioxidante de farinhas de frutos do gênero <i>Capsicum</i>	25
3.4 Perdas pós-colheita de hortaliças	26
3.5 Secagem em estufa com circulação de ar	27
3.5.1 Secagem de frutos do gênero <i>Capsicum</i>	28
3.6 Cinética de secagem e modelagem matemática	29
3.6.1 Modelagem matemática	30
3.6.1.1 Modelo de Lewis	31
3.6.1.2 Modelo de Page	31
3.6.1.3 Modelo de Henderson e Pabis	32
3.6.1.4 Modelo de Midilli	33
3.6.2 Modelagem matemática de frutos do gênero <i>Capsicum</i>	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 Amostragem dos pimentões <i>in natura</i>	36
4.2 Processamento e secagem dos pimentões	37
4.3 Processamento e secagem dos resíduos pimentões	39
4.4 Análises físicas e físico-químicas dos pimentões <i>in natura</i> e das farinhas dos frutos e resíduos de pimentões	40
4.4.1 Rendimento	40
4.4.2 Colorimetria	40
4.4.2.1 Índice de cor	40
4.4.2.2 Índice de escurecimento	41
4.4.3 Atividade de água	41

4.4.4 Densidade aparente (g cm ⁻³).....	41
4.4.5 Solubilidade.....	42
4.4.6 Umidade	42
4.4.7 Cinzas	42
4.4.8 Sólidos solúveis.....	43
4.4.9 pH e concentração de íons [H ⁺].....	43
4.4.10 Acidez titulável	43
4.4.11 Razão sólidos solúveis e acidez titulável	44
4.4.12 Açúcares totais	44
4.4.13 Açúcares redutores	44
4.4.14 Açúcares não redutores	45
4.5 Compostos bioativos	45
4.5.1 Clorofila e carotenoides totais.....	45
4.5.2 Ácido ascórbico.....	45
4.5.3 Compostos fenólicos	46
4.5.4 Flavonoides e antocianinas.....	46
4.6 Capacidade antioxidante.....	47
4.6.1 Captura do radical livre ABTS ^{•+}	47
4.6.2 Captura do radical livre DPPH.....	48
4.7 Delineamento experimental e análise estatística.....	48
4.7.1 Pimentões <i>in natura</i>	48
4.7.2 Farinhas dos pimentões	49
4.7.3 Farinhas dos resíduos de pimentões	49
4.8 Cinética de secagem e modelagem matemática dos pimentões	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1 Pimentões <i>in natura</i>	52
5.1.1 Colorimetria	52
5.1.2 Características físico-químicas.....	54
5.1.3 Compostos bioativos	57
5.1.4 Capacidade antioxidante	59
5.2 Farinhas dos pimentões em diferentes temperaturas.....	60

5.2.1 Rendimento	60
5.2.2 Colorimetria	61
5.2.3 Características físico-químicas.....	68
5.2.4 Compostos bioativos	79
5.2.5 Capacidade antioxidante	84
5.3.1 Colorimetria	86
5.3.2 Características físico-químicas.....	88
5.3.3 Compostos bioativos	92
5.3.4 Capacidade antioxidante	94
5.3 Modelagem matemática	95
6 CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

1 INTRODUÇÃO

O pimentão é uma espécie de elevada variedade morfológica, uma vez que possui diferentes formas, tamanhos e cores, com sabor e aroma característicos (SILVA et al., 2017). Os pimentões colhidos verdes são ricos em clorofilas e os frutos colhidos entre 80% a 100% de maturação possuem altos níveis de carotenoides (CISTERNAS-JAMET et al., 2020). De acordo com Alencar (2019) o cultivo de pimentão contempla cerca de 30 culturas devido à Produção Integrada Agropecuária, que estabeleceu as boas práticas e estimulou a cultura, fazendo com que o Brasil, no ano de 2017, utilizasse uma área de 11.188 hectares e produzindo cerca de 555 mil toneladas de pimentões ao ano.

As características físico-químicas dos pimentões são variáveis de acordo com a coloração, ocorrendo diferenças nos teores de acidez titulável, pH e sólidos solúveis (MACHADO et al., 2017). Os compostos bioativos também se apresentam de forma diferente, conforme a cor, sendo os frutos maduros indicados como uma fonte natural desses fitoquímicos. Os compostos bioativos de origem natural são utilizados na indústria de alimentos com o intuito de aumentar a funcionalidade dos produtos, tendo em vista que o consumo de antioxidantes provê uma alimentação saudável (CARES et al., 2015; FERREIRA, 2015; CONDE; PAJARO; MÉNDEZ, 2019).

Por ser uma hortaliça de alta perecibilidade, os pimentões geram perdas no comércio devido a fatores como murchamento, podridões e danos físicos (GUERRA et al., 2017). Para diminuir os desperdícios pós-colheita, a secagem convectiva é uma técnica muito utilizada na indústria de alimentos, servindo como alternativa para agregar valor e evitar prejuízos, já que ocorre a redução da atividade de água pela transferência de calor, controlando as reações químicas, oxidativas, enzimáticas e microbiológicas, fazendo com que a vida útil dos alimentos seja prolongada (CELESTINO, 2010; MACHADO et al., 2015; SILVA et al., 2015; SILVA, 2018).

O conhecimento sobre a massa dos produtos, tamanho das partículas e porosidade é muito importante para o planejamento e acompanhamento da secagem, visto que essa técnica influencia nas propriedades dos produtos agrícolas, sendo necessário acompanhar os efeitos da redução de água conforme o aumento da temperatura (OLIVEIRA, 2017).

A secagem de pimentões é um processo simples e econômico, sendo a produção de farinha uma tecnologia aplicável para o aproveitamento dos frutos *in natura*, já que a farinha é um produto que pode ser utilizado na culinária de forma rápida e prática, disponibilizando ao comércio pimentões secos, com o intuito de substituir os pimentões *in natura* no momento de escassez (SILVA, 2013; NUNES et al., 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a influência da secagem convectiva na qualidade físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante nas farinhas dos frutos e resíduos de pimentões, além de estudar a cinética de secagem dos pimentões verde, amarelo e vermelho.

2.2 Específicos

- Determinar as características físico-químicas, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante dos pimentões *in natura*.
- Produzir farinhas dos pimentões por secagem convectiva em estufa com circulação e renovação de ar, a 50, 55, 60, 65 e 70 °C e determinar as características físico-químicas, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante.
- Obter farinhas dos resíduos de pimentões por secagem convectiva em estufa com circulação e renovação de ar, a 50, 60 e 70 °C e avaliar as características físico-químicas, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante.
- Estudar a cinética de secagem dos pimentões nas temperaturas de 50, 55, 60, 65 e 70 °C e ajustar os modelos matemáticos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midilli para a descrição das cinéticas.
- Identificar o modelo matemático que melhor represente as curvas de secagem dos pimentões.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pimentões (*Capsicum annuum* L.)

De acordo com Bernardo et al. (2018), os pimentões são importantes para o mercado econômico brasileiro, tendo em vista que possuem ampla aplicação na indústria e na culinária. É uma hortaliça pertencente à família *Solanaceae*, que possui várias posições em seu nome botânico devido à variabilidade genética, sendo o *Capsicum annuum* L. a espécie que agrupa a maior quantidade de frutos cultivados (CARES et al., 2015).

O pimentão encontra-se entre as hortaliças mais produzidas em ambiente protegido, destacando-se as plantas que originam a variedade de frutos amarelo, laranjas, vermelho e roxos, uma vez que esses frutos são mais valorizados no mercado, no entanto, o custo de produção desses pimentões é maior devido ao período de maturação no campo (CERQUEIRA-PEREIRA et al., 2007).

O desenvolvimento do pimentão é um fator muito observado durante a produção, visto que o estágio de maturação adequado vai determinar a qualidade pós-colheita dessa hortaliça. O período de colheita dos frutos é variável, porque alguns pimentões são colhidos verdes, enquanto outros são colhidos após o processo de amadurecimento (Figura 1), sendo a determinação do ponto de colheita essencial para durabilidade desses frutos (DAMATTO JUNIOR et al., 2010).

Figura 1. Pimentões verde, amarelo e vermelho.



Fonte: Autora, 2021.

De acordo com Matos et al. (2012), no comércio, existem grupos de pimentões com diferentes tamanhos, formatos e cores, os principais são: cônico, blocky, retangular e quadrado. Os pimentões cônicos são frutos que possuem o formato cônico com diferentes pesos e cores, eles imaturos apresentam a cor verde e quando maduros atingem a cor específica de cada híbrido.

Os pimentões blocky são frutos que possuem diferentes tamanhos, na fase imatura apresentam uma coloração verde e quando maduros atingem as cores creme, amarela, laranja e roxa. Os pimentões retangulares são frutos que possuem o formato retangular, na fase imatura apresentam uma coloração verde e quando maduros atingem as cores amarela e vermelha. Os pimentões quadrados são frutos que possuem o formato quadrado, eles imaturos apresentam a cor verde e quando maduros apresentam as cores amarela, vermelha e roxa (MATOS et al., 2012; NASCIMENTO, 2017).

De acordo com Streit et al. (2005), o pimentão verde é um fruto rico em clorofila, pigmento presente nos cloroplastos das plantas. Conforme Martinez et al. (2016) dependendo do híbrido cultivado, a colheita do pimentão verde se dá entre 60 e 70 dias após o transplante. No entanto, para se obterem os frutos coloridos é importante que ocorra a modificação da cor verde, sendo necessário deixar os frutos permanecerem na planta até atingir 50% da coloração.

O pimentão amarelo é um fruto rico em vitamina C e outros bioativos, nos tecidos dessa hortaliça encontram-se os carotenoides, pigmento natural e antioxidante que fornece ações benéficas para a saúde (MARÍN et al., 2004; NAVARRO et al., 2006). Já o pimentão vermelho apresenta uma variedade de aroma e sabor característicos, que após completar a maturação, torna-se vermelho devido à capacidade de sintetizar os carotenoides e reter pigmentos clorofilas (COLLERA-ZUÑIGA; JIMENEZ; GORDILLO, 2005).

3.2 Características físico-químicas dos frutos

O estudo das características químicas, físicas e biológicas é importante para o desenvolvimento da indústria de alimentos, uma vez que o processamento, conservação e distribuição fazem parte da ciência que disponibiliza produtos com características adequadas, garantindo a segurança baseada nos padrões de identidade e qualidade dos alimentos (REIS, 2014).

Segundo Machado et al. (2017), a composição físico-química dos pimentões pode variar conforme a sua coloração, podendo ocorrer variações entre uma variedade e outra nos parâmetros de acidez, pH, sólidos solúveis, além de ocorrer diferenciações na estabilidade e atributos sensoriais dos frutos.

Conforme Rinaldi et al. (2008), a composição centesimal dos pimentões verdes apresentou-se em concentrações aceitáveis de proteínas, fibras brutas e carboidratos para os cultivares “Paloma”, “Impacto” e “Magali”. De acordo com os autores, a cultivar “Paloma” possui o maior teor de umidade, entretanto, a concentração de fibra bruta é menor. Já a cultivar “Magali” obteve os maiores teores de proteínas e carboidratos.

Ferreira et al. (2013) analisaram a morfológica dos pimentões em diferentes acessos mercadológicos e verificaram que o pH, acidez titulável e o ratio não apresentaram diferença, sendo reportado pelos autores que, no ambiente de venda não há uma tendência concreta para distinguir o porte dos frutos.

Bernardo et al. (2018) encontraram diferenças físicas e físico-químicas em pimentões verde, amarelo e vermelho. O estudo informou que os pimentões apresentaram qualidade e foram considerados ideais para o consumo. Conforme os autores, os pimentões verdes indicaram efeitos maiores no comprimento longitudinal e transversal, já os amarelos obtiveram maiores resultados para os sólidos solúveis e os vermelhos mostraram uma decorrência maior nos teores de acidez titulável.

Silva et al. (2019), ao caracterizarem dois tipos de pimentões informaram que os frutos apresentaram alto teor de umidade e elevada atividade de água, no entanto, foi citado que os teores de cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos foram maiores no pimentão amarelo, sendo mostrado pelos autores que o pH de ambos os pimentões foi próximo à neutralidade, indicando que os frutos possuem baixos percentuais de acidez.

3.3 Compostos bioativos e capacidade antioxidante

Os compostos bioativos são substâncias que estão presentes nos frutos, como os carotenoides, fitoesteróis, flavonoides e polifenóis, são importantes devido às ações biológicas que trazem benefícios à saúde, reduzindo o desenvolvimento de doenças devido aos mecanismos de ação antioxidante, gerando proteção, prevenção e redução dos efeitos causados pelo estresse oxidativo (GONÇALVES, 2008; BRASIL, 2013). A

categoria de substâncias bioativas é regulamentada pela Resolução RDC nº 02/2002, norma que estabelece as definições de substâncias bioativas e a obrigatoriedade da comprovação, segurança de uso e comercialização.

Os antioxidantes compreendem um conjunto de substâncias conhecidas como: primários, sinergistas, renovadores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes e mistas. Os primários são compostos que removem ou inativam os radicais livres pela transferência de um átomo de hidrogênio. Os sinergistas contêm pouca atividade e atuam aumentando o efeito dos antioxidantes primários. Os removedores de oxigênio operam capturando os oxigênios tornando-os indisponíveis para autooxidação. Os biológicos são enzimas que agem removendo o oxigênio e outros compostos reativos de um sistema alimentício. Os agentes quelantes ou sequestrantes atuam complexando íons metálicos responsáveis pela catálise na oxidação lipídica. Já as mistas são compostos de plantas e animais muito estudados em alimentos (REIS, 2016).

Segundo Costa et al. (2010), os alimentos estão em constantes modificações devidas às alterações físicas, químicas, microbiológicas e enzimáticas. As reações de oxidação de lipídios é um exemplo de como os alimentos são susceptíveis à ação do oxigênio e radicais livres. Para diminuir esses processos, a indústria de alimentos emprega aditivos químicos com o intuito de evitar alterações indesejáveis, no entanto, são questionadas pelos consumidores, motivando o interesse pela busca de produtos naturais com princípios ativos e capacidade de conservar os alimentos, uma vez que, conforme Fernandes (2019), os antioxidantes são substâncias responsáveis pela inibição dos radicais propagadores da reação de oxidação, atuando na estabilidade de diferentes produtos alimentícios.

3.3.1 Capacidade antioxidante de frutos do gênero *Capsicum*

Moraes et al. (2012) demonstraram que os frutos do gênero *Capsicum* vêm sendo investigados devido às suas propriedades naturais que atuam em diferentes mecanismos nos alimentos. Quijada (2009) verificou os extratos fenólicos de cinco cultivares de *Capsicum annuum* L. com o intuito de mostrar a inibição da oxidação do colesterol, observando que as pimentas estudadas têm potencial fonte de antioxidantes naturais.

Costa et al. (2010), ao avaliarem a atividade antioxidante de pimentas “Malagueta”, “Cambuci”, “Cumari” e pimentão “Magali”, informaram que as amostras

apresentaram resultados satisfatórios para os fenólicos totais e capsaicinoides, sendo a pimenta “Cumari” a que obteve maior concentração destes compostos. Quanto aos antioxidantes, as pimentas “Cambuci” e “Malagueta” demonstraram maior atividade pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico. Entretanto, pelo método DPPH, as pimentas “Cumari” e “Cambuci” foram mais efetivas, sendo concluído no estudo que as pimentas podem ser aplicadas como agentes antioxidantes nos alimentos.

Medina-Juárez et al. (2012) caracterizaram os fenólicos e a atividade antioxidante de *Capsicum annuum* L., sendo quantificados os fenóis, flavonoides, ácido ascórbico e a capacidade antioxidante pelo método dos radicais DPPH e ABTS^{•+}. O estudo mostrou que a pimenta “Serrano” obteve maior conteúdo de ácido ascórbico, sendo encontrada maior concentração de compostos fenólicos e estabilização do ABTS^{•+} nas cultivares “Caribe” e “Bell”, já a porcentagem de inibição da oxidação pelo radical DPPH foi maior em “Caribe”. Os autores concluíram que as cultivares “Caribe” e “Bell” possuem maior capacidade antioxidante e são ideais para consumo humano.

Nogueira (2013) caracterizou o potencial biológico de pimentão das variedades produzidas em Portugal, com o intuito de demonstrar uma fonte natural de compostos antioxidantes. Os resultados afirmaram que as variedades de pimentões estudadas oferecem compostos bioativos e atividade antioxidante, indicando que os frutos podem ser incorporados na dieta alimentar como perspectiva de uma dieta saudável.

Carvalho et al. (2013), ao estudarem o perfil de carotenoides e atividade antioxidante de genótipos *Capsicum annun* L. e *Capsicum chinense* Jacq, encontraram os carotenoides all-trans-luteína e zeaxantina nas amostras analisadas e concluíram que os genótipos estudados apresentaram uma variação na capacidade antioxidante.

Carvalho et al. (2014) determinaram a concentração de ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides e a atividade antioxidante de pimentas *Capsicum* spp. De acordo com os autores, os teores de vitamina C diminuíram com a maturação dos frutos, entretanto, os compostos fenólicos concentraram-se. Segundo o estudo, a atividade antioxidante foi significativa, sendo concluído pelos autores que o grau de maturação influenciou os compostos bioativos das pimentas avaliadas.

Cares et al. (2015) analisaram os componentes bioquímicos e capacidade antioxidante de seis tipos de pimentões e informaram que as variedades estudadas apresentaram altos teores de ácido ascórbico, licopeno e capacidade antioxidante, sendo

os pimentões recomendados para alimentação, tendo em vista que são ricos em fitonutrientes e são considerados funcionais.

Silva et al. (2017) compararam o teor de compostos fenólicos e o potencial antioxidante das variedades de pimentão verde “Perla” e vermelho “Fragata” em diferentes métodos, sendo constatado que o pimentão vermelho possui uma maior concentração de compostos fenólicos totais e atividade biológica, podendo esse fruto ser considerado uma fonte natural de compostos bioativos e antioxidantes.

Conde, Pajaro e Méndez (2019) determinaram a atividade antioxidante e os compostos fenólicos de frutos *Capsicum annuum* L. na Colômbia. Os autores informaram que o extrato etanólico da páprica mostrou atividade antioxidante e foi relacionado ao teor de fenóis, sendo concluído que os frutos são fontes de agentes antioxidantes naturais com potencial de aplicação na indústria.

3.3.2 Capacidade antioxidante de farinhas de frutos do gênero *Capsicum*

Rochín-Wong et al. (2013), avaliando o efeito da capacidade antioxidante de compostos fenólicos e capsaicinoides de *Capsicum annuum* L., mostraram que a secagem causou alterações, no entanto, o nível de fenóis e capacidade antioxidante do material seco não foram afetados. Conforme os autores, as condições do método tradicional de conservação tiveram um impacto maior nos níveis de compostos fenólicos, capsaicinoides e capacidade antioxidante do que o processo de secagem, sendo concluído que a secagem ao sol pode ser adequada para preservar os fitoquímicos.

Moresco (2013), ao analisar a extração de carotenoides, capsaicinoides e ácido ascórbico em pimentas *Capsicum*, identificou os fitoquímicos e a atividade antioxidante. De acordo com a autora a secagem a 50 °C possibilitou concentração dos carotenoides sendo maior que a encontrada na pimenta *in natura*. Entretanto, a secagem nas temperaturas de 70 e 80 °C prejudicou algumas das propriedades bioativas.

Abreu et al. (2016), ao estudarem pimentas (*Capsicum annuum*) vermelhas desidratadas a 50 e 80 °C, com a finalidade de verificar a influência da secagem sobre a retenção de carotenoides, ácido ascórbico e atividade antioxidante, constataram que as propriedades antioxidantes da pimenta *in natura* sofreram redução com a secagem, sendo destacado pelos autores menor perda da atividade antioxidante e carotenoides das

pimentas secas inteiras à 80 °C, comportamento relacionado à geometria na forma inteira e ao tempo de secagem.

3.4 Perdas pós-colheita de hortaliças

O desperdício de alimentos devido às perdas pós-colheita é um problema global, sendo estimado que 1,3 bilhão de toneladas são descartados anualmente. No Brasil, as perdas advindas de frutas e hortaliças chegam a 30%, sendo a grande parte desses desperdícios gerada durante as etapas de processamento, manuseio e armazenamento (SANTOS et al., 2020).

Em estudos sobre as perdas pós-colheita de hortaliças, Guerra et al. (2014; 2017) informaram que existem inúmeros fatores para os danos fisiológicos em frutos de pimentões, sendo a flacidez, enrugamento, danos pela ação do sol, lesões e deformações que, após a colheita, somam-se aos danos mecânicos ocasionados por ferimentos nos tecidos, esfoladuras, amassamentos e prejuízos gerados pela ação microbiológica e ataque de insetos.

Sousa (2017), em sua pesquisa sobre as perdas pós-colheita de hortaliças, corrobora que os prejuízos ocorrem por danos fisiológicos, como o murchamento, enrugamento e perda do brilho epidérmico, gerados por lesões mecânicas devidas aos cortes e amassamento nos frutos procedentes do manuseio e transporte inadequado.

Costa et al. (2015), avaliando o impacto de prejuízos nos produtos agrícolas, informaram que a monitoração das perdas geradas durante a cadeia produtiva é muito importante para avaliar a análise dos impactos econômicos no comércio, visto que conforme a perecibilidade dos produtos, é difícil anular totalmente as perdas após a colheita, sendo necessário adotar um padrão de qualidade com níveis aceitáveis de perdas.

De acordo com Ribeiro et al. (2011), grande parte das perdas de pimentões no mercado atacadista é gerada por danos mecânicos, sendo 46% correspondentes à quebra dos frutos, 22% por abrasão e 32% por amassamentos. Já entre os desperdícios ocasionados por danos fisiológicos, 62% são devidos à perda da coloração, 25% por deformidade nos frutos e 13% pelo o murchamento dos pimentões.

De acordo com Santos et al. (2020), esforços são necessários para averiguar os fatores que estão relacionados com as perdas de frutas e hortaliças, observando os pontos

cruciais da cadeia produtiva, incluindo os centros de abastecimento atrelado às condições higiênico sanitárias e operacionais.

3.5 Secagem em estufa com circulação de ar

O aumento da população mundial tem gerado uma crescente demanda por alimentos. Logo, para suprir a necessidade exponencial, é indispensável o uso de tecnologias que possibilitem a otimização da cadeia de produção. O interesse pela secagem de produtos agrícolas ocorreu logo após a utilização da colheita mecanizada, uma vez que devido à eficiência da capacidade de produção, foi necessária a instalação de secadores (CARLESSO et al., 2007; DANTAS, 2012).

No período de secagem, algumas variáveis como temperatura, velocidade do ar, tempo do processo e características do produto são importantes para a taxa de remoção de água dos alimentos, já que a perda de umidade está inteiramente relacionada com a superfície exposta do material. Quando o alimento é colocado nas condições de secagem acontece a transferência de calor devida à diferença de temperatura e isso ocorre porque as temperaturas elevadas ampliam o transporte da umidade pelo aquecimento do ar, fazendo com que o produto também seja aquecido, gerando um acréscimo da pressão de vapor e possibilitando a saída de umidade do produto para a superfície (ALEXANDRE, 2010; CASTIGLIONI et al.; 2013; RAMALHO, 2018).

O aumento da temperatura nos secadores comerciais é controlado por meio de um termostato, sendo a circulação de ar feita por um ventilador, que é localizado atrás das resistências elétricas com a finalidade de aquecer o ar de entrada. Nesse tipo de secador, as bandejas com as amostras são pesadas com o intuito de verificar o processo final de secagem (CELESTINO, 2010; LOURENÇO, 2014).

A secagem com ar quente em secador do tipo estufa encontra-se entre os vários métodos utilizados na indústria de alimentos. No entanto, ao escolher as condições de secagem, é importante possuir informações das características do material em determinadas situações, tendo em vista que temperaturas elevadas podem danificar os produtos biológicos, gerando alterações indesejáveis dos alimentos (FERNANDES, 2010; ALEXANDRE, 2010).

O processo de secagem é um método que auxilia na conservação dos alimentos, oferecendo inúmeras vantagens, como concentração dos nutrientes, preservação do sabor

e extensão da vida útil. Além disso, a técnica reduz a atividade de água, controlando as reações químicas e enzimáticas, como também o crescimento de microrganismos responsáveis pela deterioração dos produtos (MACHADO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2015).

3.5.1 Secagem de frutos do gênero *Capsicum*

Existem vários trabalhos sobre a secagem de pimentões representando o processamento e durabilidade do produto. Arlindo (2005), no seu estudo sobre a estabilidade de pimentões verde em pó, trabalhou com frutos em secador de bandejas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, em que as fatias de pimentões secos a 70 °C foram trituradas para a aquisição de um pó, sendo constatado que as embalagens de polietileno e laminadas mantiveram características de pH, acidez e cinzas durante o armazenamento do produto.

Arlindo et al. (2007) produziram pimentão amarelo em pó empregando secador vertical de bandejas na temperatura de 70 °C e acondicionaram o produto em embalagem de polietileno durante 100 dias de armazenamento e acompanharam a evolução das características, foram verificadas alterações nos teores de umidade e ácido ascórbico.

Silva et al. (2008) avaliaram a desidratação em camada fina do pimentão verde nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e observaram que a temperatura é um parâmetro determinante no processo de desidratação, já que o seu aumento culmina na redução do tempo e taxa de secagem. Silva (2013), ao testar a eficiência do processo de secagem em pimentão, verificou que o produto obtido foi competitivo a outros estudos, sendo a transformação dos pimentões secos em farinhas um processo simples e econômico.

Calheiro et al. (2015), pesquisando as condições adequadas de secagem para aquisição de farinha do pimentão verde, utilizaram um secador de cabine com circulação de ar regulado nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, ajustando o equipamento com a finalidade de aumentar a velocidade de ar e secagem. Nascimento (2015), ao avaliar as características do pimentão verde desidratado a 60 °C em estufa com circulação de ar, indicou que a secagem é uma alternativa viável para o aproveitamento dos pimentões.

Gomes (2016) produziu farinha de pimentão com o intuito de utilizá-la para a produção de barra de cereais. Conforme o autor, o produto indicou ser rico em fibras, carboidratos, proteínas, minerais, sólidos solúveis e outros componentes, sendo concluído

que a farinha do pimentão pode ser incluída como uma opção natural na dieta alimentar. Correa et al. (2017), ao utilizarem pedúnculos e sementes do pimentão para a produção de farinhas, secaram os vegetais em estufa com circulação e renovação de ar nas temperaturas de 55, 60 e 65 °C, informando que as farinhas elaboradas podem ser aplicadas no processo de panificação.

Nunes et al. (2017), ao avaliarem o efeito do processo de elaboração de farinha de pimentão e outros vegetais, indicaram que os processos de secagem são tecnologias viáveis para o aproveitamento dos vegetais *in natura*. Nascimento et al. (2017), ao estudarem sobre o pimentão verde submetido à secagem em estufa com circulação de ar a 60 °C, concluíram que as propriedades bioativas do pimentão verde não foram perdidas após aplicação do tratamento térmico.

Nascimento et al. (2018), ao avaliarem a composição centesimal em farinha de pimentão verde seco a 60 °C em estufa com circulação de ar, determinaram que os componentes da farinha concentraram após à secagem. Sátiro et al. (2018), ao estudarem a qualidade da farinha dos resíduos de pimentões verde, amarelo e vermelho, visando o seu aproveitamento, secaram os pedúnculos e sementes de pimentões em estufa com circulação e renovação de ar na temperatura de 60 °C e indicaram que a farinha do resíduos de pimentões possui características favoráveis para o consumo.

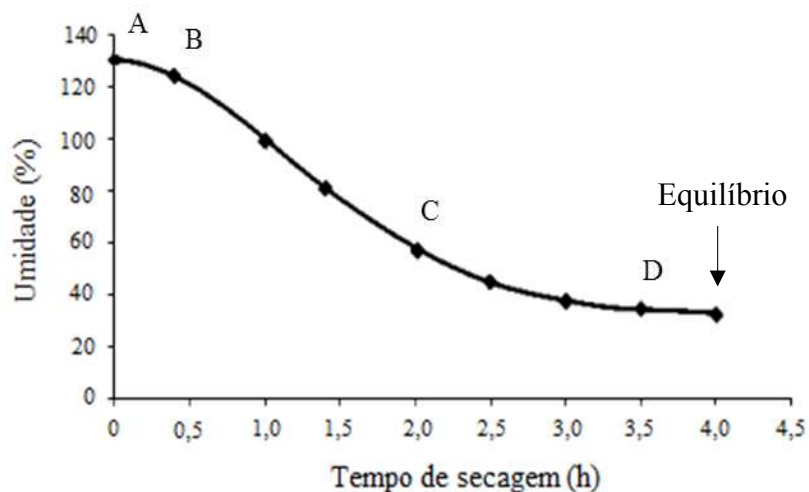
3.6 Cinética de secagem e modelagem matemática

A cinética tem por objetivo estimar o tempo necessário de secagem, estudando o comportamento do material ao longo do processo (CARVALHO, 2014). Nessa técnica, a perda de umidade é analisada pelo controle de algumas variáveis como temperatura, velocidade do ar, umidade relativa do ar e propriedades do alimento (CELESTINO, 2010). A cinética de secagem é uma ferramenta utilizada para avaliar a perda de umidade de um produto, através de uma curva que pode ser ajustada com modelos matemáticos para otimizar o processo de secagem (SILVA, 2019).

Em pesquisa realizada por Celestino (2010), verifica-se a perda de umidade durante o processo de secagem (Figura 2). Observa-se que o intervalo AB é o período de adaptações às condições de secagem. No segmento BC, ocorre a saturação da superfície exposta em que o alimento não apresenta resistência na saída de água. No período BC, a

água da superfície vai sendo substituída pela do interior do produto, uma vez que a água é escoada pelos poros do alimento.

Figura 2. Perda de umidade durante o processo de secagem.



Fonte: Celestino (2010)

O ponto C indica o fim do período de secagem constante. No intervalo CD, cada vez menos líquido é encontrado sobre a superfície do sólido, podendo nesse período ocasionar rachaduras no alimento. A umidade no ponto D é diminuída até obter-se a umidade equilíbrio sob as condições de secagem. Após atingir a umidade de equilíbrio, o processo de secagem é encerrado (CELESTINO, 2010).

3.6.1 Modelagem matemática

A modelagem matemática é um conjunto de equações que serve para descrever com precisão os processos de secagem. Existem vários modelos matemáticos que auxiliam a técnica de secagem, sendo uma prática indicada para prever a otimização do processo, tendo em vista que eles descrevem os sistemas de secagem por simulação matemática, utilizando modelos que representem a perda de água de forma satisfatória (CASTIGLIONI et al., 2013; DARVISHI et al., 2014).

