

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
(CEFET-MG)**

Vitória Daniele de Souza Mendes

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS
DO AÇAFRÃO-DA-TERRA (*Curcuma Longa* L.) DESIDRATADO: COMPARAÇÃO
ENTRE MÉTODO DE SECAGEM EM PROTÓTIPO DE INFRAVERMELHO E EM
ESTUFA COM AS AMOSTRAS COMERCIAIS**

**Belo Horizonte (MG)
2024**

Vitória Daniele de Souza Mendes

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO AÇAFRÃO-DA-TERRA (*Curcuma Longa* L.) DESIDRATADO: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO DE SECAGEM EM PROTÓTIPO DE INFRAVERMELHO E EM ESTUFA COM AS AMOSTRAS COMERCIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Graduação em Química Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica.

Orientador: Prof^a. Dra. Fátima de Cássia Oliveira Gomes.

Coorientador: Prof. Dr. Cleverson Fernando Garcia.

**Belo Horizonte (MG)
2024**

Vitória Daniele de Souza Mendes

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO AÇAFRÃO-DA-TERRA (*Curcuma Longa* L.) DESIDRATADO: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO DE SECAGEM EM PROTÓTIPO DE INFRAVERMELHO E EM ESTUFA COM AS AMOSTRAS COMERCIAIS

**Trabalho de conclusão de curso do Bacharelado
em Química Tecnológica
CEFET-MG**

Belo Horizonte, 04 de setembro de 2024

**Prof^a. Dra. Fátima de Cássia Oliveira Gomes
(Orientador - CEFET-MG)**

**Prof. Dr Cleverson Fernando Garcia
(Coorientador - CEFET-MG)**

**Prof. Dra. Adriana Akemi Okuma
(Avaliadora - CEFET-MG)**

**Prof. Dra. Fabiana da Conceição Pereira Tiago
(Avaliadora - CEFET-MG)**

``Seja forte e corajoso! Não se apavore
nem desanime pois, o Senhor, o seu
Deus, estará com você por onde andar.``

Josué 1:9

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar discernimento, inteligência, determinação e sabedoria, para conseguir concluir mais um desafio da minha vida. Por ser meu alicerce e me sustentar, até mesmo nos momentos em que me senti desamparada.

Aos meus queridos pais, Leocir e Márcio, que nunca mediram esforços para investir em meus estudos e me deram a oportunidade de ter uma boa educação e formação pessoal. Sou eternamente grata por todos os aprendizados, por todo apoio e todo investimento realizado, para que hoje, eu possa desfrutar de um ensino renomado e de qualidade.

Ao meu namorado, Caíque, que sempre me ouviu, me aconselhou, me apoio em todas as escolhas e fases da minha formação no CEFET-MG. É incrível saber que tenho ao meu lado pessoas maravilhosas que sempre estão dispostas a apoiar minhas escolhas e me dar a mão para traçar o melhor caminho, mesmo quando tenho medo.

A minha orientadora, professora Fátima Gomes, e ao meu coorientador, Cleverton Garcia, que sempre deram seu melhor, me instruindo, ensinando e passando as coordenadas necessárias para que eu conseguisse planejar e executar meu TCC de forma leve e tranquila. Sempre me lembrarei de todo apoio e carinho que tiveram comigo, não apenas neste desafio, mas em todas as outras etapas da minha jornada.

Aos demais professores e amigos do CEFET-MG, em especial as minhas amigas Larissa, Anna, Erci, Caroliny, Clara e Maria, por compartilharem conhecimentos e histórias tão importantes. Tenho certeza que todas ficarão marcadas na memória.

RESUMO

MENDES, V. D. S.; GOMES, F. C. O.; GARCIA, C. F. Análise das características físico-químicas e microbiológicas do açafrão-da-terra (*Curcuma Longa* L.) desidratado: comparação entre método de secagem em protótipo de infravermelho e em estufa com as amostras comerciais.

A cúrcuma, popularmente conhecida no Brasil como açafrão-da-terra, é um condimento que se destaca, não apenas em função das suas propriedades medicinais, mas também em virtude de seu sabor e cor característica, o que faz com que este condimento seja caracterizado como um ingrediente fundamental, principalmente na culinária indiana, além de ser utilizado na medicina e, até mesmo, como corante natural. Observando-se a produção e consumo do açafrão-da-terra, bem como a preocupação crescente da sociedade para o consumo de alimentos mais saudáveis e de qualidade, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química e microbiológica do açafrão-da-terra, submetido a diferentes métodos de secagem, e comparar com os valores encontrados para as amostras comerciais. Para isso, realizou-se primeiramente a desidratação dos rizomas *in natura* em estufa e em protótipo de secador infravermelho, a uma temperatura de 50 °C. Após a obtenção dos rizomas desidratados, eles foram moídos para obtenção do tempero em pó. Por fim, de posse dos rizomas *in natura*, previamente secos, e das amostras comerciais, realizou-se as análises físico-químicas dos temperos, a partir da determinação do teor de umidade e do teor de cinzas presentes nas amostras. Além disso, também foram realizadas análises instrumentais, utilizando-se as técnicas de Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e Espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis), e análises microbiológicas, investigando-se a presença de microrganismos mesófilos, *Salmonella* sp., coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. A partir dos dados obtidos, avaliou-se a eficiência dos métodos de secagem realizados, por meio da comparação dos resultados obtidos com a qualidade higiênico sanitária das amostras. Os resultados encontrados mostraram que a secagem por infravermelho se torna promissora, haja visto que promoveu a otimização do processo de secagem, a manutenção dos compostos bioativos do açafrão-da-terra, e uma redução da carga microbiana. Além disso, também foi possível notar que a maioria das amostras de açafrão-da-terra estão de acordo com a legislação vigente, com exceção da amostra 5, que apresentou resultado positivo para *Salmonella* sp., o que indica condições higiênico-sanitárias insatisfatórias e possíveis falhas durante o processamento.

Palavras-chave: Avaliação da qualidade. Controle higiênico-sanitário. Condimentos.

ABSTRACT

MENDES, V. D. S.; GOMES, F. C. O.; GARCIA, C. F. Analysis of the physical-chemical and microbiological characteristics of dehydrated turmeric (*Curcuma Longa* L.): comparison between the infrared prototype and oven drying method with commercial samples.

Turmeric, popularly known in Brazil as saffron, is a condiment that stands out not only because of its medicinal properties, but also because of its flavor and characteristic color, which makes this condiment characterized as a fundamental ingredient, especially in Indian cuisine, in addition to being used in medicine and even as a natural dye. Observing the production and consumption of turmeric, as well as the growing concern of society for the consumption of healthier and quality foods, the present study aimed to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of turmeric, subjected to different drying methods, and compare it with the values found for commercial samples. For this, the fresh rhizomes were first dehydrated in an oven and in a prototype infrared dryer, at a temperature of 50 °C. After obtaining the dehydrated rhizomes, they were ground to obtain the powdered seasoning. Finally, with the previously dried rhizomes and commercial samples in hand, the physicochemical analyses of the spices were performed, based on the determination of the moisture content and ash content present in the samples. In addition, instrumental analyses were also performed, using the Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis) techniques, and microbiological analyses, investigating the presence of mesophilic microorganisms, *Salmonella* sp., thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*. Based on the data obtained, the efficiency of the drying methods performed was evaluated by comparing the results obtained with the hygienic and sanitary quality of the samples. The results found showed that infrared drying is promising, since it promoted the optimization of the drying process, the maintenance of the bioactive compounds of turmeric, and a reduction in the microbial load. Furthermore, it was also possible to note that most of the turmeric samples were in accordance with current legislation, with the exception of sample 5, which tested positive for *Salmonella* sp., indicating unsatisfactory hygienic-sanitary conditions and possible failures during processing.