Esses métodos são empregados para prever os parâmetros que foram utilizados, facilitando na tomada de decisões sobre os tipos de secadores e condições ideais para secagem da matéria-prima (VITORINO, 2009). Na secagem de produtos

hortícolas podem ser aplicados diferentes equações matemáticas, conhecidas como modelos teóricos, semiteóricos e empíricos (SANTOS et al., 2019).

Entre os modelos teóricos utilizados no processo de secagem, o da difusão é destacado como o mais estudado. Já os modelos semiteóricos são resultantes da segunda Lei de Fick ou pela mudança de modelos simplificados (ARAÚJO et al., 2017). Os modelos classificados como empíricos indicam uma relação direta entre o conteúdo de água e o tempo de secagem (GONELI et al., 2014). E são derivados de equações ajustadas que descrevem de forma simplificada a umidade do material com o tempo e condições específicas de secagem (VIEIRA, 2014).

Os modelos matemáticos de Page (1949), Henderson e Pabis (1961), Lewis (1921) e Midilli et al. (2002) estão entre os mais usados para descrever o comportamento da cinética de secagem (SILVA, 2019).

3.6.1.1 Modelo de Lewis

Segundo Lewis (1921), no intervalo de secagem decrescente, a mudança de umidade é proporcional à diferença imediata entre o teor da umidade do material e o teor de umidade do material em condições de equilíbrio com o ar de secagem. Conforme o autor, os efeitos no interior do material é desconsiderado, uma vez que a Equação deduz que toda a resistência ao transporte de umidade é encontrada na camada limite, sendo a variável “k” do modelo uma constante integrada com o objetivo de incrementar o tempo de 0 a t e teores de umidade decrescentes conforme a Equação 1.

$$RU = \exp(-k \cdot t) \quad (1)$$

Onde:

RU = Razão de umidade, adimensional;

k = Constante de secagem, s⁻¹;

t = Tempo, em segundos.

3.6.1.2 Modelo de Page

De acordo com Botelho (2012), o modelo de Page por ser considerado simples,

encontra-se entre os três mais recomendados para a representação da cinética de secagem, visto que possui um menor número de coeficientes, tornando a aplicação de simulações mais fácil. Em seu estudo, o autor observou que o modelo de Page obteve valores dos coeficientes ajustados, matendo uma relação de dependência com a temperatura do ar de secagem.

Conforme Tan et al. (2001), o modelo empírico de Page descreve os dados experimentais de forma satisfatória, sendo muito utilizado para mostrar o comportamento de materiais biológicos no processo de secagem. Azzouz, Jomaa e Belghith (1998) informaram que a constante “n” indica o efeito de controle do tempo, verificando os prováveis erros da resistência interna para a transferência de umidade. Na Equação 2, está descrita a representação matemática do modelo de Page (1949).

$$RU = \exp^{-k \cdot t^n} \quad (2)$$

Onde:

RU = Razão de umidade, adimensional;

k = Constante de secagem, s⁻¹;

t = Tempo, em segundos;

n = Constante do modelo.

3.6.1.3 Modelo de Henderson e Pabis

O modelo matemático de Henderson e Pabis é uma das equações empíricas mais empregadas para a determinação das curvas de secagem de produtos agrícolas (SILVA, 2019). De acordo Costa (2013), o modelo de Henderson e Pabis é o primeiro termo entre as várias soluções da segunda lei de Fick, que é bastante utilizado no ajuste de dados experimentais. Sousa et al. (2015), no seu estudo sobre a cinética de secagem, observaram que esse modelo demonstrou resultados satisfatórios entre as várias equações aplicadas. Sendo o modelo Henderson e Pabis (1961) descrito conforme a Equação 3.

$$RU = a \cdot \exp^{-k \cdot t} \quad (3)$$

Onde:

RU = Razão de umidade, adimensional,

a = Constantes do modelo;

k = Constante de secagem, s⁻¹;

t = Tempo, em segundos.

3.6.1.4 Modelo de Midilli

O modelo proposto por Midilli é muito utilizado para testar dados experimentais da cinética de secagem em camada única, apesar de não oferecer uma base teórica, ele é bastante aplicado para fins práticos. O modelo Midilli et al. (2002) é descrito conforme a Equação 4.

$$RU = a \cdot \exp^{(-k \cdot t^n)} + b \cdot t \quad (4)$$

Onde:

RU = Razão de umidade, adimensional;

a e b = Constantes do modelo;

k = Constante de secagem, s⁻¹;

t = Tempo, em segundos;

n = Constante do modelo.

3.6.2 Modelagem matemática de frutos do gênero *Capsicum*

A modelagem matemática vem sendo aplicada em diversos estudos para pressupor o processo de secagem em alimentos como as frutas e hortaliças, tendo em vista que a técnica permite a redução dos testes laboratoriais.

Silva et al. (2008) avaliaram o processo de secagem com a finalidade de indicar o modelo matemático que melhor represente o efeito de pré-tratamento da cinética de secagem em extrato de pimentão verde. Os autores concluíram que os modelos de Page, Dois Termos, Lewis, Verma e Henderson e Pabis obtiveram precisão aos dados experimentais do processo de secagem do pimentão, sendo a aquisição do extrato seco mais eficiente nas temperaturas de 70 e 80 °C.

Reis et al. (2011), ao determinarem a modelagem em curvas de secagem de pimenta “Cumari” do Pará nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C, informaram que o coeficiente de difusão aumentou de acordo com a elevação da temperatura do ar de secagem. Os autores concluíram que curvas de secagem para pimenta foi semelhante às de outros produtos agrícolas, sendo o modelo matemático de Midilli o que melhor ajustou os dados experimentais.

Santos et al. (2012) otimizaram as condições de secagem da pimenta “Malagueta” empregando modelos matemáticos para se ajustarem à cinética de secagem. Os autores constataram que os modelos matemáticos de Lewis e Brooker obtiveram resultados adequados, no entanto, o modelo de Fick apresentou os melhores ajustes com valores de coeficientes de determinação satisfatórios.

Derlan et al. (2013), ao pesquisarem sobre a cinética de secagem da pimenta “Cambuci” em estufa com circulação nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, descobriram que os modelos aplicados demonstraram ajustes com altos coeficientes de determinação, sendo observado que os modelos de Midilli e Kucuk indicaram os melhores ajustes, visto que obtiveram uma representação satisfatória do processo sob as condições de secagem expostas.

Alves, Ströher e Nicoleti (2014), ao estudarem as condições de processamento osmo-convectiva de fatias de pimentão verde sob condição osmótica, verificaram que os modelos de Fick e de Page mostraram bons resultados em todos os tratamentos realizados, sendo os melhores ajustes de dados experimentais apresentados pelo modelo de Page, uma vez que foi obtida uma qualidade nos parâmetros aplicados.

Alves e Fóz (2015), ao trabalharem com dessorção de pimentão verde em função da temperatura, descobriram que a Equação de Gab foi a que melhor descreveu as isotermas do pimentão verde nas temperaturas de 30, 40, 50 e 60 °C, já que esse modelo apresentou os melhores ajustes, além de mostrar parâmetros estatísticos de qualidade. De acordo com os autores, o calor isostérico foi aumentando à medida que o teor de umidade do produto foi reduzindo, sendo reportado que esse comportamento é indicativo da interação das moléculas de água com os constituintes do alimento.

Melo et al. (2015), ao ajustarem os modelos matemáticos na secagem da “Pimenta de cheiro” nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, verificaram a difusividade efetiva e a energia de ativação, sendo notado que o tempo de secagem diminuiu à medida que a temperatura foi aumentada, no entanto, os valores do coeficiente de difusão foram

aumentados com a elevação da temperatura. Conforme a pesquisa, os modelos matemáticos representaram os resultados de forma expressiva, no entanto, o modelo Midilli ajustou mais satisfatoriamente aos dados experimentais.

Rodvalho et al. (2015) avaliaram a cinética de secagem dos grãos de “Pimenta bode” nas temperaturas de 30, 35 e 40 °C e determinam as propriedades termodinâmicas. Foi observado que os modelos de Newton, Henderson e Pabis foram desfavoráveis para a representação da secagem dos grãos de “Pimenta bode”, entretanto, o modelo de Cavalcanti Mata obteve os melhores procedimentos estatísticos para representar a cinética de secagem.

Catelam (2016) determinou a cinética de secagem da pimenta “Malagueta” *Capsicum frutescens* nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Conforme a autora, o modelo de Page foi o melhor que ajustou os dados experimentais, enquanto o modelo difusivo não mostrou resultados satisfatórios na cinética de secagem.

Silva et al. (2016), ao modelarem a cinética de secagem dos frutos de pimenta “Cabacinha” nas temperaturas de 60, 70, 80, 90 e 100 °C, verificaram que o aumento da temperatura reduziu o tempo de secagem, sendo destacado que o modelo de Midilli proporcionou os melhores resultados para a secagem dos frutos após o ajuste matemático.

Alves e Nicoletti (2016) determinaram o efeito das variáveis de processo de secagem e o grau de significância de parâmetros cinéticos. Conforme os autores, os modelos de Fick e de Page mostraram eficiência nos ajustes dos dados experimentais, apresentando uma qualidade nos parâmetros estudados.

Sousa et al. (2020), ao avaliarem a cinética de secagem convectiva do pimentão através de modelos semi-empíricos, constataram que a secagem permitiu obter um produto estável. Os autores concluíram que a predição matemática foi melhor ajustada após aplicar o modelo de Lewis, sendo essa Equação mais indicada para predizer a cinética de secagem nas condições estudadas.

Getahun et al. (2021), ao estudar o modelo experimental Bi-Di de pimentas em diferentes estádios de maturação e constataram que a taxa de secagem e a cor das pimentas foram afetadas pela maturidade fisiológica, temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Conforme os autores, o modelo de Bi-Di apresentou um alto coeficiente de determinação e baixos desvios quadráticos médios para todos os estágios de maturação, indicando que o modelo aplicado foi eficiente para a análise dos parâmetros de secagem.

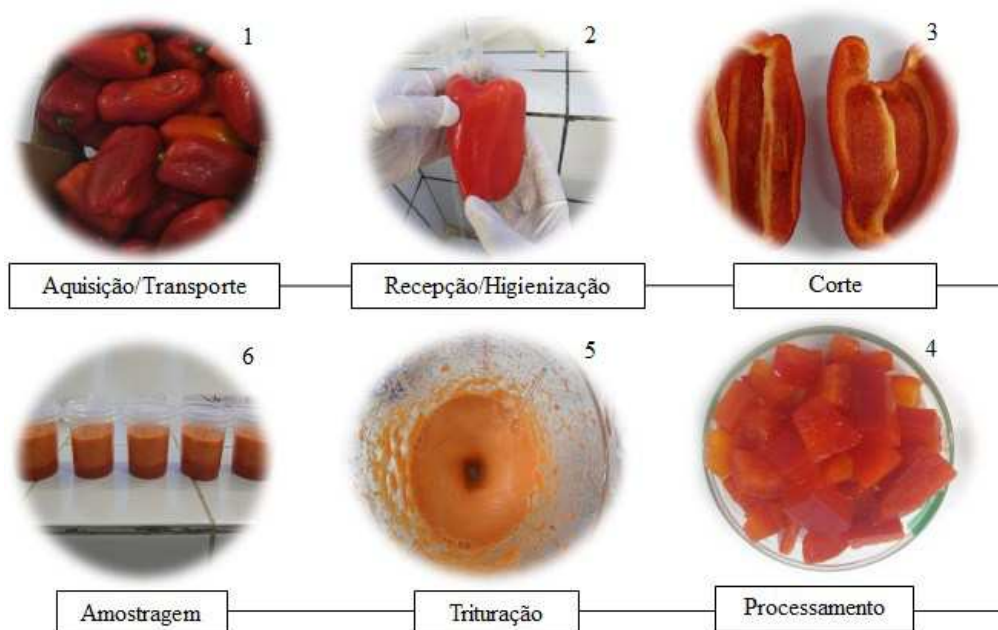
4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos (LQBAA) e no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal (LTPOV) pertencentes à Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos (UATA), Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal, Paraíba.

4.1 Amostragem dos pimentões *in natura*

Os pimentões verde, amarelo e vermelho foram adquiridos na cidade de Pombal, PB. Os mesmos foram transportados, recepcionados, lavados para a retirada de sujidades e sanitizados em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado a 200 ppm por 10 minutos, seguido de enxágue a 5 ppm por 10 minutos. Os pimentões verde, amarelo e vermelho foram cortados retirando-se os pedúnculos/sementes e triturados em liquidificador (Mondial Power Red L77). (Figura 3).

Figura 3. Etapas de obtenção das amostras de pimentões *in natura*.



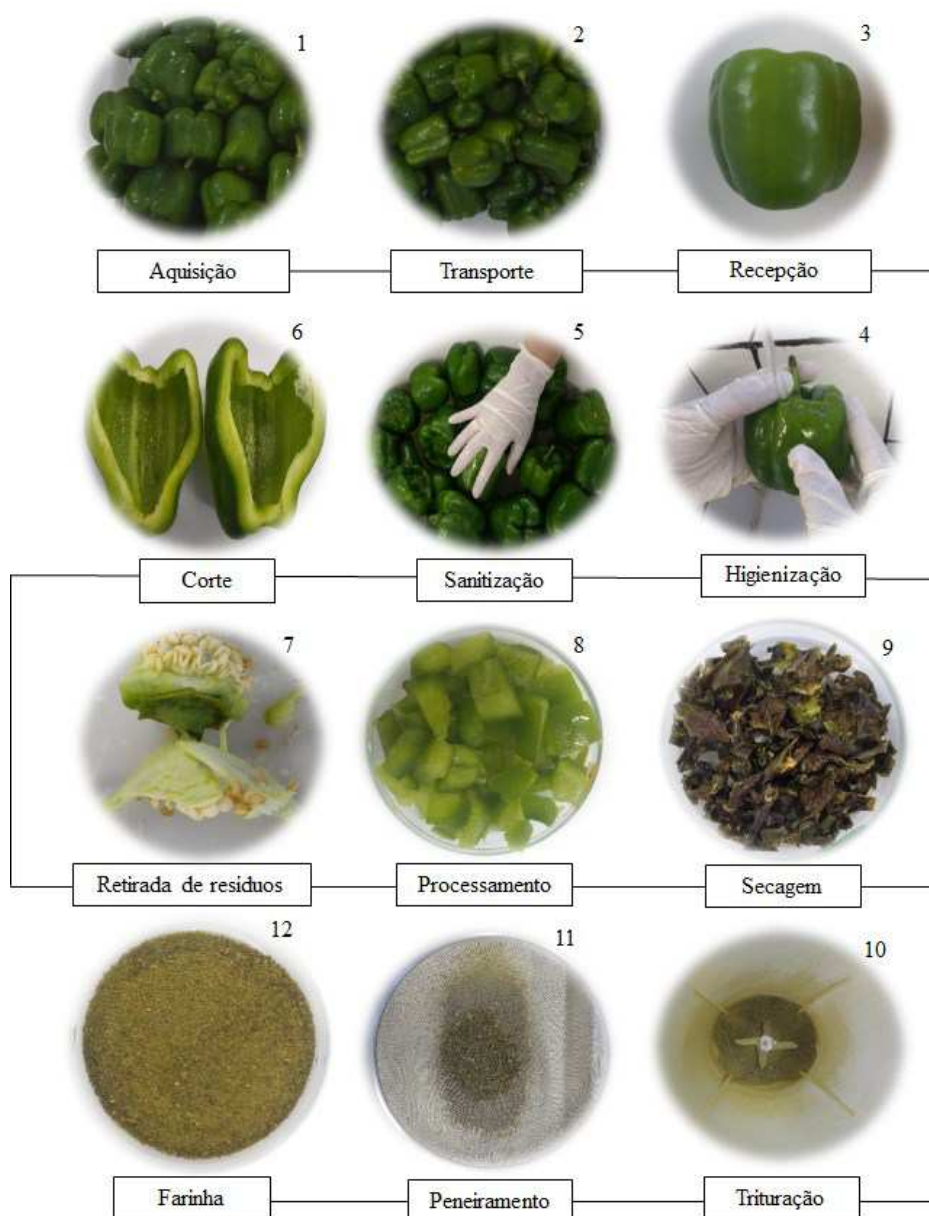
Fonte: Autora, 2021.

As amostras foram acondicionadas individualmente em potes de poliestireno de 5,5 cm de altura e 4,5 cm de diâmetro com tampas e capacidade de 50 g, os recipientes foram rotulados envolvidos com papel alumínio e encaminhados para análises (Figura 3).

4.2 Processamento e secagem dos pimentões

Os frutos de pimentões verde, amarelo e vermelho foram adquiridos no comércio local da cidade de Pombal, Paraíba.

Figura 4. Etapas de obtenção das farinhas dos pimentões.



Fonte: Autora, 2021.

Os pimentões verde, amarelo e vermelho foram transportados em caixas de polietileno de alta densidade e encaminhados ao Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos. Eles foram recepcionados, lavados em água corrente para a retirada de sujidades aderidas na superfície, foram sanitizados em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado a 200 ppm por 10 minutos e enxaguados em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado a 5 ppm por 10 minutos (Figura 4).

Os pimentões foram cortados ao meio separando os pedúnculos e sementes. As polpas dos frutos foram cortadas manualmente com $0,5 \pm 0,1$ mm de espessura, sendo os parâmetros peso para secagem, tempo de secagem, tipo de corte e espessura de pimentões nas bandejas determinados por testes preliminares. Os pimentões cortados foram transferidos para bandejas de alumínio individuais de 12 cm de comprimento, 9 cm largura e 3 cm de profundidade, adicionando-se $1,0 \pm 0,2$ cm de espessura de polpa de pimentões verde, amarelo e vermelho (Figura 5).

Figura 5. Pimentões verde (A), amarelo (B) e vermelho (C) utilizados para produção das farinhas.



Fonte: Autora, 2021.

O conjunto bandeja e pimentões cortados foram submetidos à secagem em estufa (Solab, SL-102) com circulação e renovação forçada de ar na velocidade de $1,0 \text{ m s}^{-1}$, nas temperaturas de 50, 55, 60, 65 e $70 \text{ }^\circ\text{C}$ até o peso constante. A polpa seca dos pimentões verde, amarelo e vermelho foi triturada em liquidificador (Mondial Power Red L77) por 25 segundos. Após trituração, realizou-se o peneiramento das farinhas em peneiras de aço inox (Home Style) de 16 cm de diâmetro e com abertura de 1,70 mm (12 mesh) (Figura 4). As amostras foram acondicionadas em potes de poliestireno de 5,5 cm de altura e 4,5

cm de diâmetro com tampas e capacidade de 50 g, os recipientes foram rotulados envolvidos com papel alumínio, armazenados sob temperatura ambiente e encaminhados para análises.

4.3 Processamento e secagem dos resíduos pimentões

Os resíduos (sementes e pedúnculos) dos pimentões verde, amarelo e vermelho foram misturados e triturados em liquidificador (Mondial Power Red L77), sendo $1,0 \pm 0,2$ cm de espessura dos resíduos triturados transferidos para bandejas de alumínio individuais de 12 cm de comprimento, 9 cm largura e 3 cm de profundidade (Figura 6).

Figura 6. Etapas de obtenção das farinhas dos resíduos de pimentões.



Fonte: Autora, 2021.

O conjunto bandeja e resíduos de pimentões foram levados para a secagem em estufa com circulação e renovação de ar (Solab, SL-102) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Os resíduos secos foram triturados individualmente em liquidificador (Mondial Power Red L77) por 25 segundos, seguindo de peneiramento das farinhas em peneiras de aço inox (Home Style) de 16 cm de diâmetro e com abertura de 1,70 mm (12 mesh) (Figura 6).

As amostras foram acondicionadas em potes de poliestireno de 5,5 cm de altura e 4,5 cm de diâmetro com tampas e capacidade de 50 g, os recipientes foram rotulados envolvidos com papel alumínio, armazenados sob temperatura ambiente e encaminhados para análises.

4.4 Análises físicas e físico-químicas dos pimentões *in natura* e das farinhas dos frutos e resíduos de pimentões

4.4.1 Rendimento (%)

O rendimento foi calculado utilizando a massa inicial da matéria-prima e a massa final do produto elaborado, conforme Equação 5 descrita por Santos et al. (2010).

$$\text{Rendimento} = (F/P) \times 100 \quad (5)$$

Onde:

R = Rendimento, %;

F = Massa da farinha obtida;

P = Massa da polpa de pimentão *in natura*.

4.4.2 Colorimetria

As amostras foram avaliadas no sistema CIELAB utilizando-se colorímetro (Konica Minolta, CR 300 Tokyo) e foram analisados cinco parâmetros de coloração: L, a*, b*, C e H°. As leituras dos valores foram feitas em locais diferentes das amostras, totalizando 3 leituras por repetição (MINOLTA, 1998).

4.4.2.1 Índice de cor

O índice de cor que indica a variação entre o verde e o amarelo das amostras e foi calculado de acordo com a Equação 6 descrita por Mazzuz (1996).

$$\text{Índice de cor (IC)} = \frac{1000 \times a^*}{L \times b^*} \quad (6)$$

Onde:

L = Luminosidade variando de 0 a 100;

a* = Intensidade de cor que varia de verde a vermelho;

b* = Intensidade de cor amarela.

4.4.2.2 Índice de escurecimento

O índice de escurecimento que indica a variação de escurecimento das amostras foi calculado de acordo com a Equação 7 descrita Buera, Lozano e Petriella (1985).

$$\text{Índice de escurecimento (IE)} = \frac{100 \times (X - 0,31)}{0,172} \quad (7)$$

Onde:

$X = (a^* + 1,75L)/(5,645L + a^* - 3,02b^*)$;

L = Luminosidade variando de 0 a 100;

a* = Intensidade de cor que varia de verde a vermelho;

b* = Intensidade de cor amarela.

4.4.3 Atividade de água (A_w)

A determinação de atividade de água foi realizada em AquaLab (Decagon Devices, 3T). Com uma espátula foi colocada uma quantidade de amostra suficiente para cobrir o fundo da cápsula. As amostras foram colocadas diretamente no equipamento à temperatura de 25 °C para realização das leituras, sendo a atividade de água expressa em água livre.

4.4.4 Densidade aparente (g cm^{-3})

O procedimento foi realizado de acordo com Sampaio, Arruda e Silva (2007) com adaptações. Foi colocado 5 mL de água em uma proveta, em seguida transferiu-se

1,0 g das amostras observando o deslocamento, sendo a densidade expressa de acordo com Equação 8.

$$\text{Densidade da partícula} = \frac{\text{Massa (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}} \quad (8)$$

4.4.5 Solubilidade (%)

A solubilidade foi realizada de acordo com o método descrito por Cruz (2013) com adaptações. Primeiramente foi pesado 0,10 g da amostra e adicionado 10 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada uma centrifugação a 2500 rpm por 5 minutos em centrífuga refrigerada (CT-500R). Logo após, foi transferido 2 mL do sobrenadante para uma placa de petri seca. Posteriormente, as placas de petri foram levadas para estufa (Solab, SL-101) a 105 °C por 2 horas e deixadas em dessecador por 30 minutos, em seguida, pesadas em balança analítica (Bel, M214-AIH), com a solubilidade expressa em percentagem de acordo com Equação 9.

$$\text{Solubilidade} = \left[100 - \left(\frac{\text{Massa seca} \times 100}{\text{Massa inicial}} \right) \right] \quad (9)$$

4.4.6 Umidade (%)

As amostras foram pesadas em cadinhos previamente tarados. Posteriormente, foram colocadas na estufa (Solab, SL-101) a 105 °C por 24 horas, em seguida, foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas novamente. O procedimento foi realizado seguindo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em percentagem de umidade de acordo com a Equação 10.

$$\text{Umidade} = \left[\frac{(100 \times \text{Número de gramas de umidade})}{\text{Número de gramas da amostra}} \right] \quad (10)$$

4.4.7 Cinzas (%)

As amostras foram pesadas em cadinho previamente tarado e carbonizadas em mufla (LUCA-2000G/DI) na temperatura 550 °C. Logo após, foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas novamente, seguindo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008) com adaptações. Os resultados foram expressos em percentagens de cinzas de acordo com a Equação 11.

$$\text{Cinzas} = \left[\frac{(100 \times \text{Número de gramas de cinzas})}{\text{Número de gramas da amostra}} \right] \quad (11)$$

4.4.8 Sólidos solúveis (%)

As amostras foram homogeneizadas e filtradas em uma camada de algodão, o teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital (Hanna, Hi96801) com compensação automática de temperatura. O valor foi expresso em percentagem de sólidos solúveis.

4.4.9 pH e concentração de íons $[H^+]$ (μM)

As amostras foram homogeneizadas e o pH determinado em potenciômetro digital de bancada (Digimed, DM-22). Os resultados foram expressos em concentração de íons $[H^+]$ de acordo com Equação 12.

$$[H^+] = 10^{-\text{pH}} \quad (12)$$

4.4.10 Acidez titulável (%)

O teor de acidez foi determinado segundo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A amostra foi pesada e transferida para erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada, em seguida, foram adicionadas duas gotas de fenolftaleína e titulada contra a solução de Hidróxido de Sódio a 0,1 M até pH 8,1. Para o cálculo da acidez, foi considerado o fator do ácido. O resultado foi expresso em percentagem de ácido cítrico de acordo com Equação 13.

$$AT = \left[\frac{(\text{Volume NaOH gasto} \times \text{Normalidade} \times \text{Fator} \times \text{Equivalência})}{10 \times \text{peso da amostra}} \right] \quad (13)$$

4.4.11 Razão sólidos solúveis e acidez titulável

Obtida através da divisão dos valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável total conforme a Equação 14.

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Sólidos solúveis}}{\text{Acidez titulável}} \quad (14)$$

4.4.12 Açúcares totais (g 100 g⁻¹)

A análise foi realizada conforme o método da Antrona descrito por Yemm e Willis (1954). Foi pesado 1,0 g das amostras, maceradas e diluídas em 50 mL de água destilada. Posteriormente, foram deixadas em repouso para realizar a filtração. Os reagentes foram colocados nos tubos de ensaio seguindo a mesma ordem da curva padrão. Em seguida, foi adicionado o extrato, água e antrona a 0,2%. Os tubos foram levados ao banho-maria a 100 °C por 3 minutos e deixados esfriar para obtenção das leituras em espectrofotômetro (Spectrum, SP). A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras realizadas na absorvância de 620 nm. Os resultados foram expressos em g 100 g⁻¹.

4.4.13 Açúcares redutores (g 100 g⁻¹)

A análise foi realizada conforme o método do ácido dinitrosalicílico proposto por Miller (1959). Foi pesado 1,0 g das amostras, maceradas e diluídas em 50 mL de água destilada. Em seguida, os extratos foram deixados em repouso para proceder a filtração. Os reagentes foram colocados nos tubos de ensaio seguindo a mesma ordem da curva padrão. Foram adicionados o extrato, a água e o ácido dinitrosalicílico a 1%. Os tubos foram levados ao banho-maria a 100 °C por 5 minutos e deixados esfriar para obtenção das leituras em espectrofotômetro (Spectrum, SP). A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro na absorvância de 540 nm. Os resultados foram expressos em g 100 g⁻¹.

4.4.14 Açúcares não redutores (g 100 g⁻¹)

Os açúcares não redutores foram determinados pela diferença entre os açúcares solúveis totais e açúcares redutores. Os resultados foram expressos em g 100 g⁻¹.

4.5 Compostos bioativos

4.5.1 Clorofila e carotenoides totais (mg 100 g⁻¹)

Foram determinados de acordo com o método de Lichtenthaler (1987). Foram pesados 1,0 g das amostras e maceradas em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio e 5 mL de acetona a 80%. O extrato foi transferido para tubos falcon e centrifugados a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos em centrífuga refrigerada (CT-500R). Alíquotas dos sobrenadantes foram colocadas em cubeta e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) nas absorvâncias de 470, 646 e 663 nm. Todos os procedimentos foram realizados em ambiente escuro. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ conforme as Equações 15 e 16.

$$\text{Clorofila total} = (17,3 \times \text{Abs.646}) + (7,18 \times \text{Abs.663}) \quad (15)$$

$$\text{Carotenoides} = (1000 \times \text{Abs.470}) - (1,82 \times \text{Ca}) - (85,02 \times \text{Cb}) \quad (16)$$

Onde:

$$\text{Ca} = (12,21 \times \text{Abs.663} - 2,81 \times \text{Abs.646})/\text{massa (g)}$$

$$\text{Cb} = (20,13 \times \text{Abs.646} - 5,03 \times \text{Abs.663})/\text{massa (g)}$$

Abs. = Absorvância

4.5.2 Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹)

Os teores de ácido ascórbico (AA) foram determinados segundo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras foram pesadas e transferidas para

erlenmeyers juntamente com 50 mL de ácido oxálico 0,5% gelado. Em seguida foram tituladas contra a solução de Tillmans até o ponto de viragem. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico de acordo com a Equação 17.

$$AA = \left[\frac{(\text{Volume DFI gasto} \times \text{Fator do DFI} \times 100)}{\text{Gramas da amostra}} \right] \quad (17)$$

4.5.3 Compostos fenólicos (mg 100 g⁻¹)

A análise foi realizada conforme o método descrito por Waterhouse (2006). Foram pesados 1,0 g das amostras e maceradas em almofariz e diluídas em 50 mL de água destilada, deixando em repouso por 30 minutos. Alíquotas dos extratos foram transferidas para tubos de ensaio, onde foram adicionados água e o reagente Folin Ciocalteau. As misturas permaneceram em repouso por 5 minutos e, logo após, foi adicionado o carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico e as leituras verificadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) a 765 nm e os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

4.5.4 Flavonoides e antocianinas (mg 100 g⁻¹)

Foram determinados de acordo com o método de Francis (1982). Foram pesados 1,0 g das amostras e maceradas em almofariz com 10 mL de Etanol-HCL. Os extratos foram transferidos para tubos falcon e deixados na geladeira por 24 horas. No dia seguinte, os extratos foram centrifugados a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos em centrífuga refrigerada (CT-500R). Alíquotas dos sobrenadantes foram colocadas em cubetas e as leituras realizadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) nas absorvâncias de 374 nm para flavonoides e 535 nm para antocianinas. Todos os procedimentos foram realizados em ambiente escuro. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ conforme as Equações 18 e 19.

$$\text{Flavonoides} = \left[\frac{(\text{Fd} \times \text{abs.374})}{76,6} \right] \quad (18)$$

$$\text{Antocianinas} = \left[\frac{(\text{Fd} \times \text{abs.535})}{98,2} \right] \quad (19)$$

Onde:

Fd = Fator de diluição;

Abs. = Absorbância.

4.6 Capacidade antioxidante

4.6.1 Captura do radical livre ABTS^{•+} ($\mu\text{M trolox g}^{-1}$)

Para o extrato 0,5 g das amostras, foram diluídas em 4 mL de metanol 50%. Em seguida, ambos os extratos foram agitados, deixados em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e centrifugados a 3.500 rpm em centrífuga refrigerada (CT-500R) por 30 minutos, os sobrenadantes foram coletados e deixados separados.