Keywords: Quality assessment. Hygienic-sanitary control. Condiments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantação e colheita do Açafrão verdadeiro.	16
Figura 2 - Tempero de açafrão-da-terra (<i>Curcuma Longa L.</i>).	17
Figura 3 - Cultivo e colheita do açafrão-da-terra.	18
Figura 4 - Ação biológica da curcumina.	19
Figura 5 - Estrutura química dos principais curcuminóides presentes no açafrão-da-terra.	20
Figura 6 - Esquema do protótipo utilizado para secagem do açafrão-da-terra.	25
Figura 7 - Estufa de secagem com circulação de ar.	26
Figura 8 - Amostras de açafrão-da-terra (<i>Curcuma Longa L.</i>) <i>in natura</i>	31
Figura 9 - Protótipo de secador com fonte de irradiação de infravermelho.	32
Figura 10 - Estufa com circulação de ar utilizada.	33
Figura 11 - Desidratação do açafrão-da-terra por diferentes métodos de secagem.	38
Figura 12 - Espectro de IV do açafrão-da-terra das amostras frescas e comerciais.	43
Figura 13 - Espectro de UV-Vis das amostras frescas e comerciais de açafrão-da-terra.	45
Figura 14 - Análise física das amostras de açafrão-da-terra.	46
Figura 15 - Resultados obtidos para pesquisa de <i>Salmonella sp.</i>	49
Figura 16 - Resultados obtidos para pesquisa de microrganismos mesófilos.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal do açafrão-da-terra (<i>Curcuma Longa</i> L.).	22
Tabela 2 - Identificação das amostras comerciais de açafrão-da-terra.	30
Tabela 3 - Teor de umidade do açafrão-da-terra fresco após desidratação.	38
Tabela 4 - Valores de cinzas sulfatadas encontrados.	41
Tabela 5 - Bandas características, em cm^{-1} , no espectro de infravermelho para o açafrão-da-terra em pó.	44
Tabela 6 - Resultados das análises microbiológicas das amostras de açafrão-da-terra.	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Padrões microbiológicos para o tempero desidratado de açafreão-da-terra.29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curvas de secagem do açafão-da-terra estufa e infravermelho.	37
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
GC	<i>Gas Chromatography</i>
HPLC	<i>High Performance Liquid Chromatography</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IV	Infravermelho
OMS	Organização Mundial da Saúde
UV-VIS	Ultravioleta Visível

LISTA DE SIMBOLOS

% - Porcentagem

υ - Deformação axial ou estiramento

δ - Deformações angulares

A_w - Atividade de água

cm - Centímetros

g - Gramas

h - Horas

M_1 - Massa do cadinho depois da calcinação e resfriamento (em gramas);

M_2 - Massa do cadinho com a amostra depois da calcinação e resfriamento (em gramas);

M_3 - Massa inicial da amostra (em gramas);

min - Minutos

mL - Mililitros

NMP/g - Número mais provável/ grama

°C - Graus célsius

P - Pressão parcial de vapor de água na substância

P_o - Pressão parcial de vapor de água pura

R\$ - Reais

UFC/g - Unidade Formadora de Colônia/ grama

US\$ - Dólares americanos

μm - Micrômetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Açafrão-da-terra	16
2.1.1	Origem do açafrão-da-terra	17
2.1.2	Bioatividade, características botânicas e benefícios do açafrão-da-terra ...	18
2.1.3	Marcadores químicos do açafrão-da-terra	20
2.2	Processo de secagem	22
2.2.1	Secagem por infravermelho.....	24
2.2.2	Secagem em estufa	26
2.3	Estabilidade dos condimentos desidratados	27
2.4	Legislação vigente para temperos desidratados.....	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1	Amostras	30
3.2	Preparo das amostras	31
3.3	Processo de secagem	31
3.4	Análises microbiológicas	33
3.5	Análises instrumentais.....	34
3.6	Determinação do teor de cinzas	35
3.7	Análise descritiva e obtenção dos espectros de espectrometria de infravermelho e espectrometria de ultravioleta na região do ultravioleta visível.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Análises físico-químicas.....	37
4.1.1	Determinação do teor de umidade por secagem em estufa e em infravermelho	37

4.1.2	Determinação de cinzas.....	40
4.2	Análises instrumentais.....	43
4.2.1	Caracterização das amostras por espectrometria de infravermelho.....	43
4.2.2	Caracterização das amostras por espectrometria de ultravioleta visível....	45
4.3	Análises microbiológicas	47
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXO.....	59

1 INTRODUÇÃO

Os condimentos, em sua maioria, são obtidos a partir de substâncias naturais de origem vegetal, que podem ser extraídas desde um fruto até o caule de uma determinada planta de interesse (BOUFLEUR, 2020). Entretanto, grande parte dos temperos são comercializados de forma industrializada, o que promove um aumento da vida de prateleira destes alimentos (ABREU et al., 2010).

Nos últimos anos foi possível notar uma crescente preocupação da sociedade com a alimentação de qualidade, fazendo com que os alimentos industrializados fossem aos poucos substituídos por pratos mais saudáveis, o que intensificou e valorizou o uso de especiarias *in natura* (OLIVEIRA; SILVA; MENEZES, 2015). Contudo, tais condimentos apresentam uma grande desvantagem, frente aos alimentos processados, que está relacionada com a sua menor durabilidade, devido a ausência de conservantes (CARVALHO; BASSINELLO; CRISTIANINI, 2013).

Dentre os condimentos mais utilizados podemos mencionar o açafrão-da-terra, também denominado de *Curcuma Longa* L., que apresenta uma grande importância comercial devido às peculiaridades dos seus rizomas. Além disso, tal planta é rica em curcumina, uma substância corante, que contém óleos essenciais com características antioxidantes e anti microbológica (MARCHI et al., 2016).

Considerando a preocupação da indústria de alimentos com a segurança alimentar e a qualidade higiênico-sanitária, torna-se importante aplicar metodologias utilizadas com o objetivo de aumentar a vida útil dos temperos *in natura* (ANDRADE, ANTÃO, 2019), como é o caso do açafrão-da-terra. Uma técnica comumente utilizada é a secagem de alimentos, que nos permite obter um produto com baixo teor de umidade, e conseqüentemente, uma menor carga microbiana (CELESTINO, 2010). Por outro lado, sabemos que em alguns casos os temperos são comercializados sem um controle de qualidade adequado, além da falta de padronização durante a secagem das plantas *in natura*, o que pode acarretar perdas nutricionais, organolépticas e sensoriais indesejadas do produto (SILVA; MARTINS; ALMEIDA, 2015).

Assim, sabendo destas problemáticas, torna-se necessário testar a qualidade de amostras desidratadas comercializadas no mercado e estudar as características físico químicas e microbiológicas de amostras de tempero, submetidas a diferentes métodos de secagem, com o intuito de verificar como cada método de secagem interfere na obtenção do produto final.

Neste sentido, pode-se afirmar que o estudo proposto é de extrema importância, já que nos permite estudar alternativas que minimizem o desperdício de produtos *in natura*. Além de

permitir estudar a qualidade dos condimentos desidratados encontrados em comércio, assegurando assim um maior controle da qualidade higiênica sanitária destes alimentos e da manutenção das propriedades sensoriais e organolépticas dos temperos. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em investigar as características físico químicas e microbiológicas de amostras de açafrão-da-terra *in natura*, desidratadas em laboratório por diferentes métodos de secagem e comparar os resultados com as amostras em pó adquiridas no comércio, para verificar se ambas estão em concordância com a legislação e a literatura vigente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Açafrão-da-terra

A cúrcuma, popularmente conhecida no Brasil como açafrão-da-terra, é um condimento obtido a partir do rizoma da espécie *Curcuma Longa* L., sendo amplamente utilizada na culinária local (GRANDI, 2014). Entretanto, é comum ocorrer confusão entre a cúrcuma e o açafrão-verdadeiro, que é obtido dos estigmas da planta *Crocus sativus*. Isso deve-se ao fato de que, no Brasil, a cúrcuma também é conhecida como açafrão-da-Índia ou açafrão-da-terra (CECÍLIO FILHO et al., 2000). O açafrão-verdadeiro é frequentemente comercializado em forma de estigmas, apresentando filamentos vermelhos, conforme elucidado pela Figura 1, e é considerado o tempero mais dispendioso do mundo, chegando a custar US\$ 60,00 por grama (O SUL, 2022).

Figura 1 - Plantação e colheita do Açafrão verdadeiro.



Fonte: G1, 2014

Em contrapartida, o açafrão-da-terra é geralmente vendida sob a forma de um pó amarelo, como representado na Figura 2, sendo mais acessível em termos de preço, com valores que giram em torno de R\$ 22,00 a cada 100 gramas de amostra.

Figura 2 - Tempero de açafrão-da-terra (*Curcuma Longa* L.).



Fonte: GLOBO ESPORTE, 2023

O açafrão-da-terra destaca-se, não apenas em função das suas propriedades medicinais, mas também em virtude de seu sabor e cor característica, o que faz com que este condimento seja caracterizado como um ingrediente fundamental, principalmente na culinária indiana, além de ser utilizado na medicina e até mesmo como corante natural. A sua coloração intensa pode ser explicada em função da presença de carotenoides e curcuminóides na estrutura do açafrão-da-terra (GLÓRIA; SOUZA, 1998). Em função deste pigmento marcante e característico a cúrcuma era vastamente utilizada como tintura, produtos de beleza e etc (LAL, 2012).

2.1.1 Origem do açafrão-da-terra

O açafrão é uma planta originária da Ásia, que se disseminou para o Brasil no período colonial, de modo que hoje pode ser encontrada em vários estados brasileiros (PEREIRA, 2019). De acordo com os dados do EMBRAPA (2019) os estados brasileiros que mais exportam açafrão-da-terra são: a Índia, Paquistão, Taiwan e Jamaica. Além disso, apesar do Brasil não estar nesta lista, o país é considerado um importador de elevada significância, e além disso, o Estado de Goiás é classificado como o maior produtor de açafrão nacional.