Nos resíduos da primeira extração, foram adicionados 4 mL de acetona a 70% que foram agitados, deixados em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e centrifugados por 30 minutos a 3.500 rpm. O sobrenadante foi transferido junto ao primeiro, após a mistura foi adicionado 2 mL de água destilada completando o volume dos tubos falcon para 10 mL. A obtenção dos extratos foi adaptada de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997).

O radical ABTS^{•+} foi formado pela reação da solução de ABTS 7 mM com solução de persulfato de potássio 140 mM, incubado a temperatura ambiente no escuro por 16 horas e diluído em etanol até uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ nm a 734 nm. A capacidade antioxidante foi estimada a partir da mistura de 30 μL do extrato com 3,0 mL do radical ABTS^{•+}. As leituras foram feitas após 6 minutos da reação em espectrofotômetro (Spectrum, SP) a 734 nm. Como referência foi utilizado o trolox para obtenção da curva padrão, usando o etanol como branco. O método foi realizado de acordo com Rufino et al. (2007) com adaptações. Os resultados foram expressos em $\mu\text{M trolox g}^{-1}$.

4.6.2 Captura do radical livre DPPH (% inibição DPPH)

Para o extrato 0,5 g das amostras, foram diluídas em 4 mL de metanol 50%. Em seguida, os extratos foram agitados, deixados em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e centrifugados a 3.500 rpm em centrífuga refrigerada (CT-500R) por 30 minutos, os sobrenadantes foram coletados e deixados separados.

Nos resíduos da primeira extração, foram adicionados 4 mL de acetona a 70% que foram agitados, deixados em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e centrifugados por 30 minutos a 3.500 rpm. O sobrenadante foi transferido junto ao primeiro, após a mistura foi adicionado 2 ml de água destilada completando o volume dos tubos falcon para 10 mL. A obtenção dos extratos foi adaptada conforme Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997).

O radical DPPH 0,076 M foi formado pela dissolução do DPPH em álcool metílico P.A incubado a temperatura ambiente no escuro. A capacidade antioxidante foi estimada a partir da mistura em três concentrações de extratos entre 200, 300 e 500 µL adicionados a 3.300, 3.200 e 3.000 µL da solução (Metanol 50%/Acetona 70%) para as amostras de pimentões *in natura*. Nas farinhas, foram utilizadas concentrações de 100, 150 e 200 µL adicionados a 3.400, 3.350 e 3.300 µL da solução (Metanol 50%/Acetona 70%).

Após as diluições dos extratos foi acrescentado 300 µL do radical DPPH 0,076 M. As leituras foram monitoradas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) a 515 nm a cada 5 minutos, observando a redução da absorbância até sua estabilização. Na curva padrão, foi utilizado a solução (Metanol 50%/Acetona 70%) como branco. O método foi realizado conforme Brand-Wiliams, Cuvelier e Berset (1995) com adaptações. Os resultados foram expressos em porcentagem de inibição do DPPH.

4.7 Delineamento experimental e análise estatística

4.7.1 Pimentões *in natura*

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por três tipos de pimentões (verde, amarelo e vermelho) com cinco repetições. Os pimentões foram comparados pela análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey a 5%

de probabilidade, utilizando o *software* AgroEstat[®] (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

4.7.2 Farinhas dos pimentões

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo (3x5), composto por três tipos de farinhas de pimentões (verde, amarelo e vermelho) e 5 temperaturas de secagem (50, 55, 60, 65 e 70 °C) em cinco repetições. As comparações foram realizadas pela ANOVA seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do *software* AgroEstat[®] (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

4.7.3 Farinhas dos resíduos de pimentões

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por três temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) em cinco repetições. As temperaturas foram comparadas pela ANOVA seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o *software* AgroEstat[®] (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

4.8 Cinética de secagem e modelagem matemática dos pimentões

Para a cinética de secagem dos pimentões verde, amarelo e vermelho foram utilizadas as temperaturas de 50, 55, 60, 65 e 70 °C.

Figura 7. Amostras das polpas dos pimentões verde (A), amarelo (B) e vermelho (C) para estudo da cinética de secagem.



Fonte: Autora, 2021.

Os conjuntos (formas e pimentões) foram pesados individualmente em balança analítica (Bel, M214-AIH), as formas de alumínio com 3,4 cm de fundo, 5,4 cm de diâmetro e 0,17 cm de altura foram transferidas para estufa de secagem (Solab, SL-102) com circulação e renovação de ar de $1,0 \text{ m s}^{-1}$. O acompanhamento da redução do conteúdo de umidade das amostras foi determinado por pesagens periódicas até atingir peso constante (Figura 7). Os resultados obtidos na cinética de secagem foram submetidos a Equação 20 para obtenção dos dados experimentais expressos na forma de Razão da umidade (RU).

$$RU = \frac{(U - U_e)}{(U_o - U_e)} \quad (20)$$

Onde:

RU = Razão de umidade, adimensional;

U = Umidade absoluta, bs;

U_o = Umidade inicial, bs;

U_e = Umidade de equilíbrio, bs.

Para o ajuste matemático das curvas de secagem dos pimentões foram utilizados os modelos de Lewis, Page, Henderson e Pabis, e Midilli (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos utilizados na cinética de secagem dos pimentões.

Nº	Modelo	Equação	Referência
1	Lewis	$RU = \exp^{-k \cdot t}$	Lewis (1921)
2	Page	$RU = \exp^{-k \cdot t^n}$	Page (1949)
3	Henderson e Pabis	$RU = a \cdot \exp^{-k \cdot t}$	Henderson e Pabis (1961)
4	Midilli	$RU = a \cdot \exp^{-k \cdot t^n} + t \cdot b$	Midilli et al. (2002)

RU – Razão de umidade, adimensional; a, b, n – Constantes dos modelos; t – Tempo, em segundos; k – Constante de secagem, 1/s.

No ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais da cinética de secagem, foi realizada a análise de regressão não linear, utilizando-se a versão 10 do *Software Statistica*®. Para verificar o grau de ajuste dos modelos, foram considerados o

coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (X^2) e desvios quadráticos médios (DQM), conforme Equação 21.

$$DQM = \sum \frac{(RU_{\text{exp}} - RU_{\text{pre}})}{N} \quad (21)$$

Onde:

DQM = Desvio quadrático médio;

RU_{exp} = Razão de umidade obtida experimentalmente;

RU_{pre} = Razão de umidade predita pelo modelo matemático

N = Número de observações ao longo do experimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Pimentões *in natura*

5.1.1 Colorimetria

Na luminosidade (L), foi observada diferença significativa ($p < 0,0001$) entre os pimentões (Tabela 2). Os valores de L variaram de 31,8 a 43,5, menor que 50 e demonstrando coloração que evidencia tonalidade escura, tendo em vista que as amostras translúcidas fornecem maior luminosidade (PRESTES, 2019). Nascimento (2017), ao estudar os extratos de pimentões, encontrou resultados que corroboram o aspecto demonstrado, sendo a diferença na cor dos frutos um efeito das reações bioquímicas e mudanças fisiológicas causadas pela degradação de clorofilas e síntese de carotenoides devido ao amadurecimento (BRASIL; SIDDIQUI, 2018).

Tabela 2. Colorimetria dos pimentões *in natura*.

Parâmetros	Pimentões <i>in natura</i>			
	Verde	Amarelo	Vermelho	CV (%) [*]
Luminosidade (L)	34,2 ± 0,4 b ¹	43,5 ± 1,7 a	31,8 ± 0,7 c	2,9
Coordenada (a*)	-4,6 ± 0,1 c	9,9 ± 0,5 b	18,8 ± 0,5 a	5,5
Coordenada (b*)	22,3 ± 0,6 b	41,7 ± 2,5 a	19,0 ± 0,5 c	5,5
Cromaticidade (C)	23,0 ± 0,3 c	41,4 ± 1,4 a	26,0 ± 0,5 b	2,9
Ângulo Hue (H°)	104,2 ± 2,9 a	77,2 ± 1,2 b	44,7 ± 2,0 c	2,8
Índice de cor	-6,1 ± 0,3 c	5,5 ± 0,4 b	31,1 ± 0,7 a	4,7
Índice de escurecimento	20,6 ± 2,4 c	127,5 ± 17,2 a	101,5 ± 7,5 b	13,1

¹Médias ± Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *CV: Coeficiente de variação.

Na coordenada a*, foi verificada diferença significativa ($p < 0,0001$), uma vez que os pimentões imaturos indicaram a cor verde -4,6 e os pimentões maduros tenderam à cor vermelha 18,8 (Tabela 2). Nascimento (2017) reportou resultados diferentes em extratos de pimentões, sendo esse fato relacionado ao processamento. A variação nos resultados da coordenada a* é uma decorrência do estágio de desenvolvimento dos pimentões, já que conforme Brasil e Siddiqui (2018), durante o amadurecimento ocorrem alterações fisiológicas que influenciam na modificação da cor.

Na coordenada b^* , foi constatada diferença significativa ($p < 0,0001$) (Tabela 2). O valor alcançado pelo pimentão verde foi de 22,3, no amarelo 41,7 e no vermelho 19,0. Esta discrepância entre os valores é decorrente da diferença de cores dos pimentões, já que segundo Kurek e Sokolova (2020), o parâmetro $+b^*$ tende ao amarelo. Kluge et al. (2014) informam que a cor amarela é caracterizada pela quantidade de carotenoides. Além disso, Botrel e Resende (2014) informaram que as cores dos pimentões distinguem-se devido à presença de pigmentos, como clorofila (verde) e carotenoides (amarelo ao vermelho).

Para a cromaticidade, houve diferença significativa ($p < 0,0001$), com valores de 23,0 nos pimentões verde, 41,4 no amarelo e 26,0 no vermelho (Tabela 2). Conforme Silva Júnior (2018), esse parâmetro refere-se à pureza de cor, conferido pelos valores abaixo de 50 que indicam cores menos intensas. Segundo Mazzeo et al. (2015), esse efeito indica pouca intensidade no aspecto colorido. Apesar disso, observou-se que a cor amarela teve a melhor distribuição de superfície com valor de 41,7. De acordo com Facundo et al. (2015), o aumento da cor amarela é uma evidência da biossíntese de carotenoides.

O ângulo Hue (H°) nos pimentões demonstrou diferença significativa ($p < 0,0001$) (Tabela 2). Nota-se que a tonalidade diminuiu nos pimentões maduros, tendo em vista que os resultados foram próximos à cor específica de cada fruto, já que o pimentão verde obteve ângulo de $104,2^\circ$, o amarelo indicou $77,2^\circ$ e o vermelho $44,7^\circ$. Conforme Emery et al. (2021), o ângulo Hue corresponde a diferentes tonalidades. De acordo com Facundo et al. (2015), o H° é maior nos estádios iniciais de maturação devido ao nível de pigmentos.

Para a característica índice de cor foi verificada diferença significativa ($p < 0,0001$) entre os pimentões (Tabela 2). Percebe-se que esse parâmetro foi maior no fruto de pimentão vermelho com 31,1. Segundo Brasil e Siddiqui (2018), isso ocorre devido à degradação de clorofila atrelada à síntese de carotenoides, modificando a cor dos frutos durante o amadurecimento. Para Wei et al. (2019), o teor de clorofilas determina a cor de frutos imaturos, enquanto que o conteúdo de carotenoides define a cor de frutos maduros.

Foi verificada diferença significativa ($p < 0,0001$) no índice de escurecimento dos pimentões (Tabela 2). Nos frutos amarelo e vermelho, o escurecimento foi de 127,5 e 101,5, respectivamente, maiores em relação ao verde. Este efeito é compatível com a

luminosidade, já que os resultados abaixo de 50 indicaram cor escura. De acordo com Prestes (2019), quanto mais translúcida for a amostra, menor o escurecimento. É possível observar que o índice de escurecimento aumentou com a síntese de carotenoides, sendo uma característica interessante, já que, segundo Sharma et al. (2021), esses pigmentos exercem um importante papel como antioxidante.

5. 1.2 Características físico-químicas

A atividade de água (A_w) nos pimentões não mostrou diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 3). Nota-se que os frutos *in natura* são muito perecíveis com valor de 1,0 para A_w , resultados próximos aos citados por Silva et al. (2019), sendo de 0,99 e 0,98 A_w nos pimentões verde e amarelo, respectivamente. Segundo Marafon, Almeida e Siqueira (2021), esse parâmetro tende a ser constante quando os tecidos superficiais dos frutos não sofrem danos, sendo a atividade de água variável entre as espécies vegetais. De acordo com Damodaran e Parkin (2019), a água é um elemento importante nos frutos, visto que a sua ausência pode acarretar em murchamento, enrugamento, flacidez e perda do valor nutricional.

A densidade aparente dos pimentões *in natura* não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 3). Foi observada uma baixa densidade sem variação após o amadurecimento com média de $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ para todos os pimentões. De acordo com Souza et al. (2019), a quantidade de lignina presente nos vegetais resulta em maior densidade aparente, uma vez que as microfibrilas da parede celular relaxam tornando-se mais finas, aumentando a lacuna entre as células adjacentes (TAIZ et al., 2017).

Houve diferença significativa ($p \leq 0,04$) para a solubilidade, com os valores variando de 100 a 99,1%, indicando que os pimentões *in natura* possuem alta solubilidade (Tabela 3). Petit et al. (2016) informaram que o aumento da solubilidade permite o uso dos carotenoides como pigmento natural ou substâncias bioativas nos alimentos. Entretanto, segundo Mazzeo et al. (2015), o aumento desse parâmetro pode desfavorecer a estabilidade dos compostos fenólicos, uma vez que estes componentes são solúveis em água.

Tabela 3. Características físico-químicas dos pimentões *in natura*.

Parâmetros	Pimentões <i>in natura</i>			
	Verde	Amarelo	Vermelho	CV (%) [*]
A _w	1,0 ± 0,0 a ¹	1,0 ± 0,0 a	1,0 ± 0,0 a	0,2
Densidade aparente (g cm ⁻³)	1,0 ± 0,0 a	1,0 ± 0,0 a	1,0 ± 0,0 a	1,8
Solubilidade (%)	100 ± 0,2 a	99,2 ± 0,4 ab	99,1 ± 0,0 b	0,3
Umidade (%)	94,8 ± 0,2 a	94,8 ± 0,6 a	92,1 ± 0,1 b	0,4
Cinzas (%)	0,3 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 a	13,2
Sólidos solúveis (%)	5,0 ± 0,0 c	7,3 ± 0,1 b	8,5 ± 0,0 a	0,4
pH	5,3 ± 0,0 a	4,7 ± 0,1 b	4,7 ± 0,0 b	1,0
Íons H ⁺ (µM)	4,6 ± 0,3 c	22,5 ± 1,3 a	19,9 ± 1,5 b	7,1
Acidez titulável (%)	0,2 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 a	7,9
Ratio	26,6 ± 0,1 a	20,1 ± 1,5 c	22,6 ± 0,1 b	4,4
A. solúveis (g 100 g ⁻¹)	3,3 ± 0,1 c	6,4 ± 0,0 b	7,2 ± 0,1 a	1,5
A. redutores (g 100 g ⁻¹)	0,9 ± 0,0 c	4,5 ± 0,1 a	3,3 ± 0,0 b	1,2
A. não redutores (g 100 g ⁻¹)	2,4 ± 0,1 b	1,8 ± 0,1 c	3,9 ± 0,1 a	3,4

¹Médias ± Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *CV: Coeficiente de variação.

Em relação aos teores de umidade, constatou-se diferença significativa ($p < 0,0001$) (Tabela 3). Nota-se que o conteúdo de umidade foi maior nos pimentões verde e amarelo, com 94,8%, sendo esse resultado próximo ao reportado por Silva et al. (2019) que encontraram uma umidade de 94,7% em pimentão verde. Segundo Lufu, Ambaw e Opara (2019), após a colheita ocorrem processos fisiológicos e respiratórios que ocasionam a perda de massa e água nos frutos. De acordo com Getahun et al. (2020), a atividade de água e a umidade são parâmetros críticos para o manuseio dos vegetais, visto que permite controlar o desenvolvimento de microrganismos e as alterações químicas.

Os teores de cinzas indicaram diferença significativa ($p \leq 0,0001$), com o maior valor de 0,4%, observado no pimentão vermelho (Tabela 3). Os resultados obtidos no presente trabalho estão próximos aos valores de 0,4% a 0,5% em extratos de pimentões reportados por Nascimento (2017). Entretanto, foi inferior a 0,8% de cinzas dos pimentões verde e amarelo citados por Silva et al. (2019). Segundo Cisternas-Jamet et al. (2020) e Damodaran e Parkin (2019), o conteúdo mineral dos pimentões varia com o avanço do amadurecimento, já que a porcentagem refere-se ao resíduo mineral dos

alimentos, podendo esses serem encontrados na forma de óxidos metálicos, sulfatos, nitratos, fosfatos e cloretos.

Para os teores de sólidos solúveis, houve diferença significativa ($p < 0,0001$), com maior valor de 8,5%, observado no pimentão vermelho (Tabela 3), sendo diferente do teor de 7,1% encontrado no pimentão descrito por Bernardo et al. (2018). No estudo de Amini, Bayat e Hosseinkhan (2016), também foi registrado o aumento gradual de sólidos solúveis em pimentões. Conforme Barzegar, Fateh e Razavi (2018), a diferença nos valores de sólidos solúveis pode estar relacionada à conversão de ácidos em açúcares no processo metabólico, já que, segundo Prasad, Jacob e Siddiqui (2018), o teor de sólidos solúveis é utilizado como medida indireta da concentração de açúcares.

O potencial hidrogeniônico apresentou diferença significativa ($p < 0,0001$), com o maior valor 5,3 expressos no pimentão verde (Tabela 3). Nota-se que o pH e a acidez estão relacionadas, indicando que os pimentões amarelo e vermelho possuem maior teor de acidez em relação ao verde. De acordo com Vieira et al. (2018), o pH é um parâmetro relevante para os frutos, visto que o nível do potencial hidrogeniônico estabelece inibições enzimáticas. Além disso, segundo Jay, Loessner e Golden (2005), o controle do pH delimita a ação de microrganismos.

A concentração de íons hidrogênio nos pimentões diferiu significativamente ($p < 0,0001$) (Tabela 3). O pH expressou resultados inversamente proporcionais à concentração de íons H^+ . Nota-se que quanto maior a concentração de H^+ , menor foi o valor do pH, especialmente no pimentão verde com 22,5 e no amarelo com 19,9. Conforme Scalon, Oshiro e Dresch (2012) o pH pode ser afetado pelos ácidos orgânicos, fazendo com que os valores da acidez atrelados à concentração de íons H^+ caracterize o aumento do potencial hidrogeniônico.

A acidez titulável nos pimentões diferiu significativamente ($p < 0,0001$), com menor valor observado no pimentão verde (Tabela 3). Os teores de acidez estão em conformidade com os resultados do potencial hidrogeniônico, com efeitos iguais para o pimentão verde com 0,2% e nos pimentões amarelo e vermelho com 0,4%. De acordo com Cisternas-Jamet et al. (2020), esse acréscimo na acidez é baseado no aumento do teor de ácidos orgânicos. Nota-se que o pH e a acidez estão diretamente relacionadas, já que, à medida que o pH aumenta, a acidez diminui, sendo o nível de acidez um parâmetro importante porque afeta a escolha dos consumidores (FACCIM, 2016; KIBAR; TAS; GÜNDOĞDUO, 2021).

Os valores do ratio expressaram diferença significativa ($p < 0,0001$) entre os pimentões (Tabela 3). Foi observado que os pimentões verde e vermelho obtiveram maiores valores no ratio com médias de 26,6 a 22,6, respectivamente. De acordo com Korkmaz, Atasoy e Hayaloglu (2020), o sabor nos frutos *Capsicum annuum* L. é representado pelos açúcares e ácidos orgânicos, sendo o equilíbrio entre esses componentes uma característica importante. Nota-se que o ratio no pimentão amarelo foi menor, podendo ter sido afetado pela concentração de íons H^+ que diminuiu o pH e aumentou a acidez. Conforme Araújo et al. (2015), o aumento do ratio pode ser atribuído ao acréscimo dos valores de sólidos solúveis.

Os açúcares solúveis, açúcares redutores e não redutores apresentaram diferença significativa entre os pimentões ($p < 0,0001$) (Tabela 3). Percebe-se um aumento gradativo dos teores de açúcares solúveis, sendo os maiores valores encontrado nos pimentões amarelo com $6,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e vermelho com $7,2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Os açúcares redutores expressaram valores de $4,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão amarelo e $3,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ no vermelho. Entretanto, os açúcares não redutores mostraram teores de 2,4 a $3,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para os pimentões verde e vermelho, respectivamente. De acordo com Cisternas-Jamet et al. (2020), as modificações no conteúdo de açúcares estão relacionadas à degradação da pectina e celulose, utilizadas durante o período de amadurecimento para a biossíntese e acúmulo de açúcares.

5.1.3 Compostos bioativos

Os teores de clorofilas apresentaram diferença significativa ($p < 0,0001$) com os valores médios variando de $0,31 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão verde a $0,06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão vermelho (Tabela 4), estando os resultados próximos ao valor de $410,3 \text{ } \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ encontrado nos extratos de pimentões citados por Nascimento (2017). De acordo com Christ et al. (2014) e Sharma et al. (2021), a degradação da clorofila é um evento fisiológico que leva à formação de várias cores durante o crescimento, desenvolvimento e maturação dos tecidos vegetais, fato gerado pela a quebra estrutural da clorofila devido à mudança de pH, evolução de etileno, consumo de ácidos orgânicos, ativação de oxidantes e ação das clorofilases.

Tabela 4. Compostos bioativos dos pimentões *in natura*.

Parâmetros	Pimentões <i>in natura</i>			
	Verde	Amarelo	Vermelho	CV (%) [*]
Clorofila total (mg 100 g ⁻¹)	0,31 ± 0,0 a ¹	0,04 ± 0,0 c	0,06 ± 0,0 b	5,3
Carotenoides (mg 100 g ⁻¹)	0,21 ± 0,0 c	0,24 ± 0,0 b	0,47 ± 0,0 a	5,3
Á. ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	61,2 ± 1,2 c	137,2 ± 1,0 a	110,2 ± 0,8 b	0,9
C. fenólicos (mg 100 g ⁻¹)	262,9 ± 12,3 b	347,7 ± 27,7 a	254,1 ± 13,5 b	6,2
Flavonoides (mg 100 g ⁻¹)	4,8 ± 0,1 b	4,4 ± 0,2 b	6,4 ± 0,4 a	5,5
Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)	0,4 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	3,4 ± 0,2 a	8,1

¹Médias ± Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *CV: Coeficiente de variação.

Os valores de carotenoides diferiram significativamente ($p < 0,0001$) entre os pimentões, variando de 0,21 a 0,47 mg 100 g⁻¹, respectivamente (Tabela 4). González-Saucedo et al. (2019) informam que o aumento desse pigmento tende a ser constante com a maturação. De acordo com Sharma et al. (2021), a presença e o aumento desse bioativo nos vegetais confere proteção aos tecidos, visto que atuam como antioxidante durante o estresse oxidativo devido à capacidade de remoção dos radicais livres, podendo a estabilidade dos carotenoides ser afetada frente ao calor, mudanças de pH e exposição ao oxigênio.

Os teores de ácido ascórbico expressaram diferença significativa ($p < 0,0001$) (Tabela 4), sendo o maior valor observado no pimentão amarelo com 137,2 mg 100 g⁻¹, seguido dos pimentões vermelho e verde com 110,2 e 61,2 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Segundo Kluge et al. (2014), esse comportamento é característico desta hortaliça, já que o pimentão amarelo possui maior conteúdo de ácido ascórbico em relação aos demais. Segundo Machado et al. (2017), a discrepância nos valores pode estar atrelada às práticas culturais e condições climáticas durante o cultivo. De acordo com Damodaran e Parkin (2019), o ácido ascórbico é um antioxidante relacionado aos açúcares e sua biossíntese ocorre por via GDP-manose e L-galactose.

Os compostos fenólicos foram significativamente diferentes ($p < 0,0001$), com os maiores valores expressos nos pimentões amarelo 347,7 mg 100 g⁻¹ (Tabela 4), estando os resultados acima dos 107,3 mg 100 g⁻¹ encontrados no pimentão amarelo citados por Machado et al. (2017) e 61,9 mg 100 g⁻¹ nas pimentas estudadas por Sampaio et al. (2020). De acordo com Barzegar, Fateh e Razavi (2018) e Prestes (2019), as concentrações fenólicas variam durante o amadurecimento, estando relacionado com o aumento da

atividade enzimática, uma vez que os fenóis (catequina e epicatequina) atuam como substratos enzimáticos, precursores no desenvolvimento de aromas e sabores.

Os teores de flavonoides expressaram diferença significativa ($p < 0,0001$) com o pimentão vermelho exibindo a maior concentração de $6,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Tabela 4). De acordo com Barzegar, Fateh e Razavi (2018), a perda de flavonoides é reflexo da conversão metabólica e degradação enzimática. Segundo Zhou, Yu e Ye (2018) e Farhoudi, Mehrnia e Lee (2017), eles contribuem para a variedade de pigmentos nos vegetais, com inúmeros benefícios, pois são antioxidantes que atuam eliminando radicais livres.

Os valores de antocianinas diferiram significativamente ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões, com teores variando de $0,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão verde e $3,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão vermelho (Tabela 4), tais resultados são inferiores aos $1,49 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, reportados por Nascimento (2017) em extratos de pimentões. De acordo com Sharma et al. (2021), as antocianinas estão presentes nos vacúolos celulares fornecendo cores do roxo ao vermelho, mascarando as clorofilas e os carotenoides. Segundo Barzegar, Fateh e Razavi (2018), os compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e carotenoides são pigmentos importantes e estão associados à capacidade antioxidante dos vegetais.

5.1.4 Capacidade antioxidante

Não foi constatada diferença significativa ($p > 0,05$) na capacidade antioxidante, exibindo valores de $12,9 \text{ } \mu\text{M trolox g}^{-1}$ para os pimentões verde e amarelo e de $12,8 \text{ } \mu\text{M trolox g}^{-1}$ no vermelho (Tabela 5). Tais resultados são inferiores aos $3.005,3 \text{ } \mu\text{M Trolox g}^{-1}$ nas pimentas secas citadas por Abreu et al. (2016) e $321,9 \text{ } \mu\text{M Trolox g}^{-1}$ do pimentão amarelo reportados por Machado et al. (2017), mas superior ao valor de $4,03 \text{ } \mu\text{M Trolox g}^{-1}$ das pimentas *Capsicum chinense* citadas por Salgaço (2019). Nota-se que a capacidade antioxidante por inibição do radical ABTS^{++} entre os tipos de pimentões *in natura* foram semelhantes. Para Carvalho et al. (2015), a atividade antioxidante é referida como a capacidade de inibição e neutralização dos radicais livres, sendo o método de ABTS^{++} mais sensível na caracterização de compostos lipofílicos e hidrofílicos.

Tabela 5. Capacidade antioxidante dos pimentões *in natura*.

Parâmetros	Pimentões <i>in natura</i>			
	Verde	Amarelo	Vermelho	CV (%)***
C.A ($\mu\text{M trolox g}^{-1}$)*	12,9 \pm 0,0 a ¹	12,9 \pm 0,0 a	12,8 \pm 0,0 a	0,5
1º C.A (% inibição DPPH)**	23,8 \pm 2,5 b	38,4 \pm 6,5 a	25,6 \pm 0,8 b	13,3
2º C.A (% inibição DPPH)	38,4 \pm 2,7 b	65,2 \pm 5,9 a	45,3 \pm 3,2 b	8,7
3º C.A (% inibição DPPH)	68,7 \pm 6,5 c	81,5 \pm 1,4 a	77,7 \pm 0,6 b	2,0

¹Médias \pm Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *Inibição do radical ABTS⁺. **DPPH: 1º extrato 200 μL , 2º extrato 300 μL e 3º extrato 500 μL . ***CV: Coeficiente de variação.

Para a capacidade antioxidante por inibição do radical DPPH, os pimentões apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,0001$), com os maiores valores no pimentão amarelo com 38,4% de inibição do DPPH no 1º extrato, 65,2% no 2º extrato e 81,5% no 3º extrato (Tabela 5). Os resultados obtidos na presente pesquisa, estão próximos ao valor de 88,1% de inibição encontrado nas pimentas estudadas por Sampaio et al. (2020), mas inferiores à pimenta “jalapenho” citada por Artilha-Mesquita, Mandrona e Scaramal (2021), sendo o conhecimento do potencial antioxidante importante, já que esse parâmetro está associado à prevenção de doenças (PRECIADO-RANGEL et al., 2019).

Percebe-se que a concentração dos extratos atuou no mecanismo de defesa contra o radical DPPH, com maior inibição. Conforme Anticono et al. (2021), essa decorrência é gerada pelo acúmulo de compostos bioativos que auxiliam na atividade antioxidante, efeito observado com ênfase nos pimentões amarelo, já que eles apresentaram alta concentração de compostos fenólicos e ácido ascórbico (Tabela 4).

5.2 Farinhas dos pimentões em diferentes temperaturas

5.2.1 Rendimento

O rendimento das farinhas de pimentão verde foi de 3,6% na temperatura de 50 °C e 4,1% a 70 °C. Nas farinhas de pimentões amarelo e vermelho a 50 °C, os resultados foram de 4,3 e 4,9%, respectivamente (Tabela 6). Foi constatado que a temperatura de secagem influenciou no rendimento do produto. As farinhas que necessitaram de menos tempo de secagem foram obtidas por secagem a 70 °C, sendo uma característica favorável, pois reduz o custo de processamento.

Tabela 6. Tempo de secagem e rendimento das farinhas de pimentões.

Pimentões	Temperatura (°C)	Tempo secagem (min)	Rendimento (%)
Verde	50	2.700	3,6
	55	2.550	3,8
	60	2.400	3,4
	65	1.860	3,9
	70	1.740	4,1
Amarelo	50	2.700	4,3
	55	2.550	3,6
	60	2.400	3,9
	65	1.860	4,5
	70	1.740	5,8
Vermelho	50	2.700	4,9
	55	2.550	4,7
	60	2.400	4,8
	65	1.860	5,4
	70	1.740	5,9

De acordo Bezerra (2010), a elevação na temperatura de secagem aumenta o rendimento do produto, corroborando os resultados expressos nas farinhas de pimentões. Entretanto, conforme Fernandes (2010), Alexandre (2010) e Celestino (2010), conhecer o material antes de aplicar as altas temperaturas de secagem, evitam alterações indesejáveis como perda de nutrientes, degradação de pigmentos e modificação da cor.

5.2.2 Colorimetria

As cores dos frutos e as temperaturas de secagem utilizadas influenciaram na coloração das farinhas de pimentões (Figura 8). Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem alterou as cores das farinhas, ocorrendo perda da pigmentação natural, resultando em cores mais escuras à medida que a temperatura foi aumentada. O escurecimento das farinhas após a secagem é um comportamento notificado em diferentes estudos. Fernandes (2010) e Alexandre (2010) informaram que a elevação da temperatura traz mudanças indesejáveis nos produtos. Segundo Jorge (2018), durante o processo de

secagem acontecem diferentes tipos de alterações físicas, químicas, enzimáticas e não enzimáticas.

Figura 8. Farinhas produzidas com pimentões verde (A), amarelo (B) e vermelho (C) em diferentes temperaturas: a*: coordenada a; b*: coordenada b; L: luminosidade.



Fonte: Autora, 2021.

A luminosidade das farinhas de pimentões apresentou interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 7). O aumento da temperatura reduziu a luminosidade nas farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho, sendo detectada uma maior atuação da luminosidade nas temperaturas de 50 e 55 °C das farinhas de pimentões verde e amarelo, respectivamente (Tabela 8).

Os resultados indicaram que farinhas de pimentão amarelo são mais claras e possuem maior aceitação pelos consumidores. Conforme Bezerra et al. (2013), as farinhas

claras podem ser melhor incorporadas nas formulações alimentícias gerando menores impactos na coloração dos produtos. A luminosidade das farinhas de pimentões mostrou-se próximas aos valores observados em outras matérias-primas, sendo de 39,9 na farinha de acerola citado por Reis et al. (2017) e 35,7 em farinhas de cascas de frutas citados por Matos et al. (2018).

Na coordenada a^* , foi verificada interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 7). Foi constatado que o aumento da temperatura reduziu os valores da coordenada a^* . Em contrapartida, as farinhas de pimentões amarelo e vermelho obtiveram maiores resultados quando comparadas às farinhas de pimentão verde (Tabela 8). De acordo com Brasil e Siddiqui (2018), essa ocorrência é justificada pela degradação das clorofilas e biossíntese de carotenoides, resultando na redução da cor verde com o consequente aumento da cor amarela e vermelha, sendo corroborado pelo resultado demonstrado em a^* , já que segundo Kurek e Sokolova (2020) a coordenada a^* indica a variação entre a cor verde ($-a^*$) e a vermelha ($+a^*$).

Na coordenada b^* , foi identificada interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 7). Observou-se uma redução dos valores da coordenada b^* com o aumento da temperatura de secagem. Nas farinhas de pimentão amarelo, foi constatada uma redução após 55 °C (Tabela 8). O incremento na temperatura influenciou na redução do amarelecimento do produto. Entretanto, as farinhas de pimentão amarelo alcançaram os maiores resultados, sendo esse comportamento relacionado à coloração do pimentão amarelo, pois para Kurek e Sokolova (2020) a coordenada b^* indica a variação entre azul ($-b^*$) e amarelo ($+b^*$).

Para a cromaticidade, foi verificada interação significativa ($p < 0,0001$) nos tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 7). Os valores da cromaticidade das farinhas de pimentões amarelo e vermelho foram maiores em relação às farinhas de pimentão verde (Tabela 8). Foi observada uma redução nos resultados da cromaticidade após o incremento da temperatura de secagem, sendo esse comportamento também observado nos estudos de Oliveira, Resende e Costa (2016) e Reis et al. (2017). A elevação da temperatura induziu a perda da intensidade de cores das farinhas, resultando em tons neutros, visto que esse parâmetro refere-se à saturação das cores perceptíveis (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2012).

Tabela 7. Luminosidade, coordenadas a*e b*, ângulo Hue, índice de cor e índice de escurecimento das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	Parâmetros				
	L	a*	b*	Cromaticidade	Ângulo Hue
Verde	34,6 ± 2,4 ¹	3,7 ± 0,5	27,6 ± 1,3	27,9 ± 1,2	82,2 ± 1,5
Amarelo	35,4 ± 2,9	15,7 ± 1,4	27,9 ± 4,7	39,4 ± 4,8	66,2 ± 1,9
Vermelho	29,5 ± 2,1	23,3 ± 4,1	36,1 ± 2,1	36,4 ± 4,1	50,6 ± 3,4
Temperatura de secagem (T, °C)					
50	34,9 ± 3,4	15,9 ± 9,7	33,5 ± 6,1	37,4 ± 7,3	65,8 ± 14,2
55	35,6 ± 4,2	15,4 ± 10,0	32,8 ± 6,6	38,1 ± 6,7	66,5 ± 15,7
60	32,4 ± 0,8	14,0 ± 9,0	29,4 ± 2,4	33,4 ± 4,9	66,5 ± 13,6
65	32,8 ± 3,0	13,7 ± 8,2	29,4 ± 2,4	33,4 ± 3,9	66,3 ± 13,5
70	30,3 ± 3,4	12,1 ± 5,6	27,7 ± 3,8	30,6 ± 4,3	66,6 ± 10,1
Valor da probabilidade (F) da ANOVA					
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)[*]	1,84	2,78	1,99	1,92	0,65

¹Médias ± Desvios Padrão; *CV: Coeficiente de variação.

Tabela 8. Desdobramentos da interação dos parâmetros de colorimetria das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

	Temperaturas de secagem (T, °C)	Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
L	50	34,3 ± 1,2 Bc ¹	39,1 ± 0,8 Aa	31,4 ± 0,4 Ca
	55	38,3 ± 0,7 Aa	38,8 ± 0,7 Aa	30,0 ± 0,6 Bb
	60	33,2 ± 0,4 Ad	32,5 ± 0,5 Ab	31,5 ± 0,4 Ba
	65	36,0 ± 0,3 Ab	33,4 ± 1,0 Bb	29,0 ± 0,2 Cb
	70	31,6 ± 0,1 Be	33,6 ± 0,3 Ab	25,9 ± 0,4 Cc
a*	50	3,8 ± 0,2 Cb	17,4 ± 0,3 Ba	26,6 ± 0,5 Aa
	55	3,2 ± 0,1 Cb	16,4 ± 0,2 Bb	26,8 ± 0,4 Aa
	60	3,7 ± 0,1 Cb	13,6 ± 0,5 Bd	25,0 ± 0,6 Ab
	65	3,4 ± 0,2 Cb	15,6 ± 0,6 Bc	22,4 ± 0,4 Ac
	70	4,6 ± 0,2 Ba	15,9 ± 0,6 Abc	16,0 ± 0,4 Ad
b*	50	27,7 ± 0,9 Cbc	40,9 ± 1,1 Ab	29,8 ± 0,2 Ba
	55	29,7 ± 0,4 Ba	42,5 ± 0,5 Aa	28,4 ± 0,5 Cb
	60	26,6 ± 0,6 Ccd	32,0 ± 0,8 Ac	29,8 ± 0,5 Ba
	65	27,9 ± 0,2 Bb	32,7 ± 1,0 Ac	27,8 ± 0,4 Bb
	70	26,3 ± 0,3 Bd	32,7 ± 0,4 Ac	24,2 ± 0,5 Cc
Cromaticidade	50	27,9 ± 0,9 Cb	44,5 ± 1,0 Aa	40,0 ± 0,4 Ba
	55	29,9 ± 0,4 Ca	45,7 ± 0,5 Aa	38,8 ± 0,9 Bab
	60	27,2 ± 0,3 Cbc	34,4 ± 0,8 Bc	38,5 ± 0,8 Ab
	65	28,2 ± 0,2 Bb	36,2 ± 1,0 Ab	35,8 ± 0,5 Ac
	70	26,5 ± 0,4 Cc	36,4 ± 0,5 Ab	29,0 ± 0,7 Bd
Ângulo Hue	50	81,9 ± 0,6 Ac	67,2 ± 0,5 Bb	48,3 ± 0,5 Cd
	55	84,0 ± 0,3 Aa	68,6 ± 0,3 Ba	46,9 ± 0,6 Ce
	60	82,4 ± 0,2 Abc	67,0 ± 0,1 Bb	50,2 ± 0,2 Cc
	65	83,1 ± 0,5 Ab	64,6 ± 0,6 Bc	51,2 ± 0,3 Cb
	70	79,8 ± 0,4 Ad	63,6 ± 0,6 Bd	56,5 ± 0,3 Ca

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O ângulo Hue mostrou interação significativa ($p < 0,0001$) para os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 7). As farinhas de pimentões verde e amarelo obtiveram o ângulo Hue maiores em relação ao pimentão vermelho (Tabela 8).

Foi constatado que o acréscimo da temperatura influenciou nos resultados. Esse comportamento também foi reportado por outros estudos, uma vez que Ribeiro (2016) e Souza et al (2020) informaram que o aumento da temperatura reduz os valores do ângulo Hue.

De acordo com Emery et al. (2021), o ângulo Hue (H°) corresponde à tonalidade de cores das coordenadas a^* e b^* , sendo o ângulo ($0^\circ + a^*$) referente ao vermelho, o ângulo ($90^\circ + b^*$) relacionado ao amarelo e o ângulo ($180^\circ - a^*$) correspondente ao verde. Portanto, o ângulo Hue das farinhas de pimentões estão em conformidade com os parâmetros indicados, demonstrando que a tonalidade de cores está relacionada com a matéria-prima.

O índice de cor das farinhas de pimentões apresentou interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 9). Percebeu-se que as farinhas de pimentão vermelho alcançaram os maiores resultados independentemente da temperatura utilizada (Tabela 10).

Tabela 9. Índice de cor e índice de escurecimento das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	Parâmetros	
	Índice de cor	Índice de escurecimento
Verde	0,79 ± 1,0 ¹	75,4 ± 8,5
Amarelo	39,4 ± 1,9	177,2 ± 14,3
Vermelho	36,4 ± 2,1	209,1 ± 17,5
Temperatura de secagem (T, °C)		
50	2,34 ± 10,6	161,3 ± 63,1
55	2,33 ± 12,6	164,2 ± 71,9
60	2,43 ± 9,6	149,8 ± 57,6
65	2,52 ± 10,3	149,4 ± 61,4
70	2,65 ± 8,5	144,7 ± 42,9
Valor da probabilidade (F) da ANOVA		
P	<0,0001	<0,0001
T	<0,0001	<0,0001
PxT	<0,0001	<0,0001
CV (%)*	2,52	3,68

¹Médias ± Desvios Padrão; *CV: Coeficiente de variação.

Tabela 10. Desdobramentos da interação do índice de cor e índice de escurecimento das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Temperaturas de secagem (T, °C)		Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
Índice de cor	50	4,0 ± 0,2 Cb ¹	10,9 ± 0,5 Bc	28,4 ± 0,4 Ab
	55	2,8 ± 0,1 Cc	9,9 ± 0,3 Bd	31,5 ± 0,7 Aa
	60	4,2 ± 0,2 Cb	13,0 ± 0,2 Bb	26,7 ± 1,0 Ac
	65	3,36 ± 0,2 Cc	14,3 ± 0,5 Ba	27,8 ± 0,3 Ab
	70	5,6 ± 0,2 Ca	14,5 ± 0,6 Ba	25,5 ± 0,4 Ab
Índice de escurecimento	50	77,5 ± 10,1 Cab	186,6 ± 1,8 Bb	219,7 ± 5,0 Aab
	55	67,7 ± 2,9 Cb	198,2 ± 7,4 Ba	226,4 ± 12,0 Aa
	60	76,2 ± 4,9 Cb	163,0 ± 8,3 Bc	210,0 ± 2,7 Ab
	65	68,9 ± 2,1 Cb	169,3 ± 2,3 Bc	209,8 ± 3,6 Ab
	70	86,5 ± 2,2 Ca	168,5 ± 3,2 Bc	179,2 ± 2,8 Ac

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Ribeiro (2008), o responsável pela cor vermelha nos pimentões é a capsantina, pigmento da classe das xantofilas dos carotenoides presentes nos frutos do gênero *Capsicum*. Nota-se que o comportamento do índice de cor é compatível com a coordenada a*, sendo possível identificar que a diferença de cor das farinhas decorre da natureza biológica de cada tipo de pimentão, uma vez que o índice de cor dos pimentões verde, amarelo e vermelho é distinto (NASCIMENTO, 2017).

No índice de escurecimento, foi observada interação significativa ($p < 0,0001$) para os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 9). O escurecimento das farinhas de pimentão verde foi menor em comparação às farinhas de pimentões amarelo e vermelho (Tabela 10). Esse fato pode estar atrelado à maturação, uma vez que a concentração de pigmentos é marcada pela degradação da clorofila com o surgimento dos carotenoides e flavonoides (BRASIL; SIDDIQUI, 2018).

De acordo com Schifferstein, Wehrle e Carbon (2018), é importante manter um controle sobre o índice de escurecimento, tendo em vista que durante esse processo ocorre o surgimento de cores amarronzadas, fazendo com que sobrevenha o desinteresse dos consumidores pelo produto.

5.2.3 Características físico-químicas

A atividade de água (A_w) nas farinhas de pimentões mostrou interação significativa ($p < 0,0001$) para os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 11). A maior A_w foi expressa na farinha de pimentão vermelho a 50 °C, com o valor de 0,65 reduzindo para 0,24 na temperatura de 70 °C. A perda da atividade de água nas farinhas de pimentões verde e amarelo destacou-se com o incremento da temperatura de secagem, com intervalos de 0,48 a 0,36 para as farinhas do pimentão verde e de 0,37 a 0,25 para as farinhas do amarelo (Tabela 12).

Fica evidente que o aumento da temperatura diminuiu a A_w das farinhas de pimentões. Conforme Sousa et al. (2020), esse comportamento advém do aquecimento pela transferência de calor na superfície do material. Segundo Mewa et al. (2019), a estabilidade da secagem é alcançada quando a umidade do produto entra em equilíbrio com a umidade do ar. De acordo com Lufu, Ambaw e Opara (2020), fatores como tamanho das fatias, temperatura de secagem, diâmetro dos poros superficiais e permeabilidade da umidade cuticular dificultam a retirada de água durante a secagem.

Os resultados de A_w observados nas farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho foram menores que o valor de 0,67 nos pimentões secos reportado por Sousa et al. (2020). Percebe-se que a A_w das farinhas encontra-se numa faixa favorável, pois, de acordo com Fellows (2018), a A_w abaixo de 0,60 diminui as reações químicas e enzimáticas, além de controlar o desenvolvimento de microrganismos.

A densidade aparente das farinhas de pimentões apresentou interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 11). O valor da densidade nas farinhas de pimentões aumentou após a temperatura de 60 °C, com a densidade variando de 0,63 a 0,67 g cm⁻³ nas farinhas de pimentão amarelo e 0,63 a 0,72 g cm⁻³ nas farinhas de pimentão vermelho, resultados superiores em relação às farinhas de pimentão verde 0,63 g cm⁻³ (Tabela 12).

De acordo com Pertiwi, Nurhalimah e Aminullah (2020), a densidade aparente pode ser influenciada pelo tamanho das partículas, propriedades e composição do material. No processamento industrial, o conhecimento sobre a densidade é importante para melhorar a escoabilidade e fluidez na compactação e armazenamento dos produtos. Segundo Martins (2019), a densidade aparente é utilizada durante o dimensionamento da embalagem com o intuito de englobar os espaços vazios entre as partículas.

Tabela 11. Atividade de água, densidade aparente, solubilidade, umidade e cinzas das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	Parâmetros				
	Atividade de água	Densidade (g cm ⁻³)	Solubilidade (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)
Verde	0,43 ± 0,0 ¹	0,63 ± 0,0	93,1 ± 2,2	10,7 ± 1,3 a	5,1 ± 0,7
Amarelo	0,32 ± 0,1	0,65 ± 0,0	88,3 ± 1,6	8,8 ± 2,5 b	4,7 ± 0,1
Vermelho	0,39 ± 0,2	0,68 ± 0,0	91,3 ± 1,5	10,4 ± 1,3 a	4,8 ± 0,2
Temperatura de secagem (T, °C)					
50	0,50 ± 0,1	0,63 ± 0,0	91,5 ± 2,0	9,7 ± 3,7 a	5,2 ± 0,5
55	0,44 ± 0,1	0,63 ± 0,0	91,2 ± 0,8	9,5 ± 3,6 a	5,0 ± 0,4
60	0,36 ± 0,1	0,67 ± 0,0	91,7 ± 3,5	9,6 ± 2,9 a	4,9 ± 0,4
65	0,32 ± 0,1	0,67 ± 0,0	90,2 ± 3,1	10,6 ± 3,1 a	4,6 ± 0,1
70	0,28 ± 0,1	0,67 ± 0,0	90,2 ± 3,1	10,6 ± 2,4 a	4,6 ± 0,2
Valor da probabilidade (F) da ANOVA					
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0098	<0,0001
T	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns*	<0,0001
PxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns	<0,0001
CV (%)**	1,71	0,35	0,60	12,8	3,73

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *ns: não significativo; **CV: Coeficiente de variação.

Tabela 12. Desdobramentos da interação da atividade de água, densidade aparente, solubilidade e cinzas das farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

	Temperaturas de secagem (T, °C)	Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
A _w	50	0,48 ± 0,0 Ba ¹	0,37 ± 0,0 Ca	0,65 ± 0,0 Aa
	55	0,46 ± 0,0 Bb	0,38 ± 0,0 Ca	0,50 ± 0,0 Ab
	60	0,45 ± 0,0 Ab	0,32 ± 0,0 Bb	0,30 ± 0,0 Cc
	65	0,40 ± 0,0 Ac	0,29 ± 0,0 Bc	0,27 ± 0,0 Cd
	70	0,36 ± 0,0 Ad	0,25 ± 0,0 Bd	0,24 ± 0,0 Ce
Densidade (g cm ⁻³)	50	0,63 ± 0,0 Aa	0,63 ± 0,0 Ab	0,63 ± 0,0 Ab
	55	0,63 ± 0,0 Aa	0,63 ± 0,0 Ab	0,63 ± 0,0 Ab
	60	0,63 ± 0,0 Ca	0,67 ± 0,0 Ba	0,71 ± 0,0 Aa
	65	0,63 ± 0,0 Ca	0,67 ± 0,0 Ba	0,71 ± 0,0 Aa
	70	0,63 ± 0,0 Ca	0,67 ± 0,0 Ca	0,72 ± 0,0 Aa
Solubilidade (%)	50	93,8 ± 0,8 Ab	89,3 ± 0,4 Cb	91,2 ± 0,3 Bb
	55	92,0 ± 0,4 Ac	90,8 ± 0,7 Ba	90,7 ± 0,4 Bb
	60	96,0 ± 0,8 Aa	87,7 ± 0,5 Cc	91,3 ± 0,4 Bb
	65	89,8 ± 0,4 Bd	86,8 ± 0,7 Cc	94,0 ± 0,5 Aa
	70	94,0 ± 0,8 Ab	86,9 ± 0,4 Bc	89,7 ± 0,4 Cc
Cinzas (%)	50	5,9 ± 0,1 Aa	4,9 ± 0,1Ba	4,9 ± 0,1 Bab
	55	5,4 ± 0,4 Ab	4,7 ± 0,0Ca	5,0 ± 0,1 Ba
	60	5,3 ± 0,5 Ab	4,7 ± 0,1Ba	5,0 ± 0,2 Ba
	65	4,5 ± 0,1 Ac	4,7 ± 0,1Aa	4,6 ± 0,1 Ab
	70	4,3 ± 0,1 Bc	4,7 ± 0,1Aa	4,7 ± 0,1 Aab

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A densidade aparente das farinhas de pimentões foi maior em comparação às pesquisas de Sousa (2009) com valor de 0,51 g cm⁻³ em farinhas do resíduo da goiaba e 0,57 g cm⁻³ em farinhas do araçá estudadas por Martins (2019). As farinhas de pimentões na temperatura acima de 60 °C expressaram os maiores resultados, indicando que esse produto possui facilidade de compactação, menos resistência e baixo atrito, características que facilita o armazenamento e comercialização do produto (MARTINS, 2019).

Para a solubilidade, foi verificada interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 11). A temperatura de secagem gerou uma variação da solubilidade, com maiores resultados expressos nas farinhas de pimentão verde com 96,0% a 60 °C, nas farinhas de pimentão amarelo com 90,8% a 55 °C e nas farinhas de pimentão vermelho com 94,0% a 65 °C (Tabela 12), sendo os valores da solubilidade encontrados nas farinhas de pimentões maior em relação aos estudos de Matos et al. (2018) com valor de 72,2% em farinhas de casa de frutas e 65,5% em farinhas do araçá reportadas por Martins (2019).

Os dados expostos indicam que as farinhas de pimentões são muito solúveis em água, sendo um parâmetro importante para a incorporação desse produto em formulações alimentícias. De acordo com Gutkosky (1997), o índice de solubilidade em água é uma característica que retrata o desgaste sofrido pelos componentes da fibra, sendo resultante dos impactos da gelatinização, dextrinização e solubilização. Segundo Clemente et al. (2012), o princípio de absorção está relacionado com as propriedades de hidratação, sendo determinado pela fixação espontânea da água vinculada à densidade, porosidade e solubilidade.

Os teores de umidade não apresentaram interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores. Entretanto, foi verificada diferença significativa entre os tipos de pimentões ($p \leq 0,009$). Já em relação à temperatura de secagem não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 11). Segundo Khan et al. (2016), esse fato acontece porque as baixas temperaturas mantêm as membranas celulares intactas.

Conforme Joardder, Kumar e Karim (2017), durante o processo de secagem acontecem modificações na estrutura do alimento devidas à condição higroscópica, visto que a água é disposta em proporções diferentes sendo classificada como água livre e água ligada. De acordo com Khan et al. (2016), a rigidez das membranas celulares também influencia na distribuição da água, isso porque essas membranas entram em colapso em determinadas temperaturas de secagem, liberando a água ligada presente no interior do material.

A umidade das farinhas de pimentões está dentro do padrão exigido pela legislação, em que o teor máximo especificado para farinhas é de 15,0% (BRASIL, 2005). Os resultados obtidos nas farinhas de pimentão verde após a temperatura de 60 °C foram

próximos aos valores de 9,4 a 9,5% encontrados em pó de pimentão reportados por Sharma, Joshi e Kaushal (2015).

Para os teores de cinzas, observou-se interação significativa ($p < 0,0001$) para os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 11). Foi verificada uma redução nos teores de cinzas após o aumento das temperaturas. Os resultados variaram de 5,9 a 4,3% nas farinhas de pimentão verde, 4,9 a 4,7% nas farinhas do amarelo e 5,0 a 4,7% nas farinhas do vermelho, com maiores teores observados na farinha de pimentão verde a 50 °C (Tabela 12), sendo o conteúdo de cinzas expressos nas farinhas de pimentões, próximos ao valor de 7,3% em farinha de pimentão verde citado por Nascimento et al. (2018).

O conteúdo de cinzas encontrado no presente estudo está dentro do limite máximo de 6,0%, especificado pela legislação vigente em farinhas de vegetais (BRASIL, 2005). Percebe-se que, as farinhas de pimentão verde alcançaram o maior teor de cinzas, promovido pelo acréscimo dos minerais, podendo este comportamento estar associado ao estágio de maturação, já que, durante o desenvolvimento do fruto, ocorre o acúmulo de água, fotoassimilados e minerais, sendo o vacúolo celular responsável pela osmorregulação e homeostase dos nutrientes (ROHLOFF; DOCAMPO, 2008; SANTOS et al., 2015; SPADONI, 2018).

O teor de sólidos solúveis das farinhas de pimentões apresentou interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 13). Foi constatado que as farinhas de pimentões amarelo e vermelho obtiveram as maiores concentrações de sólidos solúveis em relação ao verde (Tabela 14), característica pressuposta da maturação, tendo em vista que o teor de sólidos solúveis está diretamente relacionado com o grau de maturação devido à concentração de açúcares pela degradação de pectinas e celulose (CISTERNAS-JAMET et al., 2020).

Os resultados de sólidos solúveis variaram com o acréscimo da temperatura de secagem entre os tipos de pimentões, com os maiores valores alcançados pelas farinhas de pimentões verde com 71,2% e amarelo com 81,2% a 60 °C e no vermelho com 80,4% a 50 °C (Tabela 14). O avanço da temperatura de secagem mostrou um leve aumento do conteúdo de sólidos solúveis, ocorrência esperada, já que, conforme Araújo et al. (2015), o acréscimo da temperatura reduz o teor de água livre devido ao aumento da evaporação no período de secagem.

Os sólidos solúveis das farinhas de pimentões foram superiores ao valor de 38,3% em pimentão verde desidratado, citado por Nascimento (2015). Essa resposta é importante para a aceitação das farinhas produzidas, já que, de acordo com Borges Filho et al. (2016) os sólidos solúveis fazem parte das características responsáveis pelo sabor.

No potencial hidrogeniônico, foi observada interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores estudados (Tabela 13). As farinhas de pimentão verde proporcionaram um pH maior após o aumento das temperaturas, com valores variando entre 5,1 e 5,7. Em contrapartida, o avanço da temperatura de secagem reduziu o pH nas farinhas de pimentões amarelo e vermelho, com valores médios variando de 5,2 a 4,7 e 5,4 a 5,1, respectivamente (Tabela 14), sendo o pH identificado nas farinhas de pimentões menor que o valor de 6,0 reportado por Nascimento (2015) no pimentão verde desidratado. A diferença nos valores do pH entre os tipos de pimentões pode estar associada à maturação dos frutos, já que, segundo Monteiro et al. (2018), o pH eleva-se devido ao consumo dos ácidos orgânicos.

A diminuição do pH nas farinhas de pimentões é uma decorrência da concentração dos ácidos orgânicos, no entanto, o acréscimo do potencial hidrogeniônico pode estar associado à degradação desses componentes em altas temperaturas, pois, segundo Faccim (2016), a redução da acidez eleva o pH tornando-se menos ácido. O conhecimento do pH é importante para evitar o desenvolvimento de microrganismos que causam alterações indesejáveis nos alimentos, já que, conforme Jay, Loessner e Golden (2005), a maioria dos microrganismos deterioradores multiplica-se em pH próximo à neutralidade, numa faixa de 6,6 a 7,5.

A concentração de íons hidrogênio apresentou interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 13). Foi constatado que os íons H^+ obtiveram um aumento gradativo de 6,6 a 18,3 μM nas farinhas de pimentão amarelo e de 4,1 a 8,9 μM nas farinhas de pimentão vermelho, sendo os maiores resultados expressos na temperatura de 70 °C, mostrando um comportamento inverso ao pH (Tabela 14).

Tabela 13. Sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico, íons H⁺, acidez titulável e ratio das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	Parâmetros				
	Sólidos solúveis (%)	pH	Íons H ⁺ (µM)	Acidez titulável (%)	Ratio
Verde	70,7 ± 0,9 ¹	5,4 ± 0,3	5,5 ± 4,3	3,3 ± 0,0 c	21,3 ± 0,3
Amarelo	79,9 ± 1,2	5,0 ± 0,2	10,3 ± 4,6	4,3 ± 0,0 b	18,6 ± 0,4
Vermelho	78,9 ± 1,0	5,2 ± 0,3	6,4 ± 2,1	4,6 ± 0,0 a	17,0 ± 0,3
Temperatura de secagem (T, °C)					
50	75,9 ± 4,9	5,2 ± 0,1	6,1 ± 1,5	4,1 ± 0,6 a	18,9 ± 1,7
55	76,5 ± 4,2	5,02 ± 0,1	9,7 ± 2,4	4,1 ± 0,6 a	18,9 ± 1,9
60	76,9 ± 4,4	5,4 ± 0,2	4,3 ± 2,3	4,1 ± 0,6 a	19,1 ± 2,0
65	76,7 ± 4,1	5,2 ± 0,3	7,1 ± 4,1	4,1 ± 0,6 a	18,9 ± 1,9
70	76,5 ± 4,4	5,1 ± 0,3	9,7 ± 6,7	4,1 ± 0,6 a	18,9 ± 1,8
Valor da probabilidade (F) da ANOVA					
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T	0,0014	<0,0001	<0,0001	ns*	ns
PxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns	<0,0001
CV (%)**	0,80	0,60	5,12	1,26	1,27

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *ns: não significativo; **CV: Coeficiente de variação.

Tabela 14. Desdobramentos da interação dos sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico, íons H⁺, acidez titulável e ratio das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

	Temperaturas de secagem (T, °C)	Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
Sólidos solúveis (%)	50	69,4 ± 0,5 Cb ¹	78,0 ± 0,0 Bc	80,4 ± 0,5 Aa
	55	71,0 ± 0,0 Ca	80,4 ± 0,5 Aab	78,2 ± 0,8 Bb
	60	71,2 ± 1,1 Ca	81,2 ± 0,4 Aa	78,2 ± 1,1 Bb
	65	71,2 ± 0,4 Ca	80,2 ± 1,1 Ab	79,0 ± 0,0 Bb
	70	70,6 ± 0,5 Ca	80,0 ± 0,0 Ab	79,0 ± 0,0 Bb
pH	50	5,1 ± 0,0 Cc	5,2 ± 0,0 Ba	5,4 ± 0,0 Aa
	55	4,9 ± 0,0 Cd	5,1 ± 0,0 Ab	5,1 ± 0,0 Bc
	60	5,7 ± 0,0 Aa	5,2 ± 0,0 Cab	5,4 ± 0,1 Ba
	65	5,6 ± 0,0 Ab	4,9 ± 0,0 Cc	5,2 ± 0,0 Bb
	70	5,6 ± 0,1 Ab	4,7 ± 0,0 Cd	5,1 ± 0,0 Bc
Íons H ⁺ (μM)	50	7,0 ± 0,8 Ab	6,6 ± 0,4 Bd	4,1 ± 0,1 Cc
	55	13,3 ± 0,5 Aa	7,6 ± 0,3 Cc	8,9 ± 0,5 Ba
	60	1,6 ± 0,3 Cd	7,1 ± 0,4 Acd	4,3 ± 0,7 Bc
	65	2,8 ± 0,1 Cc	12,3 ± 0,4 Ab	6,4 ± 0,3 Bb
	70	2,6 ± 0,3 Cc	18,3 ± 0,3 Aa	8,4 ± 0,1 Ba
Ratio	50	19,0 ± 4,7 Aa	18,1 ± 0,3 Bb	17,5 ± 0,1 Ca
	55	21,2 ± 0,2 Aa	18,9 ± 0,3 Ba	16,8 ± 0,2 Cb
	60	21,5 ± 0,3 Aa	18,9 ± 0,3 Ba	16,8 ± 0,3 Cb
	65	21,3 ± 0,3 Aa	18,7 ± 0,5 Ba	17,0 ± 0,1 Cab
	70	21,1 ± 0,2 Aa	18,8 ± 0,2 Ba	17,0 ± 0,2 Cab

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Matos (2015), é comum que o impacto do processamento aumente o conteúdo de íons H⁺ devido à liberação de ácidos orgânicos. Conforme Brasil (2014), o pH é definido pelo acúmulo de íons de H⁺ em solução, pois, quanto menor o pH do meio maior a concentração de íons de H⁺.