O açafrão-da-terra é nativo do sudeste asiático, particularmente da Índia, que é considerada seu centro de origem e diversificação. A planta é mencionada em textos sânscritos antigos e tem sido cultivada e utilizada na Índia há pelo menos 4000 anos (SIVARAMAN; RAVINDRAN; NIRMAL, 2007). A partir da Índia, a cúrcuma se espalhou para outras partes da Ásia, incluindo China, Indonésia e Filipinas. Posteriormente, comerciantes árabes e exploradores europeus introduziram a cúrcuma no Oriente Médio, África e nas Américas

(JANSEN, 1981). Com a disseminação da cúrcuma através do comércio, outras culturas começaram a adotar a planta por suas propriedades culinárias e medicinais. Na China, a cúrcuma foi integrada à medicina tradicional chinesa, e na Indonésia, tornou-se um componente essencial da medicina Jamu (LEE; LEE, 2008).

2.1.2 Bioatividade, características botânicas e benefícios do açafrão-da-terra

A *C. longa* é uma planta perene que pertence à Família Zingiberaceae, a mesma Família do gengibre (LAL, 2012). É caracterizada por ser uma planta alta, ereta, coberta de folhas e que pode chegar a 1,2 metros de altura (YADAV; TARUN, 2017). Entretanto, a referida planta não gera frutos (LAL, 2012), e seu cultivo ocorre em temperaturas amenas (entre 20 °C a 30 °C), e em períodos de elevada quantidade de chuva (YADAV; TARUN, 2017). Possuem cerca de 7 cm de comprimento, e pequenos tubos apontando para fora, lembrando o formato de dedos (LAL, 2012), conforme representado pela Figura 3.

Figura 3 - Cultivo e colheita do açafrão-da-terra.



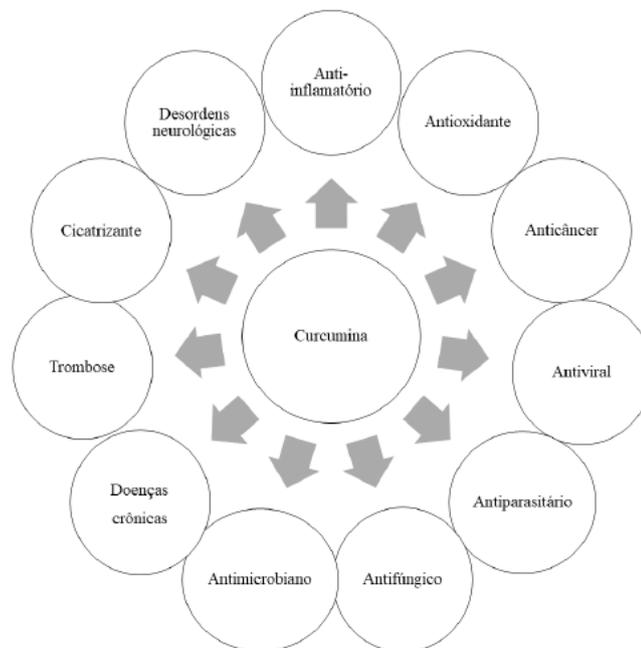
Fonte: PEREIRA, 2019

O cultivo da cúrcuma é intensivo em mão-de-obra, envolvendo a preparação do solo, plantio dos rizomas, irrigação, controle de pragas e colheita. Tradicionalmente, a cúrcuma é cultivada em climas tropicais com alta umidade e temperaturas quentes (SASIKUMAR, 2005). O plantio do açafrão-da-terra se deve pelo interesse comercial do rizoma, haja visto que esta parte é a principal responsável por dar origem as especiarias e corantes. Estas especiarias são obtidas a partir da secagem e moagem dos rizomas obtidos no plantio e cultivo (PEREIRA, 2019).

De acordo com Rapalli e colaboradores (2020), o principal composto ativo do açafrão-da-terra é a curcumina, rizoma responsável pelas propriedades medicinais deste condimento. A

cúrcuma destaca-se por possuir propriedades farmacológicas, como antidiarréica, diurética, antiespasmódica, antiviral, antiparasitária, antitumoral, neuroprotetor e diversas outras (MARCHI et al., 2016). Além disso, outros estudos revelam que o açafrão-da-terra apresenta propriedades anti-inflamatórias, sendo capaz de modular diversas vias respiratórias, tornando-se uma alternativa promissora para o tratamento de doenças inflamatórias (AGGARWAL; HARIKUMAR, 2009). A curcumina também possui propriedades antioxidantes significativas, uma vez que auxilia a neutralizar os radicais livres e reduzir o estresse oxidativo do corpo (MENON; SUDHEER, 2007). Os estudos de Roth, Chandra e Nair (1998) mostraram que os extratos de açafrão de terra exibem atividade antimicrobiana significativa para diversos microrganismos patogênicos, incluindo bactérias e fungos. Ademais, pesquisas de Lopresti e colaboradores (2015) apontam que a utilização de curcumina pode influenciar no aparecimento de vários biomarcadores, que por sua vez podem estar relacionados com a sua ação antidepressiva. O consumo de açafrão-da-terra também destaca-se por auxiliar no gerenciamento de síndromes metabólicas e no controle da ansiedade, por exemplo (HEWLINGS; KALMAN, 2017). A figura 4 apresenta um esquema contendo as principais propriedades medicinais da curcumina.

Figura 4 - Ação biológica da curcumina.



Fonte: LIMA; ASSIS, 2020

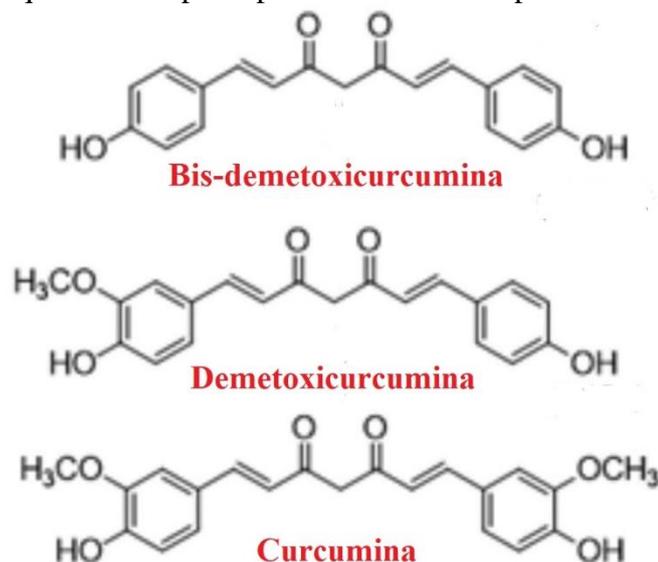
2.1.3 Marcadores químicos do açafrão-da-terra

Os marcadores químicos são essenciais para determinar sua qualidade e potencial terapêutico. O constituinte majoritário da cúrcuma é o amido, que corresponde de 40% a 70% de sua massa seca. O amido contribui para diversas propriedades texturais dos alimentos, uma vez que pode ser usado como estabilizador de colóides, agente gelificante e entre outro, além de influenciar diretamente na retenção de umidade dos alimentos (DENARDIN; SILVA, 2009). Isso pode ser justificado pois, quando o amido é aquecido, em presença de água, há a gelatinização, um processo no qual as moléculas de amido se expandem e absorvem mais água (FENNEMA, 2017).

Os curcuminóides são os compostos responsáveis por dar a cor amarela característica ao rizoma, e correspondem a, em média, 6% da massa seca. Além disso, a cúrcuma seca possui cerca de 10% de umidade e 10% de proteínas, em massa. Antes de passar pelo processo de secagem, o teor de umidade da cúrcuma pode chegar a 75% (GLORIA, SOUZA, 1998; GOVINDARAJAN; STAHL, 1980; CECÍLIO FILHO et al., 2000).

De acordo com Shang et al (2019), mais de 20 curcuminóides já foram isolados, dos quais se destacam os três principais, conforme ilustrado na Figura 5, a curcumina (que representa 75% dos curcuminóides), a demetoxicurcumina (10 a 20% dos curcuminóides) e a bis-demetoxicurcumina (5% dos curcuminóides) (CHARCOSSET, JIANG, GHOSH. 2021).

Figura 5 - Estrutura química dos principais curcuminóides presentes no açafrão-da-terra.



Esses compostos apresentam um máximo de absorção em um comprimento de onda muito semelhante, e por isso tradicionalmente são agrupados e chamados de curcumina, tanto como o nome comercial do corante, quanto para expressar o teor de curcumina no açafrão-da-terra (CECÍLIO FILHO et al., 2000). Ainda segundo Cecílio e colaboradores (2000), a curcumina é um composto de grande interesse para a indústria de corantes, visto que pode ser um substituto ao corante sintético tartrazina. A extração ocorre com o uso de solventes orgânicos, que extraem não apenas a curcumina, como também o óleo essencial.