Os teores de acidez não apresentaram interação significativa ($p \geq 0,05$) (Tabela 13). Contudo, foi observada diferença entre os tipos de pimentões ($p < 0,0001$). Quanto à

temperatura de secagem não foi identificada diferença significativa ($p > 0,05$). Os resultados obtidos foram de 3,3% nas farinhas de pimentão verde, 4,3% nas farinhas do amarelo e 4,6% nas farinhas do vermelho (Tabela 14), sendo os resultados de acidez encontrados nas farinhas de pimentões maiores que o teor de 1,9% citado por Nascimento (2015) no pimentão verde desidratado.

De acordo com Brasil (2011), a acidez representa a concentração de ácidos orgânicos solúveis em água de um determinado produto, sendo um parâmetro que interfere na qualidade. Santos et al. (2017) informaram que o teor de acidez contribui para um sabor acentuado dos alimentos, sendo o controle da acidez uma questão importante, já que esse parâmetro está relacionado com a multiplicação dos microrganismos (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

A razão entre os teores de sólidos solúveis com a acidez titulável apresentou interação significativa ($p < 0,0001$), entre os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 13), obtendo concentrações distintas, sendo os maiores valores de 21,5 na farinha de pimentão verde a 60 °C, 18,9 na farinha do fruto amarelo a 55 °C e 17,5 na farinha de pimentão vermelho a 50 °C (Tabela 14). Apesar da discrepância entre os tipos de farinhas e temperaturas de secagem, os resultados foram superiores aos valores de 0,7 a 1,1 em farinha de resíduos de pimentões, reportados por Sátiro et al. (2018). As farinhas provenientes do pimentão verde, apresentaram um ratio maior em relação às demais, fato referente ao menor conteúdo de acidez advindas do fruto verde.

As farinhas obtidas dos pimentões possuem uma característica favorável, visto que o ratio é um parâmetro que está atrelado ao paladar, sendo os altos valores um indicativo de sabor agradável, efeito decorrente do equilíbrio entre os ácidos orgânicos e açúcares, já que, segundo Korkmaz, Atasoy e Hayaloglu (2020), os açúcares em junção com os ácidos orgânicos são indicativos de sabor nos frutos *Capsicum annuum* L.

Os açúcares solúveis apresentaram interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 15). Foi constatado um aumento gradativo nos teores de açúcares solúveis com acréscimo das temperaturas de secagem, sendo os valores de 44,5 a 54,2 g 100 g⁻¹ nas farinhas de pimentão verde, 59,0 a 66,3 g 100 g⁻¹ nas farinhas do fruto amarelo e 49,2 a 65,7 g 100 g⁻¹ nas farinhas de pimentão vermelho (Tabela 16). Podendo ser advindo da perda de água após a secagem, pois, para Araújo et al. (2015), quanto menor o teor de umidade em produtos desidratados, maior a

concentração de açúcares solúveis. Os teores de açúcares solúveis encontrados nas farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho foram superiores ao valor de 33,8 g 100 g⁻¹ em farinha de pimentão verde, citados por Nascimento et al. (2018).

Percebe-se que as farinhas de pimentões amarelo e vermelho alcançaram a maior concentração de açúcares, sendo uma consequência da maturação, pois, segundo Prasad, Jacob e Siddiqui (2018) e Cisternas-Jamet et al. (2020), os carboidratos são acumulados à medida que o fruto amadurece devido à degradação das pectinas e celulose, efeito também previsto nos teores de sólidos solúveis, já que no período de amadurecimento ocorre a biossíntese e acúmulo de açúcares.

Tabela 15. Açúcares solúveis, açúcares redutores e açúcares não redutores das farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	Açúcares solúveis (g 100 g⁻¹)	Açúcares redutores (g 100 g⁻¹)	A. não redutores (g 100 g⁻¹)
Verde	47,9 ± 3,7 ¹	14,6 ± 1,0	47,7 ± 2,3
Amarelo	63,7 ± 3,1	25,1 ± 2,0	63,3 ± 2,1
Vermelho	60,3 ± 6,5	24,8 ± 2,3	59,9 ± 4,5
Temperatura de secagem (T, °C)			
50	50,9 ± 6,5	19,7 ± 3,8	50,6 ± 4,1
55	55,7 ± 7,5	20,3 ± 4,2	55,3 ± 4,0
60	57,9 ± 8,3	21,9 ± 5,9	57,5 ± 2,7
65	60,1 ± 8,6	22,4 ± 6,6	59,8 ± 2,3
70	62,1 ± 6,0	23,3 ± 5,3	61,7 ± 2,0
Valor da probabilidade (F) da ANOVA			
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)[*]	2,30	3,79	2,31

¹Médias ± Desvios Padrão; *CV: Coeficiente de variação.

Tabela 16. Desdobramentos da interação dos açúcares solúveis, açúcares redutores e açúcares não redutores das farinhas dos pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Temperaturas de secagem (T, °C)		Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
A. solúveis (g 100 g ⁻¹)	50	44,5 ± 1,2 Cc ¹	59,0 ± 2,6 Ac	49,2 ± 0,6 Bd
	55	46,1 ± 1,0 Cc	63,3 ± 0,5 Ab	57,6 ± 0,8 Bc
	60	46,5 ± 0,6 Bbc	63,7 ± 0,4 Ab	63,3 ± 0,3 Ab
	65	48,5 ± 1,0 Bb	66,2 ± 1,7 Aa	65,7 ± 0,4 Aa
	70	54,2 ± 2,9 Ba	66,3 ± 1,4 Aa	65,7 ± 0,5 Aa
A. redutores (g 100 g ⁻¹)	50	14,7 ± 0,3 Bb	22,7 ± 0,8 Ab	21,7 ± 0,9 Ad
	55	14,7 ± 0,2 Bb	23,0 ± 0,9 Ab	23,2 ± 0,6 Ac
	60	13,7 ± 0,6 Bb	26,3 ± 1,3 Aa	25,3 ± 0,5 Ab
	65	13,4 ± 0,1 Bb	26,9 ± 0,7 Aa	26,9 ± 0,9 Aa
	70	16,2 ± 0,5 Ba	26,8 ± 0,6 Aa	27,1 ± 1,3 Aa
A. não redutores (g 100 g ⁻¹)	50	29,8 ± 1,0 Cc	36,3 ± 2,2 Ac	27,5 ± 1,5 Bd
	55	31,4 ± 0,9 Cc	40,3 ± 0,8 Ab	34,4 ± 1,1 Bc
	60	32,6 ± 0,9 Bbc	37,4 ± 1,5 Ab	38,0 ± 0,5 Ab
	65	35,2 ± 1,1 Bb	39,3 ± 1,8 Aa	38,7 ± 1,0 Aab
	70	38,0 ± 3,0 Ba	39,5 ± 1,3 Aa	38,7 ± 1,4 Aa

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os açúcares redutores apresentaram interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 15). Os resultados concentraram-se após o aumento da temperatura, com os maiores valores observados a 70 °C, sendo de 16,2 g 100 g⁻¹ nas farinhas de pimentão verde, 26,9 g 100 g⁻¹ nas farinhas do fruto amarelo e 27,1 g 100 g⁻¹ nas farinhas de pimentão vermelho (Tabela 16), efeito ligado à perda de umidade devido ao aumento da temperatura de secagem (ARAÚJO et al., 2015).

A concentração de açúcares redutores encontrados nas farinhas de pimentões foi maior em relação aos resultados de 13,6 g 100 g⁻¹ em farinhas de pimentão verde, reportados por Nascimento et al. (2018). De acordo com Dala-Paula et al. (2021), esse carboidrato é considerado redutor porque a hidroxila do carbono anomérico está livre para reações, estando entre esses: glicose e frutose. As farinhas de pimentões amarelo e

vermelho obtiveram os maiores teores de açúcares redutores. Conforme Prasad, Jacob e Siddiqui (2018), esse acréscimo é uma decorrência da maturação dos frutos, visto que gera um aumento dos açúcares no amadurecimento.

Nos açúcares não redutores, houve interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores tipos de pimentões e temperatura de secagem (Tabela 15). Percebe-se que as farinhas advindas de pimentões amarelo e vermelho obtiveram os maiores resultados em relação ao verde, com valores de $39,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e $38,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente (Tabela 16). Esse comportamento pode estar relacionado à maturação, devido às transformações relacionadas à biossíntese e acúmulo de açúcares (CISTERNAS-JAMET et al., 2020).

Nota-se que, os açúcares não redutores aumentaram após a elevação da temperatura, seguindo o mesmo comportamento dos sólidos solúveis, açúcares solúveis e açúcares redutores. De acordo com Araújo et al. (2015), esse efeito é gerado pela redução da umidade atrelada ao aumento da temperatura de secagem. Conforme Dala-Paula et al. (2021), entre os açúcares não redutores encontra-se a sacarose, dissacarídeo formado pelas ligações glicosídicas entre α -D-glicose com a β -D-frutose.

5.2.4 Compostos bioativos

Os teores de clorofilas apresentaram interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 17). As farinhas de pimentão verde destacaram-se com os maiores teores de clorofilas, sendo de $15,2$ a $11,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Tabela 18). Conforme Morcelli et al. (2021), esse efeito ocorreu porque as clorofilas são pigmentos de cor verde, fazendo com que as farinhas desse pimentão se sobressaíssem em comparação com as farinhas dos frutos amarelo e vermelho.

As concentrações de clorofilas reduziram com o aumento da temperatura de secagem, ocorrência esperada, pois segundo Cao et al. (2021), a clorofila é facilmente degradada em feofitina durante o processamento e armazenamento com exposição térmica, causando mudanças na cor. Embora a temperatura de secagem tenha interferido nos resultados, o teor de clorofila total das farinhas de pimentão verde foi significativo. As farinhas de pimentões amarelo e vermelho não sofreram alterações, podendo esse comportamento está associado ao pouco conteúdo de clorofila dessas farinhas.

Tabela 17. Clorofilas, carotenoides totais, ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	Parâmetros					
	Clorofilas (mg 100 g ⁻¹)	Carotenoides (mg 100 g ⁻¹)	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	C. Fenólicos (mg 100 g ⁻¹)	Flavonoides (mg 100 g ⁻¹)	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)
Verde	12,9 ± 1,8 ¹	0,10 ± 0,0	314,6 ± 67,9	1691,6 ± 92,6 c	170,6 ± 42,9	15,4 ± 1,6
Amarelo	1,1 ± 0,4	0,35 ± 1,1	644,7 ± 269,3	2159,4 ± 72,2 a	156,5 ± 41,8	13,8 ± 2,3
Vermelho	1,4 ± 0,4	0,57 ± 0,0	471,4 ± 138,5	1948,1 ± 106,9 b	197,8 ± 29,2	16,9 ± 1,4a
Temperatura de secagem (T, °C)						
50	5,7 ± 7,0	0,40 ± 0,3	674,9 ± 256,7	1815,42 ± 208,5 c	127,3 ± 15,3	13,4 ± 1,4
55	5,4 ± 6,5	0,40 ± 0,3	617,3 ± 229,3	1926,5 ± 207,1 b	147,2 ± 34,1	14,4 ± 2,4
60	4,7 ± 5,4	0,41 ± 0,3	467,1 ± 93,4	1938,8 ± 211,0 b	173,0 ± 26,9	15,3 ± 2,0
65	4,8 ± 5,0	0,41 ± 0,3	356,4 ± 90,3	1954,1 ± 205,6 b	203,3 ± 18,2	16,2 ± 1,7
70	4,9 ± 4,8	0,43 ± 0,3	268,9 ± 44,6	2030,3 ± 202,3 a	224,0 ± 5,6	17,6 ± 0,7
Valor da probabilidade (F) da ANOVA						
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T	<0,0001	0,0078	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns*	<0,0001	<0,0001
CV (%)**	10,6	6,5	0,79	3,03	3,62	4,58

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *ns: não significativo; **CV: Coeficiente de variação.

Tabela 18. Desdobramentos da interação da clorofila total, carotenoides totais, ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides e antocianinas das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Temperaturas de secagem (T, °C)		Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
Clorofila total (mg 100 g ⁻¹)	50	15,2 ± 1,2 Aa ¹	0,7 ± 0,0 Ba	0,99 ± 0,1 Bb
	55	14,3 ± 0,8 Aa	0,82 ± 0,0 Ba	1,05 ± 0,1 Bb
	60	12,1 ± 0,7 Ab	0,95 ± 0,0 Ba	1,16 ± 0,2 Bab
	65	11,6 ± 0,9 Ab	1,32 ± 0,1 Ba	1,56 ± 0,1 Bab
	70	11,5 ± 0,5 Ab	1,43 ± 0,3 Ba	2,03 ± 0,1 Ba
Carotenoides (mg 100 g ⁻¹)	50	0,12 ± 0,1 Ca	0,30 ± 0,0 Bc	0,77 ± 0,0 Aa
	55	0,11 ± 0,0 Ca	0,34 ± 0,0 Bbc	0,77 ± 0,0 Aa
	60	0,09 ± 0,0 Ca	0,36 ± 0,0 Bb	0,77 ± 0,0 Aa
	65	0,09 ± 0,0 Ca	0,36 ± 0,0 Bb	0,78 ± 0,0 Aa
	70	0,09 ± 0,0 Ca	0,44 ± 0,0 Ba	0,78 ± 0,0 Aa
Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	50	378,5 ± 4,6 Ca	985,3 ± 5,2 Aa	661,0 ± 1,2 Ba
	55	367,0 ± 1,3 Cb	905,6 ± 0,9 Ab	579,4 ± 1,4 Bb
	60	354,8 ± 2,8 Cc	575,3 ± 6,3 Ac	471,2 ± 4,8 Bc
	65	262,5 ± 3,8 Cd	472,5 ± 3,4 Ad	334,1 ± 4,8 Bd
	70	210,1 ± 3,7 Ce	285,0 ± 4,4 Be	311,6 ± 2,8 Ae
Flavonoides (mg 100 g ⁻¹)	50	120,0 ± 3,6 Be	112,2 ± 3,1 Bd	146,6 ± 8,3 Ad
	55	134,7 ± 2,1 Bd	115,4 ± 4,2 Cd	191,5 ± 7,7 Ac
	60	161,7 ± 12,6 Bc	149,7 ± 1,6 Cc	207,8 ± 4,4 Ab
	65	209,1 ± 2,3 Bb	180,1 ± 8,3 Cb	220,6 ± 1,5 Aa
	70	227,4 ± 5,1 Aa	222,0 ± 5,6 Aa	222,7 ± 2,9 Aa
Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)	50	13,8 ± 0,6 Ab	10,5 ± 0,9 Bc	14,6 ± 0,7 Ab
	55	14,1 ± 0,5 Bb	11,9 ± 0,7 Cc	17,2 ± 0,2 Aa
	60	14,9 ± 1,1 Bb	13,3 ± 0,8 Cb	17,6 ± 0,9 Aa
	65	16,9 ± 0,5 Aa	14,1 ± 0,4 Bb	17,6 ± 0,4 Aa
	70	17,1 ± 0,6 Aa	17,8 ± 0,6 Aa	17,9 ± 0,7 Aa

¹Médias ± Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os carotenoides apresentaram interação significativa ($p < 0,0001$) entre os pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 17). Foi constatado que as farinhas de pimentão vermelho sobressaíram-se com valores de 0,77 a 0,78 mg 100 g⁻¹. Nas farinhas de pimentões verde e vermelho, não houve alteração dos carotenoides em função do aumento da temperatura (Tabela 18). Os teores de carotenoides obtidos nas farinhas de pimentão verde, foram próximos ao valor de 123,1 µg 100 g⁻¹ expressos no pimentão verde desidratado, reportados por Nascimento et al. (2017).

Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem não influenciou nos teores de carotenoides das farinhas de pimentões verde e vermelho, característica interessante, visto que os carotenoides são pigmentos lipofílicos formados por cadeias de polieno com alto grau de insaturação, fazendo com que sejam compostos sensíveis em temperaturas elevadas, já que os carotenoides são pigmentos que proporcionam cores entre amarelo, laranja e vermelho (WANG et al., 2021; MORCELLI et al., 2021).

Para os teores de ácido ascórbico, observou-se interação significativa ($p < 0,0001$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 17). As farinhas de pimentão amarelo apresentaram as maiores concentrações de ácido ascórbico, percebe-se que os valores reduziram de 985,3 para 285,9 mg 100 g⁻¹ após o aumento da temperatura de secagem, seguido das farinhas de pimentão vermelho com teores de 661,0 a 311,6 mg 100 g⁻¹ e do verde com valores de 378,5 a 210,1 mg 100 g⁻¹ (Tabela 18). O acréscimo da temperatura de secagem influenciou nos valores de ácido ascórbico. Apesar disso, os teores encontrados nas farinhas de pimentões foram superiores ao valor de 171,9 mg 100 g⁻¹ em pimentas secas estudadas por Abreu et al. (2016) e 135,1 mg 100 g⁻¹ no pimentão verde desidratado citado por Nascimento et al. (2017).

De acordo com Dhakal et al. (2018), o ácido ascórbico é termodinamicamente instável e sofre degradação durante o processamento. Panyoyai et al. (2016) e Jaeschke, Marczak e Mercali (2016) afirmam que a degradação desse componente depende de alguns fatores como concentração de oxigênio, luz, pH e temperatura, resultando em queda no teor de ácido ascórbico após o processo térmico, visto que o ácido ascórbico é oxidado em ácido desidroascórbico, sendo posteriormente oxidado em ácido 2,3-dicetogulânico.

Os compostos fenólicos não apresentaram interação significativa ($p > 0,05$) entre os tipos de pimentões e temperaturas de secagem, contudo, foi verificada diferença significativa entre os tipos de pimentões ($p < 0,0001$), como também entre as temperaturas de secagem ($p < 0,0001$) (Tabela 17). As farinhas de pimentão amarelo apresentaram maiores concentrações de compostos fenólicos com valores de $2159,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, seguidos pelas farinhas de pimentão vermelho com $1948,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ e do verde com $1691,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Percebe-se que a temperatura de secagem não reduziu os valores dos polifenóis sendo o valor de $2030,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ na temperatura de $70 \text{ }^\circ\text{C}$, efeito interessante, já que os processos térmicos podem acelerar a destruição, isomerização e hidrólise de compostos polifenólicos instáveis (KIM et al., 2021; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ et al., 2021).

De acordo com Lang (2018), o grau de modificação na estrutura dos compostos fenólicos varia com a temperatura do processo aplicado, em que temperaturas de até $60 \text{ }^\circ\text{C}$ não causam grandes variações, entretanto, temperaturas próximas a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ promovem a redução dos compostos fenólicos solúveis e aumentam os insolúveis, em contrapartida, as temperaturas acima de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ causam a degradação térmica.

De acordo Mazzeo et al. (2015), a decorrência dos compostos fenólicos depende de fatores como solubilidade, localização celular e estabilidade ao calor, visto que eles são contidos em redes de pectina ou celulose, que podem ser liberadas durante o processamento térmico, resultando no aumento de compostos individuais devido à quebra de estruturas moleculares pelo calor liberando os limites glicosídicos do açúcar fenólico.

Os teores de flavonoides e antocianinas apresentaram interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 17). Foram observadas maiores concentrações de flavonoides nas farinhas produzidas a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, com valor de $227,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no produto advindo de pimentão verde, $222,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ na farinha do fruto amarelo e $222,7 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no vermelho. Para as antocianinas, foi constatado efeito semelhante, com as farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho exibindo valores de $17,1$, $17,8$ e $17,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente, a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 18), sendo uma ocorrência também verificada nos compostos fenólicos.

Embora as menores faixas de temperatura sejam mais associadas à biossíntese de flavonoides e antocianinas, o aumento nos teores desses compostos com a elevação da temperatura de secagem também pode estar associado à concentração de açúcares, uma

vez que os açúcares solúveis são os precursores da síntese de antocianinas (AZUMA et al., 2012; GAO et al., 2021).

Os teores de flavonoides e antocianinas foram maiores nas farinhas de pimentões verde e vermelho, mostrando resposta similar, já que, segundo Martins et al. (2017), as antocianinas fazem parte do grupo de flavonoides. De acordo com Howard et al. (2000), enquanto os fenólicos aumentam com a maturidade, os flavonoides diminuíram com o amadurecimento, sendo um resultado da conversão metabólica em compostos fenólicos secundários ou pela degradação enzimática.

5.2.5 Capacidade antioxidante

Foi verificada interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores os tipos de pimentões e temperaturas de secagem, para a capacidade antioxidante pela inibição do ABTS^{•+} (Tabela 19). A temperatura de secagem não afetou a capacidade antioxidante pelo sequestro do radical livre ABTS^{•+} das farinhas de pimentão verde, com valor de 8,5 μM trolox g^{-1} . Entretanto, essa variável foi reduzida com elevação da temperatura, sendo os resultados de 12,8 a 12,4 μM trolox g^{-1} nas farinhas de pimentão amarelo e 12,8 a 12,2 μM trolox g^{-1} nas farinhas de pimentão vermelho (Tabela 20).

A estabilidade antioxidante pelo ABTS^{•+} nas farinhas de pimentões torna-se uma característica interessante, pois, segundo Jeremić et al. (2017) e Kuai et al. (2021), a produção de radicais livres em excesso pode gerar modificações na estrutura química das proteínas, ácidos nucleicos e lipídios, efeito que pode promover a diminuição da vida útil dos alimentos. De acordo com Tiong et al. (2020), os antioxidantes atuam quebrando as cadeias radicais livres por doação do átomo de hidrogênio ou transferência de um único elétron, estabilizando as reações de oxidação.

Na capacidade antioxidante pela inibição do radical livre DPPH foi constatada interação significativa ($p < 0,0001$) entre os fatores tipos de pimentões e temperaturas de secagem (Tabela 19), com a maior capacidade antioxidante nas farinhas produzidas com o pimentão amarelo, sendo de 86,0 a 71,8% de inibição DPPH no 1º extrato, de 89,4 a 81,9% de inibição DPPH no 2º extrato e de 90,7 a 83,3% de inibição DPPH no 3º extrato. Percebe-se que a temperatura induziu uma leve redução da capacidade antioxidante, fato verificado nas farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho (Tabela 20).

Tabela 19. Capacidade antioxidante pelo ABTS^{•+} e capacidade antioxidante DPPH das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

Pimentões (P)	ABTS ^{•+}	1° DPPH	2° DPPH	3° DPPH
	(μM trolox g^{-1})	(% inibição)	(% inibição)	(% inibição)
Verde	8,5 \pm 29,6 ¹	70,8 \pm 8,5	83,6 \pm 4,6	87,2 \pm 3,1
Amarelo	12,7 \pm 203,6	74,2 \pm 10,0	83,6 \pm 6,7	86,1 \pm 4,3
Vermelho	12,6 \pm 241,7	70,2 \pm 5,6	80,3 \pm 4,9	82,5 \pm 1,9
Temperatura de secagem (T, °C)				
50	11,3 \pm 2111,2	78,3 \pm 6,9	84,8 \pm 7,3	87,1 \pm 4,7
55	11,3 \pm 2103,9	74,4 \pm 9,7	86,2 \pm 4,9	88,0 \pm 2,8
60	11,4 \pm 2111,0	67,5 \pm 9,8	80,3 \pm 6,7	84,7 \pm 3,9
65	11,2 \pm 2054,3	70,5 \pm 3,4	80,7 \pm 2,9	83,6 \pm 2,8
70	11,02 \pm 1860,4	68,1 \pm 5,3	80,5 \pm 1,5	82,9 \pm 2,1
Valor da probabilidade (F) da ANOVA				
P	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001
T	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)*	0,72	3,33	3,83	2,22

¹Médias \pm Desvios Padrão; *CV: Coeficiente de variação.

A diminuição da capacidade antioxidante frente as temperaturas de secagem é um comportamento esperado, já que de acordo Guo e Jauregi (2018), os antioxidantes são sensíveis a temperaturas elevadas, resultando na degradação, isomerização e redução da atividade antioxidante. Conforme Mashiane et al. (2021), as propriedades estruturais da parede celular nos vegetais determinam a capacidade de resistência ao tratamento térmico e retenção antioxidantes nas células, indicando que parede celular de pimentões foram afetadas, uma vez que houve perdas dos antioxidantes após o aquecimento.

De acordo com Floegel et al. (2011), a detecção da capacidade antioxidante possui princípios semelhantes, visto que formam um radical sintético colorido ou composto ativo redox, sendo a capacidade de eliminação do radical ou redução de composto monitorado frente a uma amostra, com a abordagem mais comum baseada na transferência de elétrons envolvendo a redução de oxidantes (SRIDHAR; CHARLES, 2019).

Tabela 20. Desdobramento da interação da capacidade antioxidante pelo ABTS⁺⁺ e DPPH das farinhas de pimentões verde, amarelo e vermelho em diferentes temperaturas de secagem.

	Temperaturas de secagem (T, °C)	Farinhas de pimentões		
		Verde	Amarelo	Vermelho
C. Antioxidante (μM trolox g^{-1})*	50	8,5 \pm 0,0 Ba ¹	12,8 \pm 0,0 Aa	12,8 \pm 0,0 Aa
	55	8,5 \pm 0,0 Ba	12,8 \pm 0,0 Aa	12,8 \pm 0,1 Aa
	60	8,5 \pm 0,0 Ca	12,9 \pm 0,0 Aa	12,7 \pm 0,0 Ba
	65	8,4 \pm 0,0 Ba	12,6 \pm 0,0 Ab	12,7 \pm 0,0 Aa
	70	8,5 \pm 0,1 Ba	12,4 \pm 0,0 Ac	12,2 \pm 0,3 Ab
1° C. Antioxidante (% inibição DPPH)	50	61,7 \pm 3,3 Ba	86,0 \pm 0,5 Aa	70,4 \pm 2,9 bc
	55	80,0 \pm 3,4 Bc	82,4 \pm 2,8 Aa	79,0 \pm 1,8 Aa
	60	72,5 \pm 3,1 Aa	58,5 \pm 2,8 Cc	64,1 \pm 3,8 Bd
	65	72,5 \pm 3,1 Ab	72,3 \pm 1,3 Ab	66,7 \pm 0,8 Bcd
	70	61,4 \pm 2,4 Bc	71,8 \pm 2,3 Ab	71,0 \pm 0,9 Ab
2° C. Antioxidante (% inibição DPPH)	50	81,1 \pm 3,0 Aab	89,4 \pm 2,8 Aa	78,4 \pm 9,5 Bb
	55	89,1 \pm 0,9 Bbc	91,8 \pm 0,9 Aa	85,7 \pm 0,5 Ba
	60	81,3 \pm 4,9 Aa	74,0 \pm 0,8 Bc	77,7 \pm 0,5 Bb
	65	81,3 \pm 4,9 Abc	81,0 \pm 1,7 Ab	79,9 \pm 0,9 Ab
	70	79,8 \pm 1,9 Ac	81,9 \pm 0,5 Ab	79,8 \pm 0,6 Ab
3° C. Antioxidante (% inibição DPPH)	50	87,0 \pm 2,2 Bab	90,7 \pm 1,2 Aa	83,4 \pm 4,2 Cab
	55	89,9 \pm 1,0 Bab	91,6 \pm 1,6 Aa	85,4 \pm 0,9 Ba
	60	86,9 \pm 2,7 Aa	82,5 \pm 1,6 Bb	81,7 \pm 1,6 Bb
	65	86,9 \pm 2,7 Aab	82,4 \pm 1,5 Bb	81,4 \pm 1,1 Bb
	70	85,0 \pm 1,6 Ab	83,3 \pm 1,3 ABb	80,5 \pm 0,8 Bb

¹Médias \pm Desvios Padrão seguidos de mesma letra, não diferem entre si, maiúscula, na linha (pimentões) e minúscula, na coluna (temperaturas de secagem), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Inibição do radical ABTS⁺⁺. DPPH: 1° extrato 200 μL , 2° extrato 300 μL e 3° extrato 500 μL .

5.3 Farinhas dos resíduos de pimentões

5.3.1 Colorimetria

Foi observada diferença significativa ($p \leq 0,0003$) na luminosidade das farinhas dos resíduos de pimentões (Tabela 21). Nota-se que a luminosidade diminuiu à medida

que as temperaturas foram elevadas de 50 para 60 °C, entretanto, percebe-se que as farinhas dos resíduos de pimentões apresentaram cor intermediária, visto que a luminosidade está relacionada com a variação de 0 (branco) ao 100 (preto), estando os resultados entre 34,8 a 36,0. Nascimento (2017), estudando os extratos de pimentões, encontrou valores entre 13,3 a 21,0, corroborando que o processo de secagem aplicado nos resíduos de pimentões influenciou na luminosidade.

Na coordenada a*, foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,02$) nas farinhas dos resíduos de pimentões, com valores de 7,7 a 50 °C, 7,8 a 60 °C e 7,5 a 70 °C (Tabela 21). Esse comportamento já era esperado, já que, segundo Kurek e Sokolova (2020), a coordenada a* demonstra as variações de cores, sendo $-a^*$ indicativo do verde e $+a^*$ correspondente ao vermelho. Assim, a farinha dos resíduos de pimentões tendeu ao vermelho, efeito relacionado aos resíduos utilizados (SILVA; BRINQUES; GURAK, 2020).

Tabela 21. Colorimetria das farinhas dos resíduos de pimentões.

Parâmetros	50 °C	60 °C	70 °C	CV (%) [*]
Luminosidade (L)	36,0 ± 0,4 a ¹	34,4 ± 0,4 b	34,8 ± 0,6 b	1,3
Coordenada (a*)	7,7 ± 0,2 ab	7,8 ± 0,2 a	7,5 ± 0,1 b	2,3
Coordenada (b*)	30,3 ± 0,4 a	29,9 ± 0,5 a	30,1 ± 0,7 a	1,9
Cromaticidade (C)	31,3 ± 0,5 a	30,8 ± 0,5 a	30,5 ± 0,4 a	1,5
Ângulo Hue (H°)	75,8 ± 0,5 a	75,5 ± 0,5 a	75,8 ± 0,3 a	0,5
Índice de cor	7,1 ± 0,3 b	7,6 ± 0,2 a	7,1 ± 0,3 b	3,6
Índice de escurecimento	98,4 ± 3,2 a	105,5 ± 2,6 a	102,7 ± 6,8 a	4,5

¹Médias ± Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *CV: Coeficiente de variação.

As farinhas dos resíduos de pimentões não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para coordenada b* (Tabela 21). Verificou-se que o amarelo prevaleceu após a secagem. Kurek e Sokolova (2020) observaram que os valores positivos na coordenada b* prescreve o amarelo, essa coloração prevaleceu devido ao processo de trituração e homogeneização da matéria-prima no processamento das farinhas. Conforme Soto et al. (2019), a luz, o oxigênio e a exposição em altas temperaturas causam alterações nas cores devidas à degradação dos carotenoides.