A eficácia terapêutica da cúrcuma é atribuída a sua rica composição química, especialmente aos compostos conhecidos como curcuminóides. Entretanto, compostos como desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina também contribuem significativamente para as propriedades terapêuticas da cúrcuma. Embora estejam presentes em menores concentrações do que a curcumina, desempenham um papel importante na atividade biológica geral do extrato de cúrcuma (GOEL, AGGARWAL, KUNNUMAKKARA, 2008). Além disso, a curcumina, por apresentar grupos carbonila e hidroxila em sua estrutura química, apresenta uma grande capacidade de realizar ligações de hidrogênio com as moléculas de água, o que aumenta sua solubilidade em meio aquoso, mas ao mesmo tempo, também promove uma maior capacidade de absorver água do ambiente externo, o que dificulta ainda mais o processo de secagem e a manutenção da secagem do produto (GOYAL; GUPTA; CHAUDHARY, 2017).

Segundo Fontes (2018), a composição do rizoma do açafrão-da-terra pode variar de acordo com a região de plantio, com a maturidade do plantio e entre outros. Entretanto, de modo geral, pode-se dizer que os principais macro nutrientes do rizoma são carboidratos, lipídios, proteínas, fibras, cinzas e água, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição centesimal do açafrão-da-terra (*Curcuma Longa* L.).

Composição	Porcentagem (%)		
Carboidratos	40,0 - 55,0	60,0 - 70,0	60,0 - 70,0
	Singh et al. (2012)	Camarati (2017)	Fontes et al. (2018)
Proteínas	2,03	6,0 - 11,0	7,0
	Leonel (2003)	Gonvidarajam (1980)	Souza e Glória (1998)
Base úmida	82,0 - 91,5	74,70	84,71
	Braga et al. (2003); Green et al. (2008); Dhanva et al. (2009) e Hirun et al. (2014)	Cecílio et al. (2000)	Leonel et al. (2003)
Fibras	2,0 - 7,0	5,5	7,22
	Lima (2017)	Filho e Boas (1996)	Souza e Glória (1998)
Cinzas	13,2	9,0	13,02
	Moura (2017)	Pruthi (1980)	Castro (2015)
Minerais	3,0 - 7,0	3,5	3,5
	Mahmood et al. (2015)	Chattopadhyay et al.(2004)	Prasad et al. (2014)

Fonte: LIMA; ASSIS, 2020 (Adaptado)

A quantificação da curcumina e outros curcuminóides na cúrcuma pode ser realizada por diversas técnicas analíticas, como Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), e Espectrofotometria UV-Vis. (JAYAPRAKASHA, 2011).

2.2 Processo de secagem

A etapa de secagem pode ser definida como a transferência de massa e calor, que ocorre entre o material de interesse e o ar de secagem utilizado, por meio do aumento da temperatura (MULLER; MARESHAL; BAKER, 2014). As técnicas de secagem são vastamente utilizadas nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e de materiais, com o objetivo de obter produtos mais seguros e estáveis, aumentando, assim, a vida útil do produto e diminuindo o peso e o volume para transporte (FELLOWS, 2006). Dessa maneira, o processo de secagem promove a retirada da umidade presente no alimento pela movimentação da água, em função da diferença de

pressão de vapor existente entre o ar de secagem e a superfície do material de interesse (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

De acordo com Silva, Afonso e Donzelles (2008), a secagem pode ocorrer de forma natural ou artificial. A secagem natural é caracterizada pela secagem do produto no campo, na própria planta, sem a interferência do homem. Já a secagem artificial é caracterizada pela utilização de processos manuais ou mecânicos tanto no manejo do produto, quanto na passagem do ar através da massa de grãos. No caso de terreiros e do paiol a secagem ocorre pela ventilação natural (ação dos ventos), mas na maioria dos casos o ar é forçado por meio de ventiladores. Em alguns casos o ar de secagem é movimentado por meio de correntes convectivas (SILVA; AFONSO; DONZELLES, 2008).

A desidratação dos alimentos, principalmente de gêneros altamente perecíveis, como frutas e vegetais, os torna mais uma vez disponíveis como matérias-primas para a produção de diversas classes de alimentos, sendo massas, laticínios, sucos, alimentos instantâneos, ou até mesmo produtos finais com alto valor agregado (ALMEIDA, LIMA e SOUZA, 2016). Existem diversas técnicas de secagem artificiais que podem ser aplicadas para desidratação de alimentos, dentre as principais podemos citar a secagem em forno, a liofilização, a secagem por spray, a secagem por micro-ondas, a secagem em estufa, em infravermelho e entre outros (FELLOWS, 2006).

Dentre as inúmeras vantagens do processo de secagem podemos citar a destruição de microrganismos presentes nos alimentos, impedindo que estes se multipliquem e garantindo uma maior integridade do alimento (FELEERS, 2006). Entretanto, para se aplicar o processo de secagem em um determinado processo produtivo, torna-se necessário conhecer alguns aspectos, como é o caso da termossensibilidade do microrganismo, definir a temperatura de secagem ideal a ser utilizada, escolher o tratamento térmico adequado e etc (MULLER; MARESHAL; BAKER, 2014). Além disso, também existem outros fatores que devem ser analisados antes da implementação do processo de secagem como o binômio tempo *versus* temperatura, o pH do produto, a qualidade e a quantidade de microrganismos presentes no meio e etc (RAO; RIZVI; DATTA, 2014). Dessa maneira, para garantir a secagem segura e eficiente do material, deve-se estudar não apenas as variáveis envolvidas no processo, como também as propriedades do material que se deseja desidratar, garantindo assim o dimensionamento adequado do processo (RAO; RIZVI; DATTA, 2014).

Por outro lado, a técnica escolhida e o tipo de equipamento utilizado durante a etapa de secagem irá depender das características desejadas para o produto final, uma vez que cada uma destas técnicas possuem mecanismos de atuação diferentes (MURUGAN et al., 2020).

Ademais, uma escolha errônea da técnica a ser utilizada pode ocasionar algumas características indesejadas, como é o caso da alteração das propriedades organolépticas, nutricionais e sensoriais do alimento (MULLER; MARESHAL; BAKER, 2014). Nesse sentido, para facilitar a transferência de massa e transmissão de calor deve-se utilizar a temperatura adequada, a fim de aumentar a taxa de evaporação, respeitando a termossensibilidade do alimento, promover o aumento da superfície de contato, e controlar a velocidade e umidade do ar (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992).

Antes de realizar a secagem de uma determinada matéria prima, torna-se necessário conhecer alguns fatores intrínsecos ao alimento, como é o caso da atividade de água. A atividade de água (A_w) pode ser definida como a disponibilidade de água presente em uma substância, e é definida como a razão entre a pressão parcial de vapor de água na substância e a pressão parcial de vapor de água pura a uma mesma temperatura, conforme evidenciado na Equação 1, onde P é a pressão parcial de vapor de água na substância e P_0 é a pressão parcial de vapor de água pura (BARBOSA-CÁNOVAS; FONTANA, 2005).

$$A_w = \frac{P}{P_0} \quad (\text{Eq. 1})$$

Um outro conceito importante é o de conteúdo de água, que refere-se ao conteúdo de água total presente no alimento, que pode ser determinado pela secagem em estufa, a partir da Equação 2 (CELESTINO, 2010). Ainda segundo Celestino (2010), o conteúdo de água é o principal fator responsável pela alteração dos aspectos sensoriais do alimento, incluindo a aparência, o odor, a textura e entre outros.

$$\% \text{ Base seca} = \frac{\text{Massa de água}}{\text{Massa de sólidos}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

2.2.1 Secagem por infravermelho

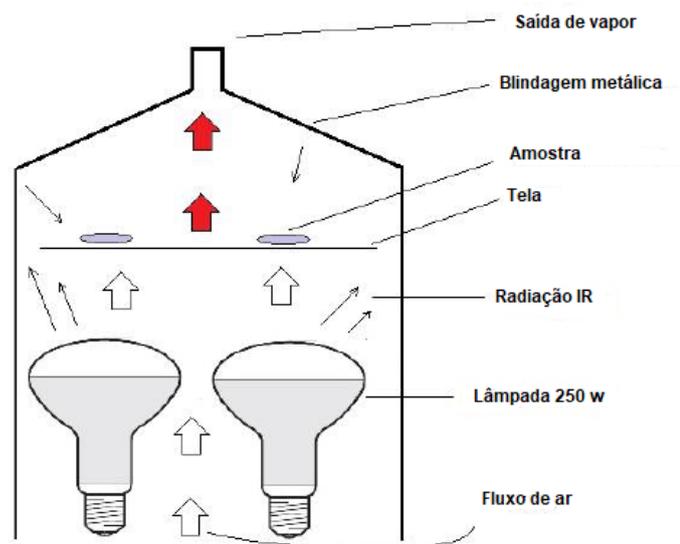
A secagem por infravermelho (IV), diferentemente dos outros processos, é uma técnica eficiente e moderna, que promove a evaporação da água, presente no alimento, a partir da utilização de uma radiação infravermelha, responsável por transferir calor diretamente para o material (KANG; SHAH, 2016).

O aquecimento por infravermelho, está se tornando uma fonte importante de tratamento térmico na indústria devido as suas várias vantagens, como é o caso da utilização de equipamentos simples, de rápida resposta, de manuseio simples e por envolver uma economia

significativa de energia, o que ocasiona em uma redução de custos, tornando a técnica viável (SANDU, 1986). Por outro lado, as principais desvantagens da secagem por infravermelho são: custo elevado da compra e manutenção dos equipamentos (KUDRA; MUJUMDAR, 2009), limitação da penetração do calor na secagem de alimentos densos e espessos (MASKAN, 2001).

O princípio da secagem por infravermelho baseia-se na emissão de radiação infravermelha, que é absorvida pelas moléculas de água e uma fina camada de matéria orgânica presente no produto, de modo que o aquecimento ocorre superficialmente, sendo transmitido ao interior do alimento por condução (RABELLO et al., 2021). A Figura 6 evidencia o esquema de um secador por infravermelho.

Figura 6 - Esquema do protótipo utilizado para secagem do açafão-da-terra.



Fonte: RABELLO et al., 2021 (Adaptado)

A desidratação de alimentos pela secagem de IV pode ser influenciada por diversos fatores, como: tempo de exposição, superfície e espessura do alimento, distância entre a fonte, potência aplicada e etc (SAKARE et al., 2020). Além disso, o processo de secagem utilizando lâmpadas infravermelhas pode ser caracterizado como mais rápidos que os processos envolvendo convecção forçada, haja visto que a energia é transmitida diretamente para a superfície dos alimentos, não havendo necessidade de transportar o calor pelo ar aquecido (RABELLO et al., 2021).

2.2.2 Secagem em estufa

Segundo Cecchi (2003), a técnica de secagem em estufa é a mais utilizada na determinação de umidade dos alimentos onde o princípio de evaporação da água ocorre em virtude da absorção do ar quente pela superfície do alimento. Posteriormente, o calor absorvido é transferido para o interior da matéria prima por condução. A Figura 7 representa um modelo de estufa tipicamente utilizado para secagem de alimentos.

Figura 7 - Estufa de secagem com circulação de ar.



Fonte: SOLABCIENFICA, 2024

Entretanto, se comparada com as outras técnicas, a secagem em estufa é mais lenta, podendo durar de 3 a 24 horas, a uma temperatura de 105°C, dependendo da quantidade de água presente no alimento (CECCHI, 2003). Apesar disso, esta ainda é uma técnica muito utilizada, tanto em escala laboratorial, quanto industrial, em função da sua eficiência, simplicidade e baixo custo (MUJUMDAR, 2006).

A secagem em estufa é conduzida em câmara fechada a partir da utilização de temperatura, fluxo de ar e umidade controlada. Assim, à medida que o calor fornecido pela estufa é absorvido pelas moléculas de água presente no alimento, há a evaporação de água do alimento. Este vapor é então removido pelo fluxo de ar, que é continuamente substituído para manter a eficiência do processo (KUDRA; MUJUMDAR, 2009).

Segundo Rodrigues e Oliveira (2019), a secagem em estufa destaca-se pela sua versatilidade de aplicação, haja visto que é um método adequado para uma ampla variedade de produtos, incluindo frutas, carnes, vegetais e entre outros. Uma outra vantagem refere-se a minimização de contaminantes, uma vez que a secagem em ambiente controlado reduz a

exposição a contaminantes ambientais como poeira e insetos (BARBOSA-CÁNOVAS; VEGA-MERCADO, 1996). Além disso, se comparada com os métodos de secagem ao ar livre, a estufa permite uma secagem mais uniforme (KUDRA; MUJUMDAR, 2009).

Em contrapartida, existem algumas desvantagens do processo de secagem em estufa, como é o caso da oxidação e degradação de nutrientes sensíveis ao calor, em função da exposição prolongada ao calor (BARBOSA-CÁNOVAS; VEGA-MERCADO, 1996), necessidade de monitoramento contínuo (KUDRA; MUJUMDAR, 2009), tempo de secagem prolongado, maior gasto energético (PAN, 2008) e entre outros.

2.3 Estabilidade dos condimentos desidratados

Os condimentos são definidos como substâncias de origem natural responsáveis por dar sabor e aroma, atribuindo assim, um sabor único e diferenciado as comidas e aos alimentos. Além disso, estas especiarias devem estar livres de sujidades, insetos, fungos e outros materiais que caracterizem a utilização de ingredientes em condições insatisfatórias de higiene (ZAMBONI et al., 1991).

Os temperos desidratados são caracterizados por apresentarem propriedades nutricionais, organolépticas e sensoriais preservadas por meio do processo de secagem. Entretanto, a qualidade e o tempo de vida útil destes produtos está atrelada a estabilidade química e biológica destes produtos (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003). Segundo Zhang e colaboradores (2014), a temperatura de armazenamento é um fator crucial para a estabilidade dos condimentos desidratados, haja visto que temperaturas elevadas podem implicar no acontecimento de reações químicas e enzimáticas indesejadas, como por exemplo, degradação de nutrientes, oxidação e entre outros. Outro ponto importante refere-se a umidade residual dos temperos desidratados, já que a atividade de água deve ser monitorada, para garantir a inibição microbiana (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003). A exposição a luz e oxigênio também podem implicar em foto-oxidação e na degradação dos pigmentos e compostos voláteis, resultando na perda nutricional e sensorial dos alimentos (RATTI, 2001).

O mercado de condimentos tem apresentado um elevado crescimento no Brasil nos últimos anos, registrando um aumento significativo das vendas. Isso se deve a valorização gastronômica, que corrobora com a maior utilização de temperos e especiarias de diversas regiões do Brasil (IBGE, 2020). Em escala industrial é possível encontrar três produtos comerciais diferentes oriundo do açafreão-da-terra, a oleoresina, obtida a partir da extração com

solventes utilizando-se o pó de açafrão; o extrato de açafrão, que também é obtido pela extração com solventes do pó seco do rizoma; e o pó de açafrão-da-terra, que é resultado da secagem e moagem do rizoma do açafrão-da-terra (RAO; CHOUDHURY, 2011)

Nesta perspectiva, a desidratação dos condimentos surge como uma alternativa para aumentar a preservação e a estabilidade dos produtos *in natura* utilizados, uma vez que a remoção da água é capaz de inibir a atividade microbiana e enzimática, fazendo com que os produtos desidratados apresentam um tempo de prateleira maior que os produtos frescos (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003). Além disso, o processo de secagem também promove a redução significativa do peso e volume dos alimentos, facilitando o transporte e armazenamento destes materiais (RATTI, 2001).

2.4 Legislação vigente para temperos desidratados

De acordo com a Anvisa (2021), a comercialização de alimentos, incluindo temperos e condimentos, no Brasil está atrelada ao desafio com a manutenção da qualidade e segurança alimentar dos produtos. Nesse sentido, a fiscalização e a regulamentação sanitária são pontos cruciais para evitar problemas com contaminações e adulterações. Dessa maneira, segurança alimentar tem sido a grande preocupação das indústrias alimentares, devido as exigências com a qualidade nutricional e higiênico-sanitária dos produtos comercializados (SALLAWI et al., 2018). O conceito de segurança alimentar e nutricional é muito amplo, haja visto que envolve vários fatores incluídos, como o acesso a informação e ao alimento, diversidade, valor nutricional, qualidade, no que diz respeito a contaminação por substâncias, agrotóxicos e até mesmo microrganismos (BRASIL, 2006).

As propriedades antimicrobiana das especiarias corroboram com a maior conservação dos produtos alimentícios (MORAIS et al., 2009). Entretanto, a utilização de condimentos desidratados, em refeições que não passam por um tratamento térmico, por um curto período de tempo, podem representar sérios riscos a saúde, uma vez que todo processo de obtenção destas especiarias envolve ambientes e manipulações que favorecem a contaminação por microrganismos e toxinas (CUNHA NETO; SILVA; MACHADO, 2013).

De acordo Brasil (2020), grande parte das doenças de origem alimentar são provocadas por alimentos contaminados com agentes patogênicos. Isso se deve às etapas de processamento do alimento, desde o plantio da semente, até a manipulação final do produto, todas estas

operações que envolvem manipulação humana constituem importantes meios de contaminação por patógenos (FURLANETO et al., 2004; FAÇANHA et al., 2002), como é o caso da *Salmonella*, *Escherichia coli* e entre outros. A contaminação por fungos também pode ocasionar graves doenças que podem ser nocivas a saúde do homem e dos animais (DUDLEY, 2019). Nesta perspectiva, tornar-se importante padronizar e estabelecer os parâmetros microbiológicos aceitáveis para os temperos e condimentos, conforme ilustrado no Quadro 1, a fim de garantir uma maior qualidade do produto final.