A cromaticidade das farinhas não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 21), isso sugere que a pureza ou intensidade de cor permaneceu próximas após a secagem nas diferentes temperaturas, com resultados entre 31,3 a 30,5, respectivamente. Conforme Silva Júnior (2018), os valores da cromaticidade abaixo de 50 é um indicativo de cores neutras.

Para o ângulo Hue das farinhas, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 21). As farinhas dos resíduos de pimentões não sofreram variações com avanço das temperaturas, sendo o ângulo obtido próximo ao tom amarelo, uma vez que, segundo Emery et al. (2021), esse parâmetro determina a tonalidade de cores, sendo 90° indicativo do amarelo.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no índice de escurecimento nas farinhas dos resíduos de pimentões (Tabela 21). Para o índice de cor das farinhas dos resíduos de pimentões, houve diferença significativa ($p \leq 0,01$) (Tabela 21). As farinhas dos resíduos de pimentões apresentaram qualidade, tendo em vista que o produto não sofreu escurecimento. Não foram encontrados estudos que relatassem esses parâmetros em farinha de subproduto de pimentões.

5.3.2 Características físico-químicas

A atividade de água mostrou diferença significativa ($p \leq 0,0004$), ocorrendo uma redução dos valores das farinhas dos resíduos de pimentões após o aumento da temperatura de secagem, com valores de 0,34 a 50°C , seguido de 0,33 e 0,32 nas temperaturas de 60 e 70°C (Tabela 22). A secagem dos resíduos proporcionou uma estabilidade no produto, tendo em vista que, quanto menor a atividade de água, melhor o controle sobre o crescimento microbiano, já que a atividade de água abaixo de 0,6 diminui o crescimento de microrganismos e reações deteriorantes (FELLOWS, 2018).

A densidade aparente das farinhas dos resíduos não indicou diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 22). O volume ocupado pela farinha obteve uma baixa densidade. De acordo com Lanaro et al. (2011), isso é gerado pelos pequenos espaços vazios entre as partículas dos sólidos, movido pelo atrito e resistência das partículas dispostas no recipiente, resultando em aumento da porosidade que reduziu a densidade. De acordo com Pertiwi, Nurhalimah e Aminullah (2020), a densidade final do produto

depende das propriedades que são degradadas durante a secagem, refletindo no volume do produto obtido durante o armazenamento, sendo os resultados inferiores ao valor de $0,60 \text{ g cm}^{-3}$ em farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado, reportado por Menezes Filho (2019).

Tabela 22. Características físico-químicas das farinhas dos resíduos de pimentões.

Parâmetros	50 °C	60 °C	70 °C	CV (%) [*]
A_w	$0,34 \pm 0,0 \text{ b}^1$	$0,33 \pm 0,0 \text{ b}$	$0,32 \pm 0,0 \text{ a}$	2,5
Densidade aparente (g cm^{-3})	$0,45 \pm 0,0 \text{ a}$	$0,44 \pm 0,0 \text{ a}$	$0,45 \pm 0,0 \text{ a}$	2,4
Solubilidade (%)	$93,1 \pm 0,4 \text{ b}$	$93,1 \pm 0,2 \text{ b}$	$94,4 \pm 0,3 \text{ a}$	0,3
Umidade (%)	$14,8 \pm 0,7 \text{ a}$	$14,2 \pm 0,4 \text{ a}$	$13,0 \pm 0,4 \text{ b}$	3,4
Cinzas (%)	$5,4 \pm 0,6 \text{ a}$	$5,1 \pm 0,5 \text{ a}$	$4,7 \pm 0,3 \text{ a}$	8,9
Sólidos solúveis (%)	$50,5 \pm 0,2 \text{ a}$	$50,0 \pm 0,4 \text{ a}$	$50,0 \pm 0,0 \text{ a}$	1,0
pH	$4,6 \pm 0,1 \text{ a}$	$4,6 \pm 0,1 \text{ a}$	$4,7 \pm 0,2 \text{ a}$	2,5
Íons H^+ (μM)	$25,5 \pm 3,5 \text{ a}$	$22,9 \pm 5,2 \text{ a}$	$23,3 \pm 8,3 \text{ a}$	24,9
Acidez titulável (%)	$4,4 \pm 0,0 \text{ c}$	$4,5 \pm 0,0 \text{ b}$	$5,1 \pm 0,0 \text{ a}$	1,1
Ratio	$11,4 \pm 0,2 \text{ a}$	$11,0 \pm 0,1 \text{ b}$	$9,8 \pm 0,1 \text{ c}$	1,3
A. solúveis ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$)	$21,2 \pm 0,9 \text{ b}$	$24,3 \pm 0,6 \text{ a}$	$24,9 \pm 0,6 \text{ a}$	3,1
A. redutores ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$)	$9,8 \pm 0,0 \text{ c}$	$11,3 \pm 0,0 \text{ b}$	$11,5 \pm 0,0 \text{ a}$	0,6
A. não redutores ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$)	$11,4 \pm 1,0 \text{ b}$	$12,9 \pm 0,7 \text{ a}$	$13,4 \pm 0,7 \text{ a}$	6,1

¹Médias \pm Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *CV: Coeficiente de variação.

A solubilidade diferiu significativamente ($p < 0,0001$) entre as farinhas dos resíduos de pimentões, apresentando um aumento dos resultados após o incremento da temperatura de secagem, com valores de 93,1% nas temperaturas de 50 e 60 °C e 94,4% a 70 °C (Tabela 22), sendo o resultado obtido maior que o encontrado na farinha de cascas de frutas citados por Pires et al. (2017). Os resultados encontrados indicam que a farinha dos resíduos de pimentões é muito solúvel em água, sendo a alta solubilidade das farinhas importante, já que os produtos secos podem ser incorporados como ingredientes em diversos alimentos (AKTAĞ; GÖKMEN, 2020).

O teor de umidade apresentou diferença significativa ($p \leq 0,0003$) entre as farinhas dos resíduos pimentões (Tabela 22), observou-se que o aumento da temperatura de secagem influenciou na remoção de água do produto, uma vez que os valores foram de 14,8% na temperatura de 50 °C e 13,0% a 70 °C. Santos et al. (2018) informaram que o teor de umidade é um parâmetro importante a ser estudado, sendo essencial para o retardar o desenvolvimento de microrganismos como fungos, leveduras e bactérias, já que o controle da umidade influencia na vida útil dos alimentos.

Os teores de cinzas não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) nas farinhas dos resíduos de pimentões em diferentes temperaturas de secagem (Tabela 22), demonstrando que o conteúdo mineral não sofreu variações relevantes após a obtenção da farinha dos resíduos, com valores de 5,4% a 50 °C, 5,1% a 60 °C e 4,7% a 70 °C. Nascimento et al. (2018) obtiveram resultados maiores, sendo de 7,3% de cinzas em farinha de pimentão verde, podendo esse efeito estar relacionado à matéria-prima. Apesar de ser um produto advindo dos resíduos, percebe-se que as farinhas contêm uma quantidade de minerais favorável, com valores dentro da legislação especificada para farinhas (BRASIL, 2005).

Os sólidos solúveis das farinhas dos resíduos não diferiram significativamente ($p > 0,05$), com valores de 50,5% a 50 °C e 50,0% a 60 e 70 °C (Tabela 22), resultados inferiores ao valor de 3,5% apresentado em resíduos de pimentões secos, citados por Sátiro et al. (2018). Essa diferença pode estar associada ao processamento das farinhas, tendo em vista que os resíduos foram misturados e triturados antes da secagem. As farinhas dos resíduos podem ser consideradas de sabor aceitáveis, já que conforme Araújo et al. (2015) e Borges Filho et al. (2016), esse parâmetro caracteriza o sabor, sendo a concentração dos sólidos uma vertente da secagem.

O pH das farinhas dos resíduos de pimentões não diferiu significativamente ($p > 0,05$), com teores de 4,6 na temperatura de 50 °C e 60 °C e 4,7 a 70 °C (Tabela 22), valores diferentes do 5,0% expresso nos resíduos de pimentões secos reportados por Sátiro et al. (2018), podendo ser uma característica associada ao processamento. Conforme Corrêa et al. (2018) e Jay, Loessner e Golden (2005), o pH é importante para a delimitação do crescimento de microrganismos dos alimentos, tendo em vista que a taxa de acidez determina a velocidade e ação dos microrganismos, já que eles se proliferam numa faixa de pH entre 6,6 a 7,5.

A concentração de íons H^+ não obtiveram acúmulos significativos nas farinhas de resíduos de pimentões ($p > 0,05$), com resultados de $25,5 \mu M$ a $50^\circ C$ e $23,3 \mu M$ a $70^\circ C$ (Tabela 22). Sátiro et al. (2018), ao avaliar os íons H^+ de resíduos de pimentões secos, perceberam um aumento desse parâmetro após a secagem, com resultados de $6,0 \mu M$ nos resíduos secos de pimentões amarelos, sendo um valor inferior ao encontrado nesta pesquisa. Foi constatado que, quanto menor a concentração de íons H^+ , maior foi o valor do pH, sobretudo nas farinhas a 50 e $70^\circ C$. Nascimento (2017) demonstrou que os íons hidrogênio apresentaram valores inversos ao pH, sugerindo que a alta concentração de H^+ expressa uma redução no pH.

A acidez das farinhas dos resíduos de pimentões diferiu significativamente ($p < 0,0001$), ocorrendo um leve aumento, à medida que a temperatura de secagem foi elevada, obtendo valores de $4,4\%$ a $5,1\%$, respectivamente (Tabela 22). Os resultados mostraram um comportamento similar aos reportados no estudo de Araújo et al. (2015), indicando que o acréscimo da temperatura de secagem influenciou no teor de acidez. De acordo com Santos et al. (2017), a concentração de acidez é uma das características responsáveis pelo sabor acentuado dos alimentos, representado pelo acúmulo de ácidos orgânicos (BRASIL, 2011).

O ratio apresentou diferença significativa nas farinhas dos resíduos de pimentões ($p < 0,0001$), com valores de $11,4$ na temperatura de $50^\circ C$ e $9,8$ a $70^\circ C$ (Tabela 22), resultados equivalentes aos obtidos por Sátiro et al. (2018), sendo o ratio uma característica importante, já que consiste no balanceamento entre os açúcares e a acidez. Korkmaz, Atasoy e Hayaloglu (2020) afirmam que os açúcares e os ácidos orgânicos são responsáveis pelo o sabor em frutos *Capsicum annuum* L.

Os açúcares solúveis, redutores e não redutores das farinhas dos resíduos de pimentões diferiram significativamente ($p < 0,0001$) (Tabela 22), com valores de $21,2$ a $24,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para os açúcares solúveis, $9,8$ a $11,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para os redutores e $11,4$ a $13,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para os açúcares não redutores. Percebe-se que o avanço da temperatura proporcionou o acréscimo dos açúcares, sendo uma consequência da diminuição do teor de água conforme Araújo et al. (2015). O produto obtido dos resíduos de pimentões apresentou baixos teores de açúcares em relação a outras farinhas, sendo inferiores aos valores de $33,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de açúcares solúveis e $13,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de açúcares redutores reportados por Nascimento et al. (2018) em farinha de pimentão verde.

5.3.3 Compostos bioativos

O teor de clorofilas das farinhas dos resíduos de pimentões não apresentou diferença significativa ($p>0,05$), com os valores de $28,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e $22,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 23). Nascimento et al. (2017) encontraram valores de $43,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ em pimentão verde desidratado, os autores informaram que os resultados reportados foram maiores aos obtidos nos frutos *in natura*, indicando que a retirada de água concentrou os teores de clorofilas, demonstrando uma concentração expressiva após a secagem. Cao et al. (2021) relataram que a temperatura afeta a concentração de clorofilas, entretanto, os resultados encontrados na farinha de resíduos de pimentões demonstraram uma concentração das clorofilas com as temperaturas aplicadas, com maior retenção na temperatura de secagem a $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabela 23. Compostos bioativos das farinhas dos resíduos de pimentões.

Parâmetros	50 °C	60 °C	70 °C	CV (%) [*]
Clorofilas ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	$28,1 \pm 2,0 \text{ a}^1$	$24,7 \pm 3,4 \text{ a}$	$22,9 \pm 4,1 \text{ a}$	13,4
Carotenoides ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	$0,48 \pm 0,1 \text{ a}$	$0,34 \pm 0,1 \text{ ab}$	$0,32 \pm 0,1 \text{ b}$	12,5
Á. Ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	$94,8 \pm 0,9 \text{ a}$	$68,5 \pm 0,4 \text{ b}$	$57,8 \pm 0,2 \text{ c}$	0,8
C. Fenólicos ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	$200,2 \pm 1,3 \text{ a}$	$174,9 \pm 1,4 \text{ c}$	$196,3 \pm 2,0 \text{ b}$	0,8
Flavonoides ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	$221,6 \pm 9,5 \text{ a}$	$194,2 \pm 9,4 \text{ b}$	$190,0 \pm 10,0 \text{ b}$	6,7
Antocianinas ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	$39,9 \pm 5,7 \text{ a}$	$39,7 \pm 2,1 \text{ a}$	$37,4 \pm 4,7 \text{ a}$	11,6

¹Médias \pm Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *CV: Coeficiente de variação.

Os carotenoides das farinhas dos resíduos de pimentões diferiram significativamente ($p\leq 0,02$), com valores de $0,48 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ na farinha obtida a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e a $0,32 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 23), resultados distintos ao valor de $123,1 \text{ } \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão verde desidratado citado por Nascimento et al. (2017). Percebe-se que a secagem influenciou nos carotenoides das farinhas dos resíduos, característica que pode estar relacionada à trituração e processo térmico aplicado. Conforme Corrêa et al. (2018), esses procedimentos ocasionam a liberação de enzimas catalisadoras de oxigênio, aumentando a exposição dos carotenoides para a degradação. Nota-se que as farinhas dos resíduos de pimentões obtiveram valores menores por se tratar de um subproduto,

entretanto, esse comportamento também pode estar atrelado aos tipos de pimentões utilizados durante o reaproveitamento dessa matéria-prima.

A concentração de ácido ascórbico das farinhas dos resíduos de pimentões diferiu significativamente ($p < 0,0001$), com valores de $94,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e $57,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 23), isso ocorreu porque a elevação da temperatura no processo de secagem diminuiu o teor de ácido ascórbico da farinha dos resíduos de pimentões. Conforme Tome e Augustinha (2018), o ácido ascórbico tende a degradar quando é exposto a elevadas temperaturas. No estudo de Nascimento et al. (2017), o teor de ácido ascórbico do pimentão verde desidratado foi maior, com um valor de $135,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Nota-se que as farinhas dos resíduos de pimentões obtiveram resultados significativos, podendo essa farinha ser aplicada para diversas finalidades na indústria de alimentos.

Os compostos fenólicos das farinhas dos resíduos de pimentões diferiram significativamente ($p < 0,0001$), a variação resultou em $200,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ na temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e $196,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 23). Nota-se que a elevação da temperatura de secagem reduziu o conteúdo de polifenóis das farinhas dos resíduos de pimentões. Os compostos fenólicos das farinhas dos resíduos de pimentões são menores em relação ao valor de $1816,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ citado por Nascimento et al. (2017) em pimentão verde desidratado. Em contrapartida, os compostos fenólicos totais presentes nas farinhas dos resíduos de pimentões são maiores que o valor de $141,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ em farinhas de resíduos de goiaba, reportadas por França (2014), sendo uma característica interessante, já que, conforme Meira et al. (2016), os compostos fenólicos possuem capacidade antioxidante.

Os flavonoides das farinhas dos resíduos de pimentões apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,006$), com valores de $221,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ na temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e $190,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 23). Resultados inferiores ao valor de $277,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ no pimentão verde desidratado, estudado por Nascimento et al. (2017). Foi verificada uma redução da concentração de flavonoides após o aumento da temperatura de secagem, efeito relacionado à exposição em altas temperaturas, para Castro et al. (2017), os flavonoides são termossensíveis sendo degradados em temperaturas elevadas. Apesar dessa perda, vale ressaltar que as farinhas dos resíduos demonstraram valores significativos, parâmetro importante, já que, segundo Meira et al. (2016), os flavonoides fazem parte do grupo de compostos fenólicos com potencial antioxidante.

As antocianinas das farinhas dos resíduos de pimentões não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 23), sendo os valores de 39,9 mg 100 g⁻¹ na temperatura de 50 °C e 37,4 mg 100 g⁻¹ a 70 °C, confirmando que o aumento da temperatura não afetou na qualidade desse componente, característica interessante, uma vez que as antocianinas são instáveis e sua estabilidade é influenciada pela temperatura e íons metálicos (BEUTINGER et al., 2020).

Na pesquisa de Nascimento et al. (2017), o teor de antocianinas nos pimentões verde desidratado foi de 11,2 mg 100 g⁻¹, resultados menores aos expressos das farinhas dos resíduos de pimentões. Percebe-se que os valores encontrados nessas farinhas foram relevantes, podendo esse efeito estar relacionado aos resíduos advindos dos diferentes pimentões, influenciando na quantidade deste fitoquímico, visto que as antocianinas pertencem ao grupo dos flavonoides, podendo ser encontradas em vegetais que apresentam cores do roxo ao vermelho (SHARMA et al., 2021).

5.3.4 Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante por ABTS^{•+} das farinhas dos resíduos de pimentões apresentou diferença significativa ($p \leq 0,003$), sendo os valores de 8,6 µM trolox g⁻¹ na temperatura de 50 °C, 8,7 µM trolox g⁻¹ a 60 °C e 8,5 µM trolox g⁻¹ a 70 °C (Tabela 24). Nota-se que o produto obtido expressou uma leve variação da capacidade de inibição após o aumento da temperatura de secagem. Os resultados expressos nas farinhas dos resíduos foram menores em relação à capacidade antioxidante de 409,2 µM trolox g⁻¹ nas pimentas secas citadas por Abreu et al. (2016). De acordo com Ferri et al. (2016) e Beutinger et al. (2020), a maior inibição pelo ABTS^{•+} pode estar relacionada ao conteúdo fenólico, já que liberam compostos complexos que contribui para o aumento da capacidade antioxidante.

Foi verificado diferença significativa ($p \leq 0,0001$) na capacidade antioxidante por inibição de DPPH nas farinhas dos resíduos de pimentões, com o maior resultado adquirido na temperatura de 70 °C, apresentando valores de 51,0% inibição de DPPH no 1º extrato, 69,8% inibição de DPPH no 2º extrato e 83,8% inibição de DPPH no 3º extrato (Tabela 24) sendo a capacidade de inibição maior que as contidas no estudo de França (2014) com 15,5% em farinha do resíduo de goiaba.

Tabela 24. Capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos de pimentões.

Parâmetros	50 °C	60 °C	70 °C	CV (%)**
C.A (μM trolox g^{-1})*	$8,6 \pm 0,0$ a ¹	$8,7 \pm 0,0$ a	$8,5 \pm 0,1$ b	0,6
1° C.A (% inibição DPPH)**	$48,0 \pm 3,0$ a	$36,4 \pm 0,4$ b	$51,0 \pm 2,2$ a	4,9
2° C.A (% inibição DPPH)	$67,8 \pm 1,9$ a	$51,5 \pm 2,3$ b	$69,8 \pm 0,8$ a	2,9
3° C.A (% inibição DPPH)	$82,9 \pm 1,0$ a	$67,2 \pm 1,9$ b	$83,8 \pm 0,2$ a	1,6

¹Médias \pm Desvio Padrão seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *Inibição do radical ABTS⁺. **DPPH: 1° extrato 200 μL , 2° extrato 300 μL e 3° extrato 500 μL . **CV: Coeficiente de variação

Foi constatada uma divergência da capacidade de inibição entre as temperaturas, uma vez que na temperatura de 60 °C a inibição diminuiu, obtendo um novo acréscimo na temperatura de 70 °C. Segundo Lang (2018), esse efeito pode estar associado à degradação dos bioativos frente à elevação da temperatura, ocorrência também foi observada nos valores de compostos fenólicos (Tabela 22). De acordo com Bai et al. (2021), os processos térmicos destroem as paredes celulares diminuindo a retenção dos componentes bioativos que possuem capacidade antioxidante.

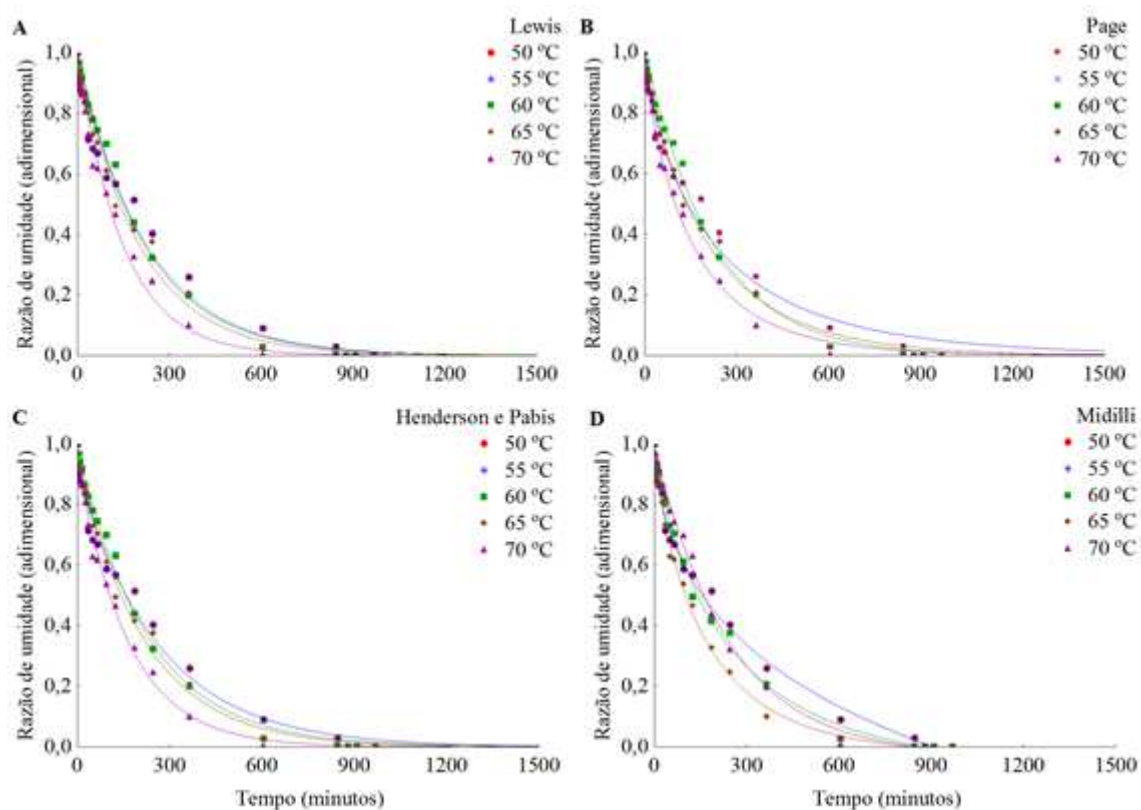
5.3 Modelagem matemática

Na Figura 9, encontram-se as curvas de secagem de pimentão verde estimadas pelos modelos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midilli, sendo o melhor ajuste observado no modelo de Midilli.

O aumento da temperatura de secagem influenciou nas constantes dos modelos, com acréscimo no parâmetro ‘k’ nas equações de Lewis, Henderson e Pabis e Midilli (Tabela 25), comportamento também relatado por Derlan et al. (2013) e Silva et al. (2014), além de ser verificado em outras pesquisas sobre cinética de secagem.

Conforme Goneli et al. (2014), o parâmetro ‘k’ refere-se às condições externas de secagem, podendo ser empregada na caracterização da temperatura, visto que essa constante relaciona à difusividade efetiva no período decrescente e à difusão líquida que faz o controle no processo de secagem.

Figura 9. Ajuste da cinética de secagem de pimentão verde com os modelos de Lewis (A), Page (B), Henderson e Pabis (C) e Midilli (D) em diferentes temperaturas.



A elevação da temperatura aumentou a constante ‘n’ nos modelos de Page e Midilli, com o maior valor observado na temperatura de 60 °C do modelo de Page (Tabela 25). De acordo com Silva et al. (2008), a temperatura é um parâmetro determinante no processo de desidratação do pimentão verde, tendo em vista que o aumento da temperatura reduz o tempo de secagem.

Os modelos matemáticos de Lewis, Page e Henderson e Pabis descreveram adequadamente a cinética, evidenciando uma representação satisfatória do processo de secagem de pimentão verde. No entanto, o modelo matemático de Midilli apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, com os coeficientes de determinação R^2 acima de 0,99, desvios quadráticos médios DQM inferiores de 0,03 e qui-quadrado X^2 abaixo de 0,0008 (Tabela 25).

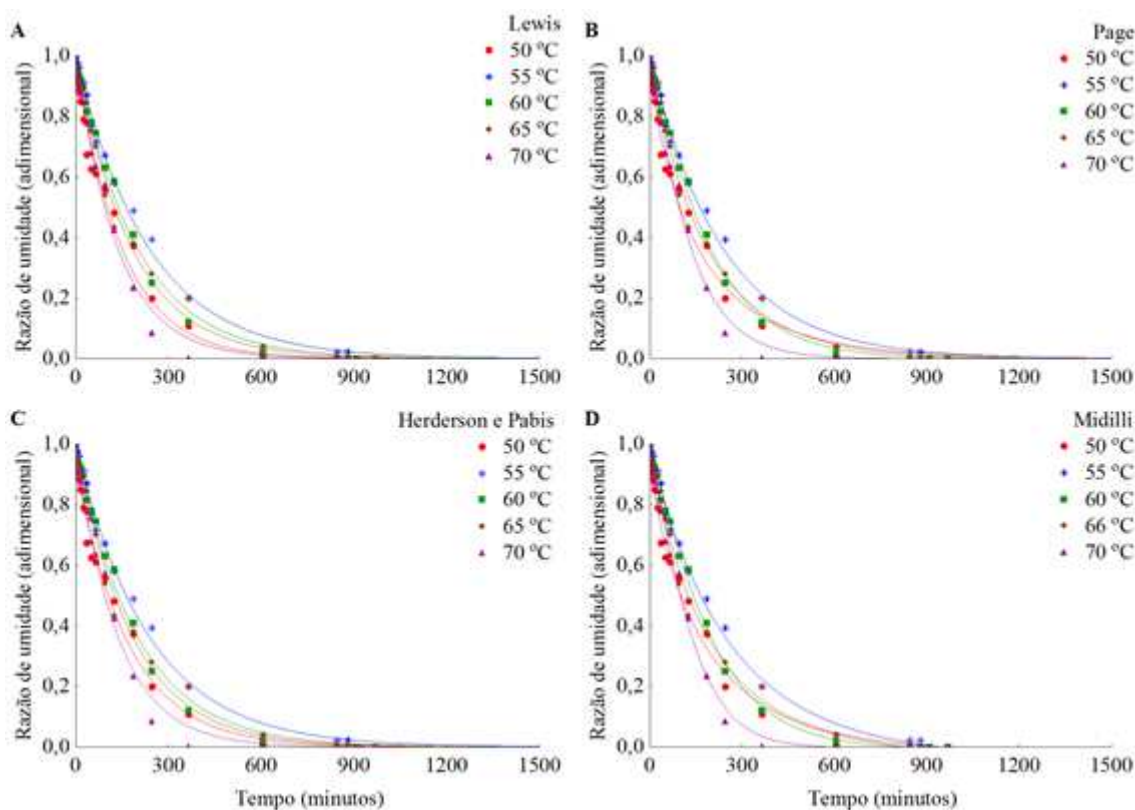
Tabela 25. Parâmetros das equações (a, b, k, n), coeficientes de determinação R^2 , desvios quadráticos médios DQM e Qui-quadrado X^2 ajustados às curvas de secagem de pimentão verde.

	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	X^2
		a	b	k	n			
Lewis	50	-	-	0,0046	-	0,9926	0,0665	0,0050
	55	-	-	0,0046	-	0,9626	0,0665	0,0050
	60	-	-	0,0044	-	0,9957	0,0250	0,0007
	65	-	-	0,0050	-	0,9915	0,0338	0,0013
	70	-	-	0,0067	-	0,9894	0,0373	0,0016
Page	50	-	-	0,0164	0,7579	0,9833	0,0445	0,0022
	55	-	-	0,0164	0,7579	0,9833	0,0445	0,0022
	60	-	-	0,0040	1,0212	0,9958	0,0248	0,0007
	65	-	-	0,0091	0,8822	0,9949	0,0263	0,0008
	70	-	-	0,0152	0,8300	0,9962	0,0223	0,0006
Henderson e Pabis	50	0,9925	-	0,0037	-	0,9846	0,0427	0,0021
	55	0,9925	-	0,0037	-	0,9846	0,0427	0,0021
	60	0,9903	-	0,0043	-	0,9960	0,0242	0,0007
	65	0,9850	-	0,0046	-	0,9949	0,0262	0,0008
	70	0,9758	-	0,0060	-	0,9949	0,0258	0,0007
Midilli	50	0,9925	0,0304	0,5998	-0,00018	0,9946	0,0253	0,0008
	55	0,9925	0,0304	0,5998	-0,00018	0,9946	0,0253	0,0008
	60	0,9903	0,0106	0,8378	-0,00005	0,9971	0,0198	0,0005
	65	0,9850	0,0145	0,8305	-0,00002	0,9972	0,0192	0,0005
	70	0,9758	0,0032	1,0470	-0,00003	0,9972	0,0203	0,0005

Portanto, o modelo de Midilli foi o mais indicado para a predição da cinética de secagem de pimentão verde, sendo esse efeito verificado nos estudos de Reis et al. (2011), Derlan et al. (2013), Melo et al. (2015) e Silva et al. (2016), visto que indicaram o modelo de Midilli entre os melhores ajustes de dados experimentais em frutos do gênero *Capsicum*.

Na Figura 10, estão expostas as curvas de secagem de pimentão amarelo pelos modelos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midilli com os modelos relacionando-se com os dados experimentais e estimados.

Figura 10. Ajuste da cinética de secagem de pimentão amarelo com os modelos de Lewis (A), Page (B), Henderson e Pabis (C) e Midilli (D) em diferentes temperaturas.



Foi observado que a constante 'k' no modelo de Page diminuiu após o acréscimo da temperatura de secagem (Tabela 26), sendo um comportamento diferente dos modelos de Lewis, Henderson e Pabis e Midilli, indicando que o efeito das condições externas de secagem do modelo de Page foi divergente, sendo a constante 'k' um parâmetro importante, já que, segundo Goneli et al. (2014), essa constante é utilizada para caracterizar o efeito da temperatura.