Quadro 1 - Padrões microbiológicos para o tempero desidratado de açafraão-da-terra.

ESPECIARIAS, TEMPEROS E MOLHOS					
Categorias específicas	Micro-organismo/Toxina/Metabólito	n	c	m	M
Temperos desidratados	<i>Salmonella</i> /25 g	5	0	Aus	-
	<i>Escherichia coli</i> / g	5	2	10	10 ²

Fonte: ANVISA, 2022 (Adaptado)

n: número de amostras; c: número máximo de resultados positivos aceitáveis; m: limite que separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável; M: limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Química Orgânica Luiz Bernardes (Campus I), Laboratório de Microbiologia (Campus I), Laboratório do Intechlab (Campus VI) e Laboratório de automação (Campus II) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), em Belo Horizonte (MG).

O reagente utilizado para o preparo do extrato para análise no UV-Vis foi o metanol (Marca: Panreac, Lote: 0000346378). Já os meios de cultura utilizados durante as análises microbiológicas foram: Peptona bacteriológica (Marca: Himedia, Lote: 0000082659), Caldo Lactosado presença/ausência (Marca: Acumedia lab, Lote: 111697D), Ágar PCA (Marca: Merck KGaA, Lote: vm460063), Ágar Batata (Marca: Kasvi, Lote: 091916514), Ágar *Salmonella Shigella* (Marca: Merck KGaA, Lote: vm434367227), Caldo Rappaport (Marca: Lab, Lote: 1341011232), Caldo Selenito Cistina A e B (Marca: Himédia, Lote: 00001277141), Caldo Verde Brilhante Bile 2% (Marca: Kasvi, Lote: k25-610010) e Caldo EC-MUG (Marca: Himedia).

3.1 Amostras

O açafrão-da-terra (*Curcuma longa*), comercializado utilizado, foi adquirido em supermercados e feiras da região metropolitana de Belo Horizonte - MG. A Tabela 2 ilustra as marcas obtidas e as suas respectivas validades. É importante destacar que os nomes das marcas foram codificados para evitar a exposição da empresa.

Tabela 2 - Identificação das amostras comerciais de açafrão-da-terra.

Amostra	Marca	Validade
1	A	02/03/2024
2	B	01/08/2025
3	C	30/05/2025
4	D	15/03/2025
5	E	01/09/2024

Fonte: Autoria própria (2024)

Ressalta-se que foram comprados aproximadamente 120 g de cada amostra comercial. Já o açafrão-da-terra *in natura*, por sua vez, foi obtido em uma frutaria, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, onde foram comprados um quilo de amostra. A Figura 8 ilustra o açafrão *in natura* obtido.

Figura 8 - Amostras de açafrão-da-terra (*Curcuma Longa L.*) *in natura*.



Fonte: Autoria própria (2024)

3.2 Preparo das amostras

Para facilitar o processo de secagem foi necessário preparar a amostra *in natura* previamente obtida. Para isso, o açafrão-da-terra foi cortado em formato de discos, com o auxílio de um fatiador regulável do tipo mandolin, onde foram obtidas amostras com aproximadamente 2 mm de espessura.

Além disso, após o processo de secagem, as amostras obtidas foram trituradas, com um auxílio de um liquidificador do tipo *mixer*, devidamente limpo e higienizado, até que elas apresentassem um aspecto de pó, permitindo a realização dos testes subsequentes.

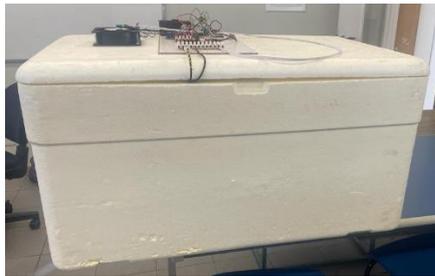
3.3 Processo de secagem

A primeira parte do experimento, após o preparo da amostra, referiu-se ao processo de secagem, que por sua vez, foi realizado por duas técnicas distintas: a secagem em estufa com circulação de ar e a secagem no protótipo de infravermelho (DEE-CEFET/MG 2022), desenvolvido pelos professores Euler Martins e Anderson Rabelo do Departamento de Engenharia Elétrica do CEFET-MG. As lâmpadas utilizadas no protótipo são do tipo radiação

infravermelha (IR), que possuem um filamento com elevada resistência (RABELLO et al., 2021).

Para a secagem em infravermelho, 118,91 gramas de açafão-da-terra *in natura*, em forma de discos, foram posicionados sob as telas do protótipo e submetidos a radiação por infravermelho, com densidade de potência de 1200 W/m^2 , por 120 minutos a uma temperatura de 50°C , verificando-se a massa das amostras até que houvesse a estabilização da mesma. Ressalta-se que o processo foi interrompido a cada 20 minutos, para aferição da massa. Ao final, a amostra foi retirada do secador, embalada a vácuo (RABELLO et al., 2021) e mantida no dessecador, para ser submetida às análises posteriores. A Figura 9, a seguir, ilustra o protótipo utilizado no processo de secagem por infravermelho.

Figura 9 - Protótipo de secador com fonte de irradiação de infravermelho.



Fonte: Autoria própria (2024)

O protótipo de infravermelho utilizado é composto por duas lâmpadas incandescentes refletoras de aquecimento IR de potência 250 W modelo GE Modelo 250/R/IR/CL. Ademais, o protótipo também conta com a presença de superfícies metálicas, responsáveis por refletir a radiação em todas as superfícies da amostra (RABELLO et al., 2021).

O método de secagem em estufa de secagem com circulação de ar (Marca 7lab, Modelo SSDic-85L), por sua vez, manteve os parâmetros da técnica anterior, sendo realizado com aproximadamente 201,42 gramas de fatias de amostra, a uma temperatura de aproximadamente 50°C por 320 minutos, até a obtenção de uma massa constante (FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2019). A Figura 10 evidencia a estufa utilizada durante os experimentos.

Figura 10 - Estufa com circulação de ar utilizada.



Fonte: Autoria própria (2024)

Torna-se importante inferir que as amostras secas tanto em protótipo de infravermelho, quanto em estufa foram devidamente identificadas como amostras 6 e 7, respectivamente. Por fim, para determinar o teor de umidade presente nas amostras, foi utilizada a Equação 3.

$$\% \text{ Umidade} = \frac{\text{Massa inicial (g)} - \text{Massa final (g)}}{\text{Massa inicial (g)}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

3.4 Análises microbiológicas

Após os processos de secagem, as amostras foram devidamente trituradas, com o auxílio de um liquidificador do tipo *mixer*, até que apresentassem um aspecto de pó. Uma vez trituradas, as amostras *in natura* passaram por análises microbiológicas. A trituração das amostras comerciais não foi necessária, já que estas foram obtidas em pó, sem necessidade de passar por um preparo prévio.

As análises microbiológicas seguiram o método estabelecido pela Farmacopéia Brasileira (2019) com adaptações. Assim, a primeira parte da análise referiu-se à contagem total de microrganismos mesófilos. Para isso, foram transferidos aproximadamente 10 g de amostra para 90 mL de água peptonada 0,1%, de modo que esta diluição correspondeu a diluição 10^{-1} . Posteriormente, foram realizadas diluições seriadas, até alcançar uma diluição correspondente a 10^{-3} . Estas diluições foram inoculadas em ágar Ágar PCA, um meio seletivo para o crescimento de bactérias, e Ágar Batata, seletivo para o crescimento de fungos e leveduras, de modo a realizar duplicata para cada diluição. As placas foram incubadas a 35-37°C por 48 h e 25-28°C por 5 a 7 h, respectivamente.

A segunda parte da análise consistiu na pesquisa de coliformes totais. Inicialmente, realizou-se o teste presuntivo para coliformes totais, para isso, transferiu-se 1 mL de cada uma

das três diluições para tubos contendo 10 mL de Caldo Lactosado com tubos de Durham invertido, em triplicata, homogeneizou-se e incubou-se a 37°C por 24-48 h.

De posse de resultados positivos, foi realizado o teste confirmativo para coliformes totais, que consiste em transferir uma alçada de cada tubo positivo de Caldo Lactosado para um tubo contendo Caldo Verde Bile Brillante 2% e tubo Durham invertido e incubou-se a 37°C por 24-48 h. Posteriormente, com objetivo de confirmar a presença de coliformes termotolerantes, transferiu-se uma alçada dos tubos positivos de Caldo Verde Bile Brillante 2% para tubos contendo 10 mL de Caldo EC-MUG e tubo Durham invertido, homogeneizou-se e incubou-se a 44,5 °C por 24-48 h. Por fim, os tubos positivos do teste para coliformes termotolerantes foram submetidos a luz UV, com o intuito de verificar a presença e/ou ausência de fluorescência característica da presença de *E. coli*, (FARMACOPÉIA BRASILEIRA ADAPTADA, 2019).