O parâmetro 'n' do modelo de Page aumentou após a elevação da temperatura, sendo resultante da barreira interna do pimentão amarelo ao processo de secagem, conforme Guedes e Faria (2000), esse modelo possui um efeito de moderação do tempo, corrigindo possíveis erros decorrentes da resistência interna para a remoção de água.

Tabela 26. Parâmetros das equações (a, b, k, n), coeficientes de determinação R^2 , desvios quadráticos médios DQM e Qui-quadrado X^2 ajustados às curvas de secagem de pimentão amarelo.

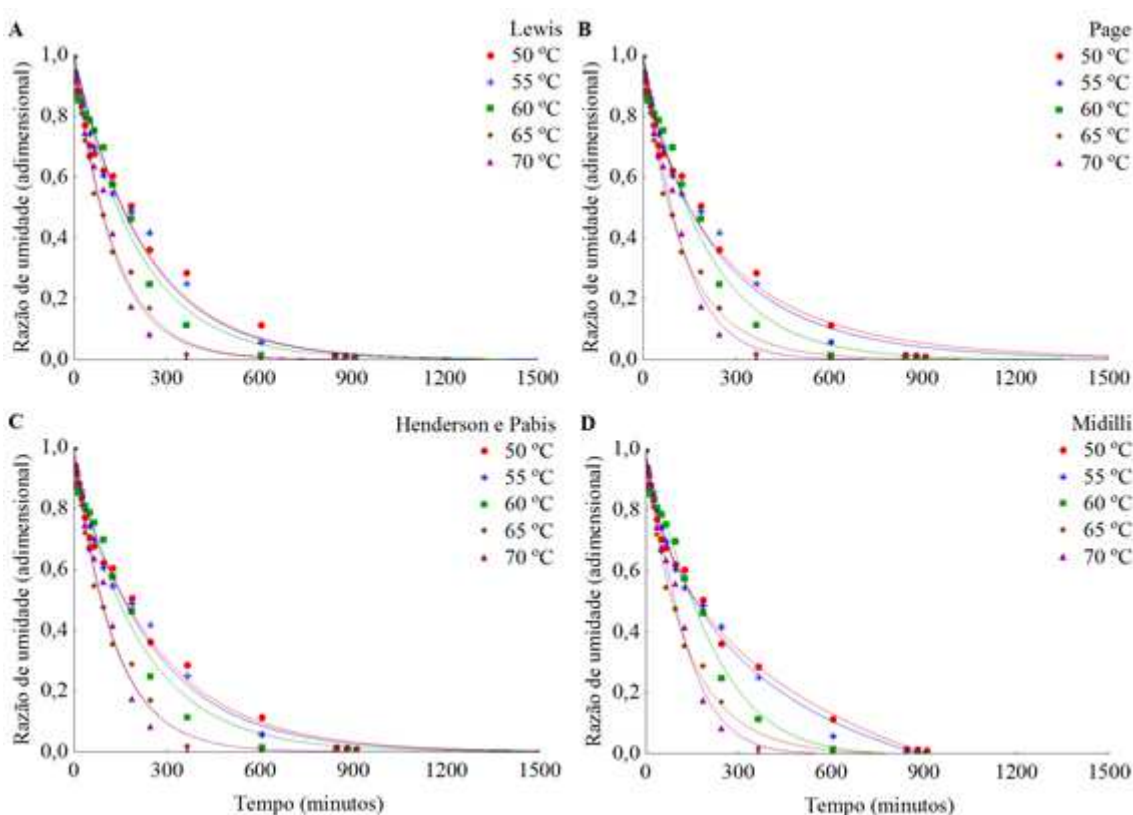
	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	X^2
		a	b	k	n			
Lewis	50	-	-	0,0068	-	0,9925	0,0504	0,0027
	55	-	-	0,0043	-	0,9964	0,0227	0,0005
	60	-	-	0,0050	-	0,9963	0,0234	0,0006
	65	-	-	0,0055	-	0,9944	0,0283	0,0008
	70	-	-	0,0074	-	0,9925	0,0335	0,0012
Page	50	-	-	0,0182	0,7951	0,9910	0,0339	0,0013
	55	-	-	0,0044	0,9919	0,9964	0,0227	0,0006
	60	-	-	0,0035	1,0752	0,9971	0,0208	0,0005
	65	-	-	0,0073	0,9419	0,9950	0,0267	0,0008
	70	-	-	0,0048	1,0926	0,9936	0,0309	0,0011
Henderson e Pabis	50	0,9284	-	0,0059	-	0,9895	0,0366	0,0015
	55	0,9938	-	0,0042	-	0,9965	0,0225	0,0006
	60	0,9995	-	0,0050	-	0,9963	0,0234	0,0006
	65	0,9922	-	0,0054	-	0,9945	0,0280	0,0009
	70	0,9960	-	0,0074	-	0,9925	0,0334	0,0013
Midilli	50	0,9798	0,0172	0,7937	-0,00003	0,9927	0,0304	0,0012
	55	0,9997	0,0053	0,9506	-0,00003	0,9971	0,0206	0,0005
	60	0,9718	0,0022	1,1527	-0,00001	0,9980	0,0172	0,0004
	65	1,0126	0,0090	0,9036	-0,00001	0,9952	0,0261	0,0009
	70	0,9524	0,0022	1,2370	0,00000	0,9955	0,0258	0,0009

Os modelos matemáticos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midilli apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais, com os coeficientes de determinação R^2 superiores a 0,99, desvios quadráticos médios DQM inferiores a 0,05 e qui-quadrado X^2 abaixo de 0,0013 (Tabela 26). Assim, os modelos de Lewis, Midilli e Page foram os mais indicados para a prever a cinética de secagem de pimentões amarelo, porque obtiveram adequações satisfatórias para as cinco combinações de temperatura.

O modelo de Page foi melhor para a predição da cinética de secagem, já que conforme Moscon et al. (2015), para recomendação do modelo é considerada a simplicidade de uso e aplicação, além do número de coeficientes estatísticos favoráveis. Nos estudos de Silva et al. (2008), Alves et al. (2014) e Catelam (2016) informaram que o modelo de Page foi o que melhor correspondeu aos dados experimentais de frutos do gênero *Capsicum*, corroborando as informações encontradas nesta pesquisa.

Na Figura 11, encontram-se as curvas de secagem de pimentão vermelho estimadas pelos modelos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midilli, nota-se um melhor ajuste no modelo de Midilli pela relação entre os valores experimentais e estimados.

Figura 11. Ajuste da cinética de secagem de pimentão vermelho com os modelos de Lewis (A), Page (B), Henderson e Pabis (C) e Midilli (D) em diferentes temperaturas.



O modelo de Midilli sofreu variação na constante 'k', com acréscimo nas temperaturas de 50, 55 e 60 °C, seguido de queda a 65 °C e novo aumento a 70 °C (Tabela 27), comportamento diferente dos modelos de Lewis e Henderson e Pabis, em

contrapartida, o parâmetro ‘k’ no modelo de Page diminuiu com o avanço das temperaturas, mostrando efeito divergente as condições externas de secagem.

De acordo com Corrêa et al. (2010), a constante ‘k’ é ampliada com o acréscimo da temperatura, visto essa elevação aumenta a taxa de secagem, fazendo com que o teor de umidade de equilíbrio seja alcançado em menos tempo.

Tabela 27. Parâmetros das equações (a, b, k, n), coeficientes de determinação R^2 , desvios quadráticos médios DQM e Qui-quadrado X^2 ajustados às curvas de secagem de pimentão vermelho.

	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	X^2
		a	b	K	n			
Lewis	50	-	-	0,0044	-	0,9753	0,0547	0,0032
	55	-	-	0,0045	-	0,9848	0,0442	0,0021
	60	-	-	0,0049	-	0,9859	0,0446	0,0021
	65	-	-	0,0081	-	0,9958	0,0242	0,0006
	70	-	-	0,0078	-	0,9923	0,0340	0,0012
Page	50	-	-	0,0128	0,7981	0,9884	0,0375	0,0016
	55	-	-	0,0100	0,8472	0,9914	0,0333	0,0012
	60	-	-	0,0046	1,0137	0,9859	0,0446	0,0022
	65	-	-	0,0117	0,9202	0,9970	0,0205	0,0005
	70	-	-	0,0046	1,1131	0,9939	0,0302	0,0010
Henderson e Pabis	50	0,9225	-	0,0037	-	0,9898	0,0352	0,0014
	55	0,9400	-	0,0040	-	0,9929	0,0302	0,0010
	60	0,9648	-	0,0046	-	0,9884	0,0405	0,0018
	65	0,9790	-	0,0078	-	0,9965	0,0222	0,0006
	70	1,0057	-	0,0079	-	0,9924	0,0339	0,0013
Midilli	50	0,9919	0,0226	0,6528	-0,00016	0,9969	0,0194	0,0005
	55	0,9861	0,0144	0,7486	-0,00011	0,9973	0,0187	0,0005
	60	0,9214	0,0010	1,2876	-0,00001	0,9929	0,0316	0,0013
	65	0,9993	0,0118	0,9162	-0,00001	0,9971	0,0202	0,0005
	70	0,9634	0,0026	1,2211	0,00000	0,9951	0,0273	0,0010

No parâmetro 'n', ocorreu um aumento após o acréscimo da temperatura de secagem, característica resultante a barreira interna do pimentão vermelho, esse comportamento também foi observado nas pesquisas de Silva et al. (2014) e Reis et al. (2015). De acordo com Guedes e Faria (2000), a constante 'n' possui uma implicação de equilíbrio do tempo corrigindo possíveis erros de resistência internos para a saída de água.

Verificou-se que as equações Lewis, Page e Henderson e Pabis aproximaram-se aos dados experimentais, entretanto, o modelo de Midilli mostrou resultados satisfatórios para as temperaturas de 50 a 70 °C, apresentando coeficiente de determinação R^2 superiores a 0,99, desvios quadráticos médios DQM inferiores a 0,05 e qui-quadrado X^2 abaixo de 0,0013 (Tabela 27).

Para a cinética de secagem de pimentões vermelho, o modelo de Midilli foi o mais indicado, efeito confirmado em estudos sobre a secagem de frutos do gênero *Capsicum*, visto que conforme Reis et al. (2011), Derlan et al. (2013), Melo et al. (2015) e Silva et al. (2016) o modelo de Midilli foi indicado entre os melhores ajustes de dados experimentais.

Estudos demonstraram que a elevação da temperatura do ar de secagem, proporciona um aumento da taxa de remoção de água, evidenciando o acréscimo do índice de secagem, ocorrência observada durante décadas em inúmeros pesquisas com produtos agrícolas como Resende et al. (2008), Pessoa et al. (2011) e Borém et al. (2018).

6 CONCLUSÕES

Na caracterização *in natura*, foi constatado que os pimentões possuem cores intensas, elevada atividade de água, alta densidade, solubilidade e teor de água, baixa acidez e conteúdo de açúcares, além da concentração de bioativos como: ácido ascórbico e compostos fenólicos, componentes que auxiliam a capacidade antioxidante dos pimentões verde, amarelo e vermelho.

A secagem influenciou as características físico-químicas, proporcionando farinhas com cores referentes aos pimentões, resultando no escurecimento do produto com aumento da temperatura. O processo de secagem reduziu a atividade de água, densidade, solubilidade e teor de água, entretanto, aumentou o conteúdo de sólidos solúveis, acidez e açúcares. A secagem também possibilitou a concentração de bioativos, especialmente os teores de ácido ascórbico, clorofila, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, componentes importantes para o aumento da capacidade antioxidante das farinhas.

A técnica de secagem em estufa com circulação de ar é cabível para produção de farinhas de pimentões, visto que concentrou parâmetros físico-químicos e bioativos, além de ter incrementado a capacidade antioxidante, já que o teor de água e conteúdo de cinzas apresentaram resultados conforme a legislação, sendo a produção das farinhas de pimentões uma opção para o excedente de safras, podendo ser utilizadas como condimento funcional em diversos alimentos. A secagem dos pimentões na temperatura de 60 °C proporcionou farinhas com concentrações significativa de fenólicos e potencial antioxidante.

As farinhas de pimentão amarelo destacaram-se frente à concentração dos teores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante, particularidade advinda dos frutos *in natura*, mostrando que o processamento foi eficiente para manter as substâncias bioativas e potencial antioxidante. O aumento das temperaturas de secagem influenciou na coloração das farinhas, promoveu diminuição da atividade de água, teores de água, clorofila e ácido ascórbico. Em contrapartida, elevou a concentração de açúcares, flavonoides e antocianinas, além de preservar os teores de sólidos solúveis, pH, acidez, carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante após a elevação das temperaturas.

As farinhas dos resíduos de pimentões apresentaram uma coloração aceitável, baixa atividade de água e alta solubilidade, concentrando os teores de açúcares, ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, além de reter a capacidade antioxidante, mostrando resultados eficientes em relação aos pimentões *in natura*, mas inferiores às farinhas dos frutos de pimentões, indicando que a secagem dos resíduos é uma alternativa para o aproveitamento de insumos advindos de restaurantes, indústrias de processamento e cooperativas.

Os modelos matemáticos de Lewis, Page e Henderson e Pabis adequaram-se aos dados experimentais e possuem simplicidade de uso e aplicação devida ao menor número de coeficientes. No entanto, o modelo de Midilli, além de apresentar o ajuste, promoveu os maiores coeficientes de determinação, menores desvios quadráticos médios e baixos valores no qui-quadrado, mostrando que esse modelo foi o mais indicado para a cinética de secagem dos pimentões verde, amarelo e vermelho.

Como as farinhas de pimentões podem deteriorar-se ao longo do tempo, são necessários estudos em condições de armazenamento adequado, utilizando embalagem que proporcione a estabilidade das características físico-químicas, componentes bioativos, capacidade antioxidante e controle microbiológico, como sugestão de estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. F.; SILVA, P. A.; ARAÚJO, E. A. F.; CARVALHO, A. V. **Efeito da secagem sobre as propriedades antioxidantes de pimentas vermelhas *Capsicum annuum* var. *annuum***. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, XXV, FAURGS, Gramado, RS, 2016.
- AKTAĞ, I. G.; GÖKMEN, V. A. Survey of the occurrence of α -dicarbonyl compounds and 5-hydroxymethylfurfural in dried fruits, fruit juices, puree and concentrates. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 91, e103523, p. 1-9, 2020.
- ALENCAR, G. **Produção integrada garante qualidade e redução de custos na produção de pimentão**. In: Produção Integrada de Pimentão. Editora, Embrapa Hortaliças, 2019, p. 6-9.
- ALEXANDRE, H. V. **Cinética de secagem de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) enriquecidos com a levedura *Saccharomyces***. 2010. 139 f. Tese. (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- ALVES, T. P.; STRÖHER, G. R.; NICOLETI, J. F. **Cinética de secagem osmoconvectiva de pimentão verde: influência das variáveis de processo**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 10, 2014. Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: COBEC, 2014, p. 1-8.
- ALVES, T. P.; FÓZ, H. D. Isotermas de desorção de pimentão verde e energia envolvida no processo. **Brazilian Journal of food technology**, v. 18, n. 2, p. 137-145, 2015.
- ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmoconvectiva de pimentão verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2022-2037, 2016.
- AMINI, F.; BAYAT, L.; HOSSEINKHAN, S. Influence of preharvest nano calcium applications on postharvest of sweet pepper (*Capsicum annum*). **Nusantara Bioscienc**, v. 8, n. 2, p. 215-220, 2016.
- ANTICONA, M.; BLESÁ, J.; LOPEZ-MALO, D.; FRIGOLA, A.; ESTEVE, M. JOSE. Effects of ultrasound-assisted extraction on physicochemical properties, bioactive compounds, and antioxidant capacity for the valorization of hybrid Mandarin peels. **Food Bioscience**, v. 42, e101185, p. 1-10, 2021.
- ARAÚJO, C. S. P.; ANDRADE, F. H.; GALDINO, P. O.; PINTO, M. S. C. Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 33-41, 2015.
- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Ciência Agronômica**, v. 48, p. 3, p. 448-457, 2017.

ARLINDO, D. M. **Armazenabilidade de pimentão em pó**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 11-118, 2007.

ARTILHA-MESQUITA, C. A. F.; MADRONA, G.; SCARAMAL. Caracterização da composição centesimal, físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante da pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* jalapenho). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e56410212785, p. 1-11, 2021.

AZUMA, A.; YAKUSHIJI, H.; KOSHITA, Y.; KOBAYASHI, S. Flavonoid biosynthesis-related genes in grape skin are differentially regulated by temperature and light conditions. **Planta**, v. 236, 1067-1080, 2012.

AZZOUZ, S.; JOMAA, W.; BELGHITH, A. Drying kinetic equation of single layer of grapes. **Proceedings IDS'98**, v. B, p. 988-997, 1998.

BAI, Y-P, ZHOU, H-M.; ZHU, K-R.; LI, Q. Effect of thermal processing on the molecular, structural, and antioxidant characteristics of highland barley β -glucan. **Carbohydrate Polymers**, v. 271, e118416, p. 1-12, 2021.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat - **Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônômicos**. Versão 1.1.0.711. Jaboticabal: Unesp, 2015.

BARZEGAR, T.; FATEH, M.; RAZAVI, F. Enhancement of postharvest sensory quality and antioxidant capacity of sweet pepper fruits by foliar applying calcium lactate and ascorbic acid. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 293-303, 2018.

BERNARDO, D. B. F.; LOPES, M. N.; LUCENA, M. L.; LOPES, W. E.; CHINELATE, G. C. B.; MEDEIROS, E. V. Caracterização física e físico-química de frutos de pimentão com diferentes colorações comerciais. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 8, n. 2, p. 07-12, 2018.

BEUTINGER, B. A. B.; SEFRIN, C. S.; BOLSON, M. K. I.; PONT, M. F. D.; RHEINHEIMER, S. D.; PICOLLI, S. L.; GARCIA, P. N. Effects of micronization on dietary fiber composition, physicochemical properties, phenolic compounds, and antioxidant capacity of grape pomace and its dietary fiber concentrate, **LWT - Food Science and Technology**, v. 117, e108652, p. 1-9, 2019.

BEZERRA, C. V. **Caracterização e avaliação das propriedades funcionais tecnológicas da farinha de banana verde obtidas por secagem em leito de jorro**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, M. C. A.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed: effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241-249, 2013.

BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; ALVES, G. E.; RIBEIRO, D. E.; SIQUEIRA, V. C.; TAVEIRA, J. H. D. S. Quality of natural coffee dried under different temperatures and drying rates. **Coffee Science**, v. 13, n. 2, p. 159-167, 2018.

BORGES FILHO, B.; BARREIROS, L. M.; OLIVEIRA, S. L.; OLIVEIRA, T. **A medida da doçura das frutas**. Cartilha Técnica 08, São Paulo, 2016, 17 p.

BOTELHO, F. M. **Cinética de secagem, propriedades físicas e higroscópicas dos frutos e caracterização do processo de torrefação dos grãos de *Coffea canephora***. 2012. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BOTREL, N.; RESENDE, F. V. Qualidade de pimentões produzidos em sistema orgânico e armazenados com e sem refrigeração. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, p. 1-5, 2014.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30. 1995.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8 de 2 de junho de 2005**. Aprova o Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 jun. 2005. Seção 1. p. 1-6.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 52, de 7 de novembro de 2011**. Aprova o Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de mandioca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 nov. 2011. Seção 1. p. 18-20.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes**. Brasília, 2013, 45p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL, I. M.; SIDDIQUI, M. W. **Postharvest Quality of Fruits and Vegetables: An Overview**. Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality, 2018, p. 1-40.

BUERA, M. P.; LOZANO, R. D.; PETRIELLA, C. Definition of color in the non-enzymatic browning process. **Die Farbe**, v. 32, n. 33, p. 316-326, 1985.

CALHEIRO, N.; MARQUARDT, L.; OLIVEIRA, M. S. R.; BACCAR, N. M.; ROHLFES, A. L. B.; GALLI, D. C. **Condições de secagem para obtenção de farinha de pimentão**. In: Anais X Salão de ensino e de extensão. XXV Seminário de iniciação científica, 2015.

CAO, J.; LI, F.; LI, Y.; CHEN, H.; LIAO, X.; ZHANG, Y. Hydrophobic interaction driving the binding of soybean protein isolate and chlorophyll: Improvements to the thermal stability of chlorophyll. **Food Hydrocolloids**, v. 113, e106465, p. 1-8, 2021.

CARES, I. E. F.; DAMIÁN, M. T. M.; PÉREZ, J. E. R.; ÁLVAREZ, O. C.; LEÓN, M. T. B. C.; GUADARRAMA, S. V.; RAMÍREZ, S. P. R. Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (*Capsicum annum* L.). **Interciencia**, v. 40, n. 10, p. 696-703, 2015.

CARLESSO, V. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F.; DETMANN, E. Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p.28-37, 2007.

CARVALHO, A. V.; RIOS, A. DE O.; MACIEL, R. A.; MORESCO, K. S.; BECKMAN, J. C. **Determinação de carotenoides e atividade antioxidante de pimentas provenientes da região amazônica**. III congresso brasileiro de processamento de frutas e hortaliças. Embrapa Amazônia Oriental, Ilhéus, Bahia, 2013.

CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leito de espuma**. 2014. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; RIOS, A. O.; MORESCO, K. S. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 399-408, 2014.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; RIOS, A. O.; MACIEL, R. A.; MORESCO, K. S.; OLIVEIRA, T. C. S. Bioactive compounds and antioxidante activity of Pepper (*Capsicum* sp.) genotypes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 7457-7464, 2015.

CASTIGLIONI, G. L.; SILVA, F. A.; CALIARI, M.; JUNIOR, M. S. S. Modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 987-994. 2013.

CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leito de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016060, p. 2-5, 2017.

CATELAM, K. T. **Estudo da cinética de secagem de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) e influência da temperatura no teor de capsaicina**. 2016. 134 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, 2016.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 51p.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; PEREIRA, M. A.; MELLO, S. C.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; DIAS, C. T. S. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 590-593, 2007.

CHRIST, B.; GUYER L.; ROSSI, M.; HÖRTENSTEINER, S. Different Mechanisms are Responsible for Chlorophyll Dephytylation during Fruit Ripening and Leaf Senescence in Tomato. **Plant Physiology**, v. 166, p. 44-56, 2014.

CISTERNAS-JAMET, J.; SALVATIERRA-MARTÍNEZ, R.; VEGA-GÁLVEZ, A.; STOLL, A.; URIBE, E.; GOÑI, M. G. Biochemical composition as a function of fruit maturity stage of bell pepper (*Capsicum annuum*) inoculated with *Bacillus amyloliquefaciens*. **Scientia Horticulturae**, v. 263, e109107, p. 1-9, 2020.

CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; LOURENZI, C. I.; ROSA, F.; OLIVEIRA, D. M. Características da Farinha de Resíduos do Processamento de Laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 257-259, 2012.

COLLERA-ZUÑIGA, O.; JIMENEZ, F. G.; GORDILLO, R. M. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annuum* L. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1, p. 109-114, 2005.

CONDE, C. G.; PAJARO, N. P.; MÉNDEZ, G. L. Actividad antioxidante y contenido fenólico del extracto etanólico de *Capsicum annuum* L. **Revista Cubana de Farmácia**. v. 52, n. 2, p. 1-12, 2019.

CORREA, C. R.; SOARES, D. B.; ENGEL, B.; BACCAR, N. M.; ROHLFES, A.; L.; B.; MARQUARDT, L. **Processamento de farinha de couve e pimentão por desidratação**. In: Anais X Salão de ensino e de extensão. XXV Seminário de iniciação científica, 2017.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

CORRÊA, I. M.; PERFEITO, D. G. A.; MORENO, V. J.; DUTRA, M. B. L. Farinha de cenoura em estágio de maturação avançada como alternativa à redução do desperdício de alimentos. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 10, p. 61-68 2018.

COSTA, L. M.; MOURA, N. F.; MARANGONI, C.; MENDES, C. E.; TEIXEIRA, A. O. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. **Ciência e Tecnologia alimentar**. v. 30, n. 1, p. 51-59, 2010.

COSTA, J. A. N. **Avaliação da secagem de materiais de construção**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2013.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.; BURNQUIST, H. L. Impactos socioeconômicos de reduções nas perdas pós-colheita de produtos agrícolas no Brasil. **Revista de Economia e sociologia Rural**, v. 53, n. 03, p. 395-408, 2015.

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2013. 78 f. Dissertação (Graduação em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.

DALA-PAULA, B. M.; GOZZI, W. P.; KRINGEL, D. H.; PELOSO, E. F.; CUSTÓDIO, F. B. **Química e Bioquímica de Alimentos**. Universidade Federal de Alfenas. 1. ed. UNIFAL-MG, 2021, 260 p.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; GOTO, R.; RODRIGUES, D. S.; VICENTINI, N. M.; CAMPOS, A. J. Qualidade de pimentões amarelos colhidos em dois estádios de maturação. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. Artmed Editora, 5 ed, 2019, 1104 p.

DANTAS, L. A. **Soluções computacionais analítico-numéricas aplicadas à simulação de secagem de produtos biológicos**. 2012. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

DARVISHI, H.; ASL, A. R.; AGHARI, A.; AZADBAKHT, M.; NAJAFI, G.; KHODAEI, J. Study of the drying kinetics of pepper. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, p. 130-138, 2014.

DERLAN, J. M.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; LEITE, A. L. M. P.; PASTRO, D. C. Análise da cinética de secagem de pimenta Cambuci em diferentes temperaturas e formas de processamento. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 97-107, 2013.

DHAKAL, S.; BALASUBRAMANIAM, V. M.; AYVAZ, H.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E. Kinetic modeling of ascorbic acid degradation of pineapple juice subjected to combined pressure-thermal treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 224, p. 62-70, 2018.

DOMÍNGUEZ-FERNANDEZ, M.; IRIGOYEN, A.; VARGAS-ALVAREZ, M. L. A.; LUDWIG, I. A.; PENA, M. P.; CID, C. Influence of culinary process on free and bound (poly) phenolic compounds and antioxidant capacity of artichokes. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 25, e100389, p. 1-8, 2021.

EMERY, K. J.; PARTHASARATHY, M. K.; JOYCE, D. S.; WEBSTER, M. A. Color perception and compensation in color deficiencies assessed with hue scaling. **Vision Research**, v. 183, p. 1-15, 2021.

FACCIM, A. G. **Modelagem da cinética de secagem de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) em leito de espuma e caracterização da farinha obtida**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2016.

FACUNDO, H. V. D. V.; GURAK, P. D.; MERCADANTE, A. Z.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana. **Food Chemistry**, v. 170, n. 102–109, 2015.

FARHOUDI, R.; MEHRNIA, M. A.; LEE, D. J. Antioxidant activities and bioactive compounds of five Jalopeno pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. **Natural Product Research**, p. 1-4, 2017.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. Artmed Editora, 4 ed, 2018, 944 p.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá**. 2010. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

FERNANDES, L. A. **Antioxidantes naturais para aplicação em alimentos**. 2019. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

FERREIRA, L. L.; OLIVEIRA, F. S.; ALMEIDA, A. E. S.; LIMA, R. K. B.; LOIOLA, A. T.; SANTOS, E. C.; PORTO, V. C. N. Caracterização físico-química de frutos de pimentão em diferentes acessos mercadológico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 1, p. 99-103, 2013.

FERREIRA, R. L. **Avaliação dos processos de secagem e de extração de compostos antioxidantes em farinha de resíduos de frutas e hortaliças**. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FERRI, M.; BIN, S.; VALLINI, V.; FAVA, F.; MICHELINI, E.; RODA, A.; MINNUCCI, G.; BUCCHI, G.; TASSONI, A. Recovery of polyphenols from red grape pomace and assessment of their antioxidant and anti-cholesterol activities. **New Biotechnology**, v. 33, n. 3, p. 338–344, 2016.

FLOEGEL, A.; KIM, D.-O.; CHUNG, S.-J.; KOO, S. I.; CHUN, O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 1043–1048, 2011.

FRANÇA, F. A. **Caracterização nutricional e avaliação do potencial antioxidante de farinhas obtidas de resíduos de frutas**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2014.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. Anthocyanins as food colors. London: Academic Press, 1982. p. 181-206.

GAO, H.; JIANG, H.; CUI, J.; YOU, C.; LI, Y. Review: The effects of hormones and environmental factors on anthocyanin biosynthesis in apple. **Journal Pre-proof**. p. 1-14, 2021.

GETAHUN, E.; GABBIYE, N.; DELELE, M. A.; FANTA, S. W.; GEBREHIWOT, M. G.; VANIERSCHOT, M. Effect of maturity on the moisture sorption isotherm of chili pepper (*Mareko Fana variety*). **Heliyon**, v. 6, e04608, p. 1-14, 2020.

GETAHUN, E.; DELELE, M. A.; GABBIYE, N.; FANTA, S. W.; VANIERSCHOT, M. Studying the drying characteristics and quality attributes of chili pepper at different maturity stages: Experimental and mechanistic model. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 26, e101052, p. 1-15, 2021.

GOMES, G. S. **Elaboração e caracterização de farinha do pimentão (*Capsicum annuum* L.) e uso como incremento em barras de cereais**. 2016. 72 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2016.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A.; Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014.

GONZÁLEZ-SAUCEDO, A.; BARRERA-NECHA, L. L.; VENTURA-AGUILAR, R. I.; CORREA-PACHECO, Z. N.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. Extension of the postharvest quality of bell pepper by applying nanostructured coatings of chitosan with *Byrsonima crassifolia extract* (L.) Kunth. **Postharvest Biology and Technology**, v. 149, p. 74-82, 2019.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

GUERRA, A. M. N. M.; FERREIRA, J. B. A.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. F.; MARACAJÁ, P. B.; COELHO, D. C.; ANDRADE, M. E. L. Perdas pós-colheita em tomate, pimentão e cebola no mercado varejista de Santarém - PA **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 3, p. 08-17, 2014.

GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; FERREIRA, J. B. A.; TAVARES, P. R. F.; VIEIRA, T. S.; MEDEIROS, A. C. Avaliação das principais causas de perdas pós-colheita de hortaliças comercializadas em Santarém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 34-40, 2017.

GUO, Y.; JAUREGI, P. Protective effect of β -lactoglobulin against heat induced loss of antioxidant activity of resveratrol. **Food Chemistry**, v. 266, p. 101-109, 2018.

GUTKOSKY, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 33, p. 169-174, 1961.

HOWARD, L. R.; TALCOTT, S. T.; BRENES, C. H.; VILLALON, B. Changes in Phytochemical and Antioxidant Activity of Selected Pepper Cultivars (*Capsicum Species*) As Influenced by Maturity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1713-1720, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4 ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020 p.

JAESCHKE, D. P.; MARCZAK, L. D. F.; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. **Food Chemistry**, v. 199, p. 128-134, 2016.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food Microbiology**. 7th Ed. New York, Springer, 2005.