Na última etapa das análises microbiológicas, foram testadas a presença e/ou ausência de *Salmonella* sp. Dessa maneira, transferiu-se 0,1 mL das diluições 10^{-1} das amostras, previamente preparadas em água peptonada, para tubos contendo 10 mL de Caldo Rappaport e incubou-se a 42,5°C por 24 h. Além disso, transferiu-se 1,0 mL do pré-enriquecimento para tubos contendo 10 mL de Caldo Selenito Cistina e incubou-se a 37°C por 24 h. Ao final, uma alçada de cada um dos meios de enriquecimento seletivo foram semeadas em Ágar *Salmonella-Shigella* e incubados a 37°C por 24 h (FARMACOPÉIA BRASILEIRA ADAPTADA, 2019).

3.5 Análises instrumentais

As análises instrumentais das amostras utilizadas no presente trabalho consistiram na caracterização da amostra por Espectrometria por Infravermelho e caracterização por Espectrometria de UV-Vis. A aquisição dos espectros de infravermelho foi realizada no Laboratório de Caracterização de Materiais do Departamento de Química do CEFET-MG, utilizando um espectrofotômetro Shimadzu, modelo IR-Prestige 21. A faixa de estudo foi entre 4000 e 400 cm^{-1} , com resolução de 1 cm^{-1} e 50 *scans* adquiridos. A amostra foi irradiada sem a necessidade de preparo prévio, pois utilizou-se o amostrador de Refletância Total Atenuada (ATR).

Para obtenção dos espectros de UV-Vis, os extratos alcoólicos das amostras comerciais e *in natura*, previamente desidratadas, foram preparados utilizando-se como solvente o

metanol. Os espectros foram obtidos, utilizando-se um espectrofotômetro UV-Vis (Marca: Varian, Modelo: 50 Conc), na faixa de comprimento de onda compreendida entre 290 e 800 nm, à temperatura ambiente, utilizando-se uma solução metanólica de aproximadamente 1,5 g/L. Os extratos foram analisados utilizando-se uma cubeta de quartzo, devidamente limpa e higienizada, com o intuito de garantir a remoção de possíveis interferências presentes na parede da cubeta. Com o objetivo de intensificar o processo extrativo, foram empregadas técnicas ultrassônicas (Marca: Unique, Modelo: USC750) por um período de 30 minutos (ABREU; VILA; TUBINO, 2011).

3.6 Determinação do teor de cinzas

A análises físico-química, compreendeu a determinação de cinzas totais. Para isso, aproximadamente 3 g das amostras foram pesadas e transferidas para cadinhos de porcelana devidamente limpos, secos, tarados e identificados. A amostra foi distribuída uniformemente e incinerada em mufla (Marca: Zezimaq), de modo a aumentar gradativamente a temperatura até no máximo ($600 \pm 50^\circ\text{C}$), utilizando-se um gradiente de temperatura de 30 min a 200°C , 60 min a 400°C e 90 min a 600°C , até que todo carvão fosse eliminado. Ao final, resfriou-se o cadinho em um dessecador, á vácuo, até que este atingisse a temperatura ambiente e a massa das cinzas obtida via medição em uma balança analítica (Marca Shimadzu, modelo UX620H) (FARMACOPEIA ADAPTADA, 2019). As análises foram realizadas em triplicata, de modo que, ao final foi possível determinar o teor de cinzas presente nas amostras, tomando como base a Equação 4 evidenciada abaixo.

$$\% \text{ resíduo por incineração (cinzas sulfatadas)} = \frac{M_2 - M_1}{M_3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

M_1 - Massa do cadinho depois da calcinação e resfriamento (em gramas);

M_2 - Massa do cadinho com a amostra depois da calcinação e resfriamento (em gramas);

M_3 - Massa inicial da amostra (em gramas).

3.7 Análise descritiva e obtenção dos espectros de espectrometria de infravermelho e espectrometria de ultravioleta na região do ultravioleta visível

Após a obtenção dos resultados das análises instrumentais, os dados foram tratados, utilizando-se o Software OriginPro 2018 64 bit, versão 95E para a estruturação dos gráficos e

construção dos espectros de espectrometria de ultravioleta na região do visível (UV-Vis) e espectrometria de infravermelho (FTIR) do presente trabalho.

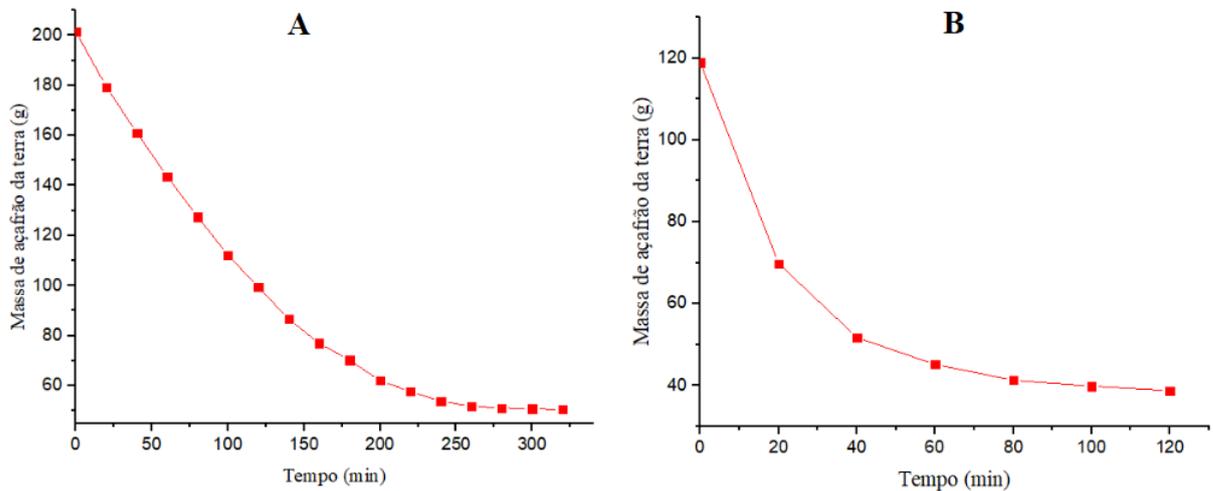
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análises físico-químicas

4.1.1 Determinação do teor de umidade por secagem em estufa e em infravermelho

Após a realização do processo de desidratação das amostras *in natura*, por diferentes métodos de secagem, foi possível construir o Gráfico 1, que evidencia as curvas de secagem do açafão-da-terra em estufa e no protótipo de infravermelho, respectivamente.

Gráfico 1 - Curvas de secagem do açafão-da-terra em estufa e infravermelho.



Fonte: Autoria própria (2024)

A) Curva de secagem do açafão-da-terra em estufa; B) Curva de secagem do açafão-da-terra em protótipo de infravermelho.

Considerando que as amostras de açafão-da-terra utilizadas em ambas as técnicas eram do mesmo lote e, comparando as curvas de secagem obtidas, pode-se inferir que a secagem por infravermelho otimizou o processo de desidratação, haja visto que houve uma redução considerável do tempo de secagem, de aproximadamente 200 minutos, se comparado com a secagem em estufa. Além disso, os aspectos físicos das amostras obtidas também foram um ponto de observação importante, uma vez que as amostras secas em infravermelho ficaram mais quebradiças, se comparada com as amostras desidratadas em estufa, que ficaram mais maleáveis, conforme representado pela Figura 11, o que pode indicar a presença de um maior teor de água residual, decorrente do processo de secagem em estufa. Estas observações são plausíveis, uma vez que a transferência de calor da secagem por infravermelho não ocorre por

condução ou convecção, mas sim através do ar ou do contato direto com o material (RAMASWAMY; DATTA, 2001), ocasionando em uma maior penetração de calor e uma eficiência do tempo de secagem (RABELLO et al., 2021). Além disso, ao retirar o material da estufa, com o intuito de averiguar a estabilização da massa da amostra, é possível notar uma perda considerável de calor para o meio externo, o que influencia diretamente no tempo de secagem do alimento.

Figura 11 - Desidratação do açafão-da-terra por diferentes métodos de secagem.



Fonte: Autoria própria (2024)

Sendo: A) Açafão-da-terra antes dos processos de secagem; B) Açafão-da-terra após a secagem em protótipo de infravermelho; C) Açafão-da-terra após a secagem em estufa.

Além disso, a partir dos dados experimentais obtidos, também foi possível calcular o teor de umidade do açafão-da-terra fresco, após desidratação, conforme evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3 - Teor de umidade do açafão-da-terra fresco após desidratação.