JEREMIĆ, S.; RADENKOVIĆ, S.; FILIPOVIĆ, M.; ANTIĆ, M.; AMIĆ, A.; MARKOVIĆ, Z. Importance of hydrogen bonding and aromaticity indices in QSAR modeling of the antioxidative capacity of selected (poly) phenolic antioxidants. **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, v. 72, p. 240-245, 2017.

JOARDDER, M. U.; KUMAR, C.; KARIM, M. A. Food structure: Its formation and relationships with other properties. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 6, p. 1190-1205, 2017.

JORGE, A. **Desenvolvimento de metodologia baseada em dois estágios para a produção de tomate e pimentão amarelo em pó**. 2018. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

KHAN, M. I. H.; WELLARD, R. M.; NAGY, S. A.; JOARDDER, M. U. H.; KARIM, M. A. Investigation of bound and free water in plant-based food material using NMR T2 relaxometry. **Innovative food Science & emerging technologies**, v. 38, p. 252-261, 2016.

KIBAR, H.; TAS, A.; GÜNDOĞDU, M. Evaluation of biochemical changes and quality in peach fruit: Effect of putrescine treatments and storage. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 102, e104048, p. 1-10, 2021.

KIM, AH-NA.; LEE, KYO-YEON.; RAHMAN, M. S.; KIM, HYUN-JIN.; KERR, W. L.; CHOI, SUNG-GIL. Thermal treatment of apple puree under oxygen-free condition: Effect on phenolic compounds, ascorbic acid, antioxidant activities, color, and enzyme activities. **Food Bioscience**, v. 39 e100802, p. 1-7, 2021.

KLUGE, R. A.; GEERDINK, G. M.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; GUASSI, S. A. D.; ZORZETO, T. Q.; SASAKI, F. F. C.; MELLO, S. D. C. Qualidade de pimentões amarelos minimamente processados tratados com antioxidantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 801-812, 2014.

KORKMAZ, A.; ATASOY, A. F.; HAYALOĞLU, A. A. Changes in volatile compounds, sugars and organic acids of different spices of peppers (*Capsicum annuum* L.) during storage. **Food Chemistry**, v. 331, e125910, p. 1-12, 2020.

KUAI, L.; LIU, F.; CHIOU, B-S.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H.; ZHONG, F. Controlled release of antioxidants from active food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 120, e106992, p. 1-14, 2021.

KUREK, M. A.; SOKOLOVA, N. Optimization of bread quality with quinoa flour of different particle size and degree of wheat flour replacement. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 307-314, 2020.

LANARO, N. D.; BAJAY, L. G.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, L. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 27-35, 2011.

LANG, G. H. **Efeitos da temperatura de secagem e da modificação da atmosfera de armazenamento nos fitoquímicos, nas propriedades físico-químicas e de cocção de grãos de arroz preto**. 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEWIS, W. K. The rate of drying of solid materials. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 13, n. 5, p. 427-32, 1921.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.). *Methods in Enzymology*. London, v. 148, p. 350-352, 1987.

LOURENÇO, B. R. **Estudo experimental da operação de secagem em secador elétrico tipo cabine**. 2014. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2014.

LUFU, R.; AMBAW, A.; OPARA, U. L. The contribution of transpiration and respiration processes in the mass loss of pomegranate fruit (cv. Wonderful). **Postharvest Biology and Technology**, v. 157, e110982, p. 1-10, 2019.

LUFU, R.; AMBAW, A.; OPARA, U. L. Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109519. 2020.

MACHADO, A. R.; AQUINO, I. C.; TIECHER, A.; RIBEIRO, G.; RIBEIRO, P. F. R. Caracterização físico-química e antioxidante de diferentes variedades de pimentão. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 8, p. 83-92, 2017.

MACHADO, A. V.; SOUZA, J. A.; NOVAES, R. S. Estudo cinético da secagem da uva Isabel para produção de uva passa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 47-51, 2015.

MARAFON, A. A.; ALMEIDA, J. C.; SIQUEIRA, A. P. S. Vida Útil de Pimentão Verde Minimamente Processado e Armazenado em Diferentes Temperaturas. **Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana**, n. 13, p. 32-37, 2021.

MARÍN, A.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Davis, v. 52, n. 12, p. 3861-3869, 2004.

MARTINEZ, L. P. G. TAVARES, S. A. CARVALHO, F. I. R.; BORGES, P. R. S.; SOARES, R. G. **Boas práticas agrícolas: na produção de pimentão**. Emater-DF, Brasília, 2016. 39 p.

MARTINS, R. DE C.; BERNARDI, F.; DANGUI KREVE, Y.; NICOLINI, K. P.; NICOLINI, J. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio (Parte I). **Educación Química**, v. 28, n. 4, p. 246-253, 2017.

MARTINS, T. S. **Produção de coproduto de araçá (*Psidium cattleianum*): características da farinha e sua aplicação como novo ingrediente na indústria de panificação**. 2019. 87 f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, 2019.

MASHIANE, P.; MASHITOA, F. M.; SLABBERT, R. M.; SIVAKUMAR, D. Impact of household cooking techniques on colour, antioxidant and sensory properties of African pumpkin and pumpkin leaves. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, e100307, p. 1-7, 2021.

MATOS, F. A. P.; BANCI, C. N.; GONTIJO G. M.; DIAS, G. M. **Saiba como cultivar hortaliças para colher bons negócios**. Sebrae, Brasília, 2012.

MATOS, J. D. P. **Alterações na composição fitoquímica e microbiológica em formatos de cebola amarela IPA-11 minimamente processada**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

MATOS, J. D. P.; SILVA, S. N.; SILVA, L. P. F. R.; COSTA, Z. R. T.; GOMES, J. P. Aproveitamento integral de cascas de frutas para produção de farinha. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Maceió/AL, 2018.

MAZZEO, T.; PACIULLI, M.; CHIAVARO, E.; VISCONTI, A.; FOGLIANO, V.; GANINO, T.; PELLEGRINI, N. Impact of the industrial freezing process on selected vegetables-Part II. Colour and bioactive compounds. **Food Research International**, v. 75, p. 89-97, 2015.

MAZZUZ, C. F. **Calidad de Frutos Citricos. Manual para su Gestión desde la Recolección hasta la Expedición**. Reus. Ed. Horticultura, 1996.

MEDINA-JUÁREZ, L. A.; MOLINA-QUIJADA, D. M. A.; TORO-SÁNCHEZ, C. L. D.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GÁMEZ-MEZA, N. Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. **Interciencia**, v. 37, n. 8, p. 588-593, 2012.

MEIRA, N. A. N.; PEREIRA, N. P.; MACIEL, L. F.; OLIVEIRA, D. D.; NASCIMENTO, I. S.; SILVA, R. A. Flavonoides e antocianinas em myrciaria cauliflora (jaboticaba) visando à aplicabilidade cosmética. **Visão Acadêmica**, v. 17, n. 3, p. 50-65, 2016.

MELO, J. C. S.; PEREIRA, E. D.; OLIVEIRA, K. P.; COSTA, C. H. C.; FEITOSA, R. M. Estudo da cinética de secagem da pimenta de cheiro em diferentes temperaturas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 09-14, 2015.

MENEZES FILHO, A. C. P.; SILVA, M. A.; PEREIRA, A. V.; FILHO, J. G. O.; CASTRO, C. F. S. Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). **Multi-Science Journal**, v. 2, n. 1, 93-100, 2019.

- MEWA, E. A.; OKOTH, M. W.; KUNYANGA, C. N.; RUGIRI, M. N. Experimental evaluation of beef drying kinetics in a solar tunnel dryer. **Renewable energy**, v. 139, p. 235-241, 2019.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- MINOLTA. Precise color communication - color control from perception to instrumentation. **Japan: Minolta Co., Ltd.**, p. 59, 1998.
- MONTEIRO, S. S.; RIBEIRO, S. R.; SOQUETTA, M. B.; PIRES, F. J.; WAGNER, R.; ROSA, C. S. Evaluation of the chemical, sensory and volatile composition of sapota-do-Solimões pulp at different ripening stages. **Food Research International**, v. 109, p. 159-167, 2018.
- MORAES, L. P.; PAZ, M. F.; ARGANDOÑA, E. J. S.; SILVA, L. R.; ZAGO, T. O. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Fermented “Dedo-de moça” Pepper Sauce. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n. 2, p. 33-38, 2012.
- MORCELLI, A.; CASSEL, E.; VARGAS, R.; ROSANE RECH, R.; MARCÍLIO, N. Supercritical fluid (CO₂+ethanol) extraction of chlorophylls and carotenoids from *Chlorella sorokiniana*: COSMO-SAC assisted prediction of properties and experimental approach. **Journal of CO₂ Utilization**, v. 51 e101649, p. 1-15, 2021.
- MORESCO, K. S. **Potencial antioxidante, efeito do processo de secagem e extração de compostos bioativos de pimentas *Capsicum***. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- MOSCON, E. S. **Cinética de secagem e propriedades físicas de quinoa e amaranto e qualidade de sementes de quinoa**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- NASCIMENTO, A. M. **Características físicas, químicas e bioquímicas do pimentão verde in natura e desidratado**. 2015. 59 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.
- NASCIMENTO, A. M. **Processamento e qualidade de diferentes formulações de extratos de pimentão**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.
- NASCIMENTO, A. M.; COSTA, F. B.; SILVA, J. L.; ARAÚJO, C. R.; FORMIGA, A. F. Compostos bioativos do pimentão verde *in natura* e desidratado. **Revista Verde de Agroecologia de Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 552-555, 2017.

NASCIMENTO, A. M.; COSTA, F. B.; SILVA, J. L.; SANTOS, K. P.; GADELHA, T. M. Composição centesimal e teores de açúcares da farinha de pimentão verde. **Revista Verde de Agroecologia de Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 4, p. 568-581, 2018.

NAVARRO, J.; FLORES, P.; GARRIDO, C.; MARTINEZ, V. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. **Food Chemistry**, London, v. 96, n. 1, p. 66-73, 2006.

NOGUEIRA, L. **Composição química e atividade antioxidante de diferentes variedades de pimento (*Capsicum annum* L.)**. 3013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2013.

NUNES, J. S.; BACCAR, N. M.; ENGEL, B.; RUBERT, A.; CARAL, G.; ROHLFES, A. L. B. **Avaliação do teor de vitamina C por clae no processamento de farinha de vegetais não conformes por desidratação e spray dryer**. In: Anais X Salão de ensino e de extensão. XXV Seminário de iniciação científica, 2017.

OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. P.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 314-321, 2015.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Efeitos da secagem na coloração dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 364-370, 2016.

OLIVEIRA, A. **Efeito da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas de grãos de feijão Caupi**. 2017. 42 f. Monografia (Graduação em Engenheiro Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Campus SINOP, 2017.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. Indiana: Purdue University, 1949. M. Sc. Thesis.

PANYOYAI, N.; BANNIKOVA, A.; SMALL, D. M.; KASAPIS, S. Diffusion kinetics of ascorbic acid in a glassy matrix of high-methoxy pectin with polydextrose. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 293-302, 2016.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: **A Review**. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p. 36-60, 2012.

PERTIWI, S. R.; NURHALIMAH, S.; AMINULLAH, A. Optimization on process of ripe canistel (*Pouteria campechiana*) fruit flour based on several quality characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2019056, p. 1-8, 2020.

PESSOA, T.; GALDINO, P. O.; GURJÃO, G. C.; GURJÃO, F. F.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Secagem convectiva de grãos de sorgo em camada fina por secador de leito fixo. **Revista Verde**, v. 6, n. 1, p. 247-255, 2011.

PETITO, N. P.; DIAS, D. S.; COSTA, V. G.; FALCÃO, D. Q.; ARAUJO, K. G. L. Increasing solubility of red bell pepper carotenoids by complexation with 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin. **Food Chemistry**, v. 208, p. 124-131, 2016.

PIRES, F. C. S.; MARTINS, M. G.; MORAES, J. F. C.; BORGES, W. R. F.; PENA, R. S. Obtenção, caracterização e utilização de farinha de banana nanicao (*Musa sp.*) semimadura na produção de um produto de base láctea. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 19, n. 1, p. 61-72, 2017.

PRASAD, K.; JACOB, S.; SIDDIQUI, M. W. Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality. In: SIDDIQUI, M. W. **Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality**. India: Elsevier, 2018, p. 41-69.

PRECIADO-RANGEL, P.; ANDRADE-SIFUENTES, A.; SÁNCHEZ-CHÁVEZ, E.; SALAS-PÉREZ, L.; FORTIS-HERNANDEZ, M.; RUEDA-PUENTE, E. O.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L. Potassium influence the nutraceutical and antioxidant content of serrano hot pepper (*Capsicum annum L.*). **Agrociencia**, v. 53, p. 581-591, 2019.

PRESTES, A. A. **Avaliação do escurecimento enzimático em maçãs híbridas: potencial tecnológico e atividade antioxidante**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

QUIJADA, D. M. A. M. **Contenido de compuestos fitoquímicos y su relación con la capacidad antioxidante de extractos de pimientos (*Capsicum annum L.*) cultivados en el noroeste de México**. 2009. Tese (Doctorado en Biociencias) -Universidad de Sonora, 2009.

RAMALHO, W. J. C. R. **Análise da cinética de secagem da batata-doce (*Pomea batatas L.*) por diferentes técnicas de secagem**. 2018. 89 f. Monografia (Graduação em de Engenharia de Materiais) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta *Cumari* do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 347-353, 2011.

REIS, G. D.; PIRES, C. V. Análises físico-químicas de alimentos: uma proposta para a complementação da formação do estudante técnico em química do município de Sete Lagoas -MG. **Revista Triângulo**, v. 7, n. 1, p. 5-16, 2014.

REIS, D. R.; SANTOS, P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G. Influência das características do ar na cinética de secagem de pimenta variedade bico. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 18, n. 2, p. 146-154, 2015.

REIS, D. S.; NETO, A. F.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2015083, p. 1-7, 2017.

REIS, E. C. **Avaliação da atividade antioxidante dos extratos etanólicos dos frutos de *Eugenia moraviana* e *Eugenia blastantha***. 2016. 53 f. Monografia (Graduação de Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1 p. 17-28, 2008.

RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de Pigmentos de Pimentões por Cromatografia em Papel. **Química Nova na Escola**, v. 29, p. 34-37, 2008.

RIBEIRO, W. S.; ALMEIDA, E. I. B.; COSTA, L. C.; CARNEIRO, G. G.; BARBOSA, J. A. Perdas pós-colheita de Pimentão (*Capsicum annuum*) no mercado atacadista da EMPASA-CG. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 5, n. 1, p. 53-56, 2011.

RIBEIRO, M. F. **Desidratação de berinjela em diferentes temperaturas**. 2016. 30 f. Monografia (Graduação em Engenheiro Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, SINOP, 2016.

RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; RIBEIRO, M. O.; AMARAL, A. G. Características físico-químicas e nutricionais de pimentão produzido em campo e hidroponia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 558-563, 2008.

ROCHÍN-WONG, C. S.; GÁMEZ-MEZA, N.; MONTOYA-BALLESTEROS, L. C.; MEDINA-JUÁREZ, L. A. Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 12, n. 2, p. 227-239, 2013.

RODOVALHO, R. S.; SILVA, H. W.; SILVA, I. L.; ROSSETTO, C. A. V. Cinética de secagem dos grãos de pimenta bode. **Global. Science Technology**, v. 08, n. 02, p. 128-142, 2015.

ROHLOFF, P.; DOCAMPO, R. A contractile vacuole complex is involved in osmoregulation in *Trypanosoma cruzi*. **Experimental Parasitology**, v. 118, n. 1, p. 17-24, 2008.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{•+}, **comunicado técnico 128**, 4p. 2007.

SALGAÇO, M. **Avaliação de compostos fenólicos em pimentas *Capsicum* spp. em função de processos térmicos**. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, São Paulo, 2019.

SAMPAIO, J. S.; ARRUDA N. A.; SILVA, G. Determinação das densidades de sólidos e de polpa. Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios: **Práticas Laboratoriais**, 2007.

SAMPAIO, P. H. O.; PEREIRA, M. S.; DIAS, C. S.; RODRIGUES, L. M.; JACQUES, A. C.; CREXI, V. T. Caracterização físico-química e compostos bioativos de pimentas (*Capsicum baccatum* var. pendulum). **In: Simpósio de Segurança Alimentar**, n. 7, p. 1-6, 2020.

SANTOS, J. C.; SILVA G. F.; SANTOS. J. A. P.; JÚNIOR A. M. O. **Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde**. Exacta, São Paulo, SP, v. 8, n. 2, p. 219-224, 2010.

SANTOS, J. A. B.; SILVA, G. F.; PAGANI, A. A. C. Estudo da cinética de secagem da pimenta malagueta (*Capsicum* spp) cultivada no estado de Sergipe. **Revista Gestão Inovação e Tecnologia: GEINTEC**, v. 2, n. 5, p. 465-471, 2012.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N.; ROCHA, A. P. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 1875-1887, 2015.

SANTOS, E. N.; BEZERRA, E. A.; SILVA, L. M. A.; CAVALCANTE, M. T. Elaboração e caracterização da farinha do fruto da castanhola (*Terminalia catappa* Linn). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 362-365, 2017.

SANTOS, A. S. **Características agrônômicas, físico-químicas e sensoriais de linhagens de pimenta biquinho cultivadas em sistema orgânico**. 2018. 66 f. Dissertação. (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018.

SANTOS, C. M.; ROCHA, D. A.; MADEIRA, R. A.; QUEIROZ, E. R.; MENDONÇA, M. M.; PEREIRA, J.; ABREU, C. M. P. Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017120, p. 1-9, 2018.

SANTOS, D. C.; LEITE, D. D. F.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; SANTOS, F. S.; LIMA, T. L. B.; FIGUEIREDO, R. M. F.; COSTA, T. N. Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de fatias de acuri. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2018031, p. 1-12, 2019.

SANTOS, S. F.; CARDOSO, R. C. V.; BORGES, Í. M. P.; ALMEIDA, A. C.; ANDRADE, E. S.; FERREIRA, I. O.; RAMOS, L. C. Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. **Waste Management**, v. 101, p. 161-170, 2020.

SÁTIRO, L. S.; COSTA, F. B.; NASCIMENTO, A. M.; SANTIAGO, M. M.; SILVA, J. L.; GALVÃO, T. H. B. G. **Determinação da qualidade da farinha elaborada dos resíduos de pimentões**. In: Anais do IV Encontro Nacional da Agroindústria, 2018. Anais eletrônicos... Bananeiras, Galoá, 2018.

SCALON, S. P. Q.; OSHIRO, A. M.; DRESCH, D. M. Conservação pós-colheita de guavira (*Campomanesia adamantium Camb.*) sob diferentes revestimentos e temperaturas de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1022-1029, 2012.

SCHIFFERSTEIN, H. N. J.; WEHRLE, T.; CARBON, C. C. Consumer expectations for vegetables with typical and atypical colors: The case of carrots. **Food Quality and Preference**, v. 72, p. 98-108, 2019.

SHARMA, R.; JOSHI, V. K.; KAUSHAL, M. Effect of pre-treatments and drying methods on quality attributes of sweet bell-pepper (*Capsicum annuum*) powder. **J Food Sci Technol**, v. 52, n. 6, p. 3433- 3439, 2015.

SHARMA, S.; KATOCHA, V.; KUMAR, S.; CHATTERJEE, S. Functional relationship of vegetable colors and bioactive compounds: Implications in human. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 92, e108615, p. 1-26, 2021.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; DANTAS, H. J.; LIMA, E. E.; Desidratação e efeito de pré-tratamentos no extrato seco do pimentão verde. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 27-34, 2008.

SILVA, T. S. **Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; MOREIRA, M. E. R.; MATA, C.; DUARTE, M. E. M. Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 310-318, 2014.

SILVA, E. S.; OLIVEIRA, J.; MACHADO, A. V.; COSTA, R. O. Secagem de Grãos e Frutas: Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. v. 5, n. 1, p. 19-23, 2015.

SILVA, H. W.; RODOVALHO, R. S.; VELASCO, M. F.; SILVA, C. F.; VALE, L. S. R. Kinetics and thermodynamic properties related to the drying of 'Cabacinha' pepper fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20, n. 2, p. 174-180, 2016.

SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, T. G.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; COSTA, H. S. ***Capsicum annuum L.: Atividade biológica de duas variedades***, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, IP, 2017.

SILVA, S. C. **Levantamento sobre tipos de perdas em frutas, legumes e hortaliças em feiras-livres no município de Londrina – PR.** 2018. 39 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

SILVA JÚNIOR, J. C. **Casca de Gogoia (*Tacinga inamoena*): fonte de corantes naturais.** 2018. 61 f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil. 2018.

SILVA, V. M. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; RIBEIRO, V. H. A.; MELO, M. O. P. Caracterização físico-química de pimentões verde e amarelo. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 7, e7096, p. 1-4, 2019.

SILVA, H. A. **Potencial nutricional e tecnológico de amêndoa de juá.** 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal De Campina Grande, Campina Grande, 2019.

SILVA, M. L. T.; BRINQUES, G. B.; GURAK, P. D. Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. 1-13 2020.

SOTO, M.; DHUIQUE-MAYER, C.; SERVENT, A.; JIMÉNEZ, N.; VAILLANT, F.; ACHIR, N. A kinetic study of carotenoid degradation during storage of papaya chips obtained by vacuum frying with saturated and unsaturated oils. **Food Research International**, v. 128, e108737, p. 1-11, 2020.

SOUSA, B. A. A. **Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semisólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comusus* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.).** 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

SOUSA, F. C.; MARTINS, J. J. A.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; PESSOA, T.; MARTINS, J. N. Predição de modelos sobre a cinética de secagem de folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 195-200, 2015.

SOUSA, A. N. S. **Perdas pós-colheita de hortaliças no mercado varejista de chapadinha, Maranhão, Brasil.** 2017. 21 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Maranhão, chapadinha, 2017.

SOUSA, E. L.; SILVA, D. S.; DE SOUSA, A. M. B.; ALVES, R. A.; ABREU, V. K. G.; PEREIRA, A. L. F. Estudo do processo de secagem convectiva do pimentão verde (*Capsicum annuum* L.). **Revista Desafios**, v. 7, n. Especial, p. 34-41, 2020.

SOUZA, M. T.; LIMA, J. T.; ASSIS, C. L.; SOARES, B. C.; LIMA, L. C.; MOREIRA, S. I. Distribuição espacial da lignina na parede celular da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 121, p. 125-130, 2019.

SOUZA, D. G.; OSVALDO RESENDE, PILON, L.; CABRAL, J. C. O.; RESENDE, L. F. L. Caracterização físico-química e tecnológica de farinha de batata-doce biofortificada seca em diferentes temperaturas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e63391110386, 2020.

SPADONI, T. B. **Alocação de fotoassimilados em tomateiro marcados com isótopos estáveis**. 2018. 84 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu, 2018.

SRIDHAR, K.; CHARLES, A. L. In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH[•] and ABTS[•] assays: Estimation methods for EC₅₀ using advanced statistical programs. **Food Chemistry**, v. 275, p. 41-49, 2019.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, T.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed, Artmed Editora, 2017, 888 p.

TAN, D. L. S.; MIYAMOTO, K.; ISHIBASHI, K.; MATSUDA, K.; SATOW, T. Thin-layer drying of sweet potato chips and pressed grates. **Transactions of the ASAE**, v. 44, n. 3, p. 669-674, 2001.

TIONG, I. K. R.; NAGAPPAN, T.; ABDUL WAHID, M. E.; TENGKU MUHAMMAD, T. S.; TATSUKI, T.; SATYANTINI, W. H.; MAHASRI, G.; SORGELOOS, P.; SUNG, Y. Y. Antioxidant capacity of five microalgae species and their effect on heat shock protein 70 expression in the brine shrimp *Artemia*. **Aquaculture Reports**, v. 18, e100433, p. 1-8, 2020.

TOME, A. C.; AUGUSTINHA, B. F. Teor de vitamina C em farinha da casca, polpa e semente de mamão (*Carica papaya*) submetidas a diferentes temperaturas de secagem. **Uniciências**, v. 22, n. especial, p. 43-46, 2018.

VIEIRA, A. S. **Secagem de resíduo de goiaba em secador convectivo de bandejas: Modelagem matemática e análise de processo**. 2014. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

VIEIRA, N. M.; DIONISIO, A. P.; GOES, T. D. S.; ARAÚJO, I. M. D. S.; FIGUEIREDO, R. W. Otimização do tratamento ácido do yacon para inativação das polifenoloxidasas com manutenção de suas propriedades funcionais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2016063, p. 1-7, 2018.

VITORINO, R. B. **Modelagem e simulação matemática do processo de secagem de milho**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009.

WANG, R.; WANG, Y.; GUO, W.; ZENG, M. Stability and bioactivity of carotenoids from *Synechococcus* sp. PCC 7002 in Zein/NaCas/Gum Arabic composite nanoparticles fabricated by pH adjustment and heat treatment antisolvent precipitation. **Food Hydrocolloids**, v. 117, e 106663, p. 1-11, 2021.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

WEI, F.; FU, M.; LI, J.; YANG, X.; CHEN, Q.; TIAN, S. Chlorine dioxide delays the reddening of postharvest green peppers by affecting the chlorophyll degradation and carotenoid synthesis pathways. **Postharvest Biology and Technology**, v. 156, e110939, p. 1-8, 2019.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-51, 1954.

ZHOU, H.; YU, Z.; YE, Z. Key proteins associated to coloured compounds of peach peel using iTRAQ proteomic techniques during development and postharvest. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 123-132, 2018.

APÊNDICE

Tabelas das médias da análise de variância de pimentões *in natura* e das farinhas dos resíduos de pimentões, referindo-se as características físicas-químicas, aos compostos bioativos e a capacidade antioxidante.

Apêndice A. Efeito da variância das características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante dos pimentões *in natura*.

Características	F	P	³CV (%)	⁴DMS (%)
Luminosidade	161,31**	<0,0001	2,97	1,8313
Coordenada a*	3578,71**	<0,0001	5,49	0,7464
Coordenada b*	324,28**	<0,0001	5,48	2,5619
Cromaticidade	611,01**	<0,0001	2,97	1,5107
Ângulo Hue	989,61**	<0,0001	2,81	3,5755
Índice de escurecimento	130,27**	<0,0001	13,13	18,4203
Índice de cor	7915,82**	<0,0001	4,69	0,8063
Atividade de água	1,00 ns	0,3966	0,25	0,0044
Densidade aparente	0,54 ns	0,5971	1,84	0,0314
Solubilidade	4,37*	0,0376	0,26	0,4367
Umidade	96,19**	<0,0001	0,37	0,5997
Cinzas	23671,00**	<0,0001	0,37	0,0436
Sólidos solúveis	23671,00**	<0,0001	0,37	0,0436
pH	282,25**	<0,0001	1,05	0,0871
Íons H ⁺	379,23**	<0,0001	7,11	1,8683
Acidez titulável	91,00**	<0,0001	7,90	0,0436
Ratio	52,40**	<0,0001	4,36	1,6985
Açúcares solúveis	3076,10**	<0,0001	1,49	0,1412
Açúcares redutores	14196,70**	<0,0001	1,20	0,0589
Açúcares não redutores	684,24**	<0,0001	3,36	0,1540
Clorofila total	2250,50**	<0,0001	5,32	0,0123
Carotenoides	396,78**	<0,0001	5,27	0,0270
Ácido ascórbico	7190,12**	<0,0001	0,98	1,7141
Compostos fenólicos	42,18**	<0,0001	6,17	30,0269
Flavonoides	69,42**	<0,0001	5,54	0,4861
Antocianinas	1209,95**	<0,0001	8,15	0,1899
¹ C.A (μM trolox g ⁻¹)	3,17 ns	0,0786	0,49	0,1067
^{1°} ² C.A (% inibição DPPH)	21,25**	0,0001	13,33	6,5760
^{2°} C.A (% inibição DPPH)	51,36**	<0,0001	8,73	7,3108
^{3°} C.A (% inibição DPPH)	92,49**	<0,0001	2,00	2,5658

¹Inibição do radical ABTS⁺. ²DPPH: 1° extrato 200 μL, 2° extrato 300 μL e 3° extrato 500 μL. ³CV: Coeficiente de variação. ⁴DMS: Diferença mínima significativa. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). ^{NS} não significativo (p≥0,05).

Apêndice B. Efeito da variância das características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos de pimentões.

Características	F	P	³CV (%)	⁴DMS (%)
Luminosidade	16,72**	0,0003	1,28	0,7627
Coordenada a*	5,40*	0,0213	2,33	0,3018
Coordenada b*	0,71ns	0,5114	1,94	0,9867
Cromaticidade	3,34ns	0,0703	1,50	0,7860
Ângulo Hue	0,70 ns	0,5140	0,55	0,7139
Índice de escurecimento	3,02 ns	0,0868	4,50	7,7509
Índice de cor	6,38*	0,0129	3,58	0,4400
Atividade de água	16,00**	0,0004	2,51	0,0131
Densidade aparente	0,22 ns	0,8040	2,43	0,0185
Solubilidade	28,07**	<0,0001	0,33	0,5345
Umidade	17,39**	0,0003	3,42	0,8080
Cinzas	2,65 ns	0,1110	8,93	0,7671
Sólidos solúveis	1,67 ns	0,2298	1,00	0,8437
pH	0,90 ns	0,4305	2,55	0,1996
Íons H ⁺	0,27 ns	0,7691	24,94	10,0605
Acidez titulável	237,25**	<0,0001	1,09	0,0871
Ratio	181,09**	<0,0001	1,28	0,2326
Açúcares solúveis	35,94**	<0,0001	3,13	1,2399
Açúcares redutores	1057,73**	<0,0001	0,58	0,1078
Açúcares não redutores	9,08**	0,0040	6,15	1,3117
Clorofila total	3,07 ns	0,0840	13,42	5,7224
Carotenoides	5,18*	0,0239	12,5	0,1445
Ácido ascórbico	5481,78**	<0,0001	0,77	0,9693
Compostos fenólicos	351,87**	<0,0001	0,85	2,7351
Flavonoides	8,07**	0,0060	6,68	22,7639
Antocianinas	0,47 ns	0,6360	11,56	7,6171
¹ C.A (µM trolox g ⁻¹)	9,75**	0,0031	0,59	0,0871
1° ² C.A (% inibição DPPH)	61,56**	0,0001	4,88	3,7259
2° C.A (% inibição DPPH)	153,14**	<0,0001	2,87	3,0569
3° C.A (% inibição DPPH)	274,08**	<0,0001	1,61	2,1305

¹Inibição do radical ABTS^{•+}. ²DPPH: 1° extrato 200 µL, 2° extrato 300 µL e 3° extrato 500 µL. ³CV: Coeficiente de variação. ⁴DMS: Diferença mínima significativa. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). ^{NS} não significativo (p≥0,05).

“Tudo posso naquele que me fortalece”

Filipenses 4:13