Amostra	Teor de umidade (%)
Açafão-da-terra fresco desidratado em infravermelho (Amostra 6)	67,42
Açafão-da-terra fresco desidratado em estufa (Amostra 7)	74,92

Fonte: Autoria própria (2024)

O estudo do teor de umidade é primordial, uma vez que este fator intrínseco ao alimento, está diretamente relacionado com a sua estabilidade (PANDEY; GOYAL; SINGH, 2012) e a preservação de algumas propriedades, tais como cor, sabor e aroma do produto final (RATHORE; PANWAR, 2011). De acordo com Pruthi (1980), o teor de umidade aceitável para o açafrão-da-terra desidratado não deve ser superior a 10%, para prevenir o crescimento microbiano e garantir a qualidade e durabilidade do produto durante o armazenamento. Dessa forma, os teores de umidade encontrados, apesar de serem relativamente altos, podem contribuir de certa forma com a redução da atividade microbiana, mesmo que em pequena escala, em função da redução da quantidade de água presente no alimento. Entretanto, os teores de umidade encontrados não garantem a estabilidade do açafrão-da-terra desidratado. Além disso, a umidade residual relativamente alta pode ser um indicativo de que um tempo maior ou uma temperatura mais elevada seria necessária para alcançar níveis de umidade mais baixos. Ademais, a curcumina, o componente majoritário do açafrão-da-terra, é rica em amido, um dos principais responsáveis pela retenção de água dos alimentos (DENARDIN; SILVA, 2009), além de apresentar grupos carbonila e hidroxila capazes de realizar ligação de hidrogênio com as moléculas de água, o que pode justificar o teor de umidade residual elevado, encontrado após o processo de desidratação.

Estudos realizados por Oliveira e colaboradores (2017) utilizaram a mesma tecnologia de desidratação do açafrão-da-terra *in natura* em estufa com circulação de ar e obtiveram teores de umidade iguais a 76,43% e 83,57%, utilizando-se temperaturas de 40 e 60 °C, respectivamente. Em contrapartida, pesquisas realizadas por Cecílio e colaboradores (2000) encontraram um teor de umidade para o açafrão-da-terra *in natura* igual a 74,40%. Já Llano, Gómez e Duarte-Correa (2022), alcançaram um teor de umidade igual a 83,2% para o açafrão-da-terra *in natura*. Nesse sentido, se compararmos os valores da literatura, com o valor encontrado, que foi de 74,92%, é possível dizer que o produto obtido encontra-se em conformidade com os resultados esperados. Além disso, as diferenças entre os valores encontrados e a literatura podem estar relacionadas com a composição do rizoma, que varia em função do local de plantação, grau de maturidade e entre outros (FONTES, 2018). Ademais, esta variação também pode estar associada as diferenças dos programas de secagem empregada, haja visto que cada metodologia apresenta um mecanismo de ação diferente (EMBRAPA, 2010).

Trabalhos de Rabello e colaboradores (2021) envolvendo a desidratação de banana em protótipo de secagem por lâmpadas infravermelho mostraram que a técnica em questão se

destacou por ocorrer de forma rápida e eficiente, além de promover a redução significativa do tempo de secagem, em relação a secagem em estufa, o que também pôde ser observado ao longo deste trabalho. Pesquisas de Nascimento e colaboradores (2015), apesar de utilizarem um protótipo de secagem por infravermelho mais robusto, também obtiveram bons resultados para a desidratação de semente de *Moringa Oleifera* L.

Ademais, estudos envolvendo a secagem do açafão-da-terra por radiação infravermelha encontraram um teor de umidade igual a 80,0%, para espécie *in natura* (FERNANDO et al., 2021). Nesse sentido, se compararmos o teor de umidade encontrado pela secagem por infravermelho, que foi igual a 67,42%, com os resultados da literatura, é possível observar que houve uma redução do teor de umidade encontrado, o que pode estar relacionado com a diferença das temperaturas utilizadas em cada experimento. Nesta perspectiva, torna-se notório que a desidratação em protótipo de infravermelho foi mais eficiente, em relação a secagem convencional em estufa, uma vez que houve uma redução considerável, não apenas do tempo de secagem, como também do teor de umidade do açafão-da-terra, o que já era de se esperar, baseando-se nos resultados de pesquisas anteriores. Além disso, a secagem por infravermelho apresenta uma grande eficiência energética, justamente pelo fato de não apresentar perda de calor para o ambiente externo, como ocorre na desidratação em estufa.

4.1.2 Determinação de cinzas

Os resultados obtidos para a determinação de cinzas das amostras *in natura* e comerciais do açafão-da-terra foram dispostos na Tabela 4, juntamente com as suas respectivas médias, desvios padrões e valor de referência. Além disso, torna-se importante ressaltar que as amostras 6 e 7, conforme já destacado na metodologia, referem-se as amostras *in natura*, previamente secas em laboratório, em protótipo de infravermelho e em estufa, respectivamente.

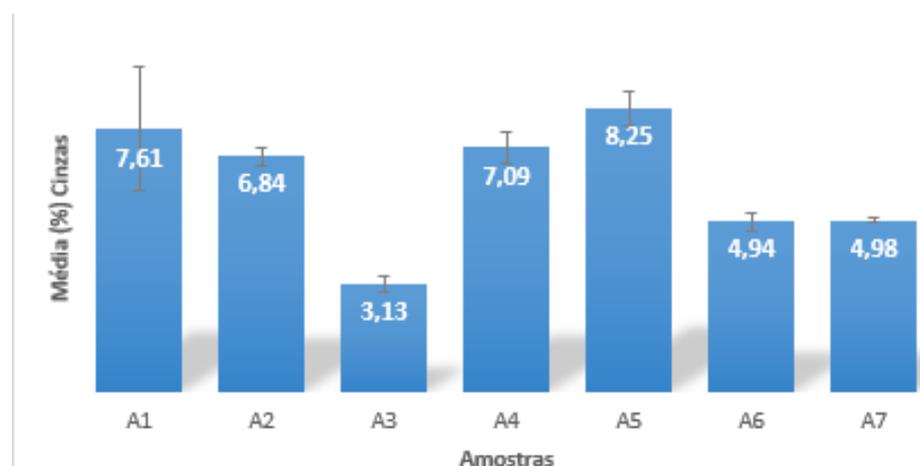
Tabela 4 - Valores de cinzas sulfatadas encontrados.

Identificação	Repetições (% m m ⁻¹)			Média (% m m ⁻¹)	Desvio Padrão (% m m ⁻¹)	Valor de Referência (% m m ⁻¹)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
	Amostra 1	6,78	9,68			
Amostra 2	6,88	7,07	6,58	6,84	0,25	
Amostra 3	3,35	3,11	2,93	3,13	0,21	Max. 8,00
Amostra 4	7,63	6,81	6,84	7,09	0,47	(FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2019)
Amostra 5	8,43	8,61	7,70	8,25	0,48	
Amostra 6	5,18	4,99	4,65	4,94	0,27	
Amostra 7	5,07	4,91	4,97	4,98	0,08	

Fonte: Autoria própria (2024)

Para facilitar a observação dos dados, construiu-se o Gráfico 2, que apresenta o teor de cinzas encontrado, bem como as suas respectivas amostras. O teste de cinzas sulfatadas permite determinar o conteúdo de impureza inorgânicas presente em amostras orgânicas, além de detectar componentes inorgânicos e impurezas de substâncias termolábeis (FARMACOPEIA, 2019).

Gráfico 2- Média da porcentagem de cinzas encontrada em cada amostra.



Fonte: Autoria própria (2024)

O teste de cinzas sulfatadas permite determinar o conteúdo de impureza inorgânicas presente em amostras orgânicas, além de detectar componentes inorgânicos e impurezas de substâncias termolábeis (FARMACOPEIA, 2019). Alimentos com teor de cinza elevado possuem uma maior concentração de substâncias inorgânicas, como é o caso dos minerais, por exemplo, o que pode influenciar na capacidade de absorção de água do material, o que dificulta a remoção do teor de umidade durante a secagem (MUJUMDAR, 2014).

De acordo com o volume 2 da Farmacopeia Brasileira (2019), a quantidade aceitável de cinzas no açafreão-da-terra não deve ultrapassar 8,00%. Assim, se compararmos os valores estabelecidos pela literatura com os valores encontrados para as amostras, é possível observar que as amostras 1, 2, 3, 4, 6 e 7 estão de acordo com o valor proposto. Já a amostra 5, por sua vez, está acima do limite, o que pode estar relacionado com uma possível contaminação, ou até mesmo adulteração da amostra. Além disso, a amostra 3 foi a que apresentou menor percentual de cinzas sulfatadas, seguido das amostras 6 e 7, indicando que estas amostras possuem uma menor quantidade de contaminantes e/ou adulterações em suas formulações. Ademais, as amostras 6 e 7 apresentaram teor de umidade próximos, o que era de se esperar, já que ambas amostras foram obtidas de uma mesma amostragem.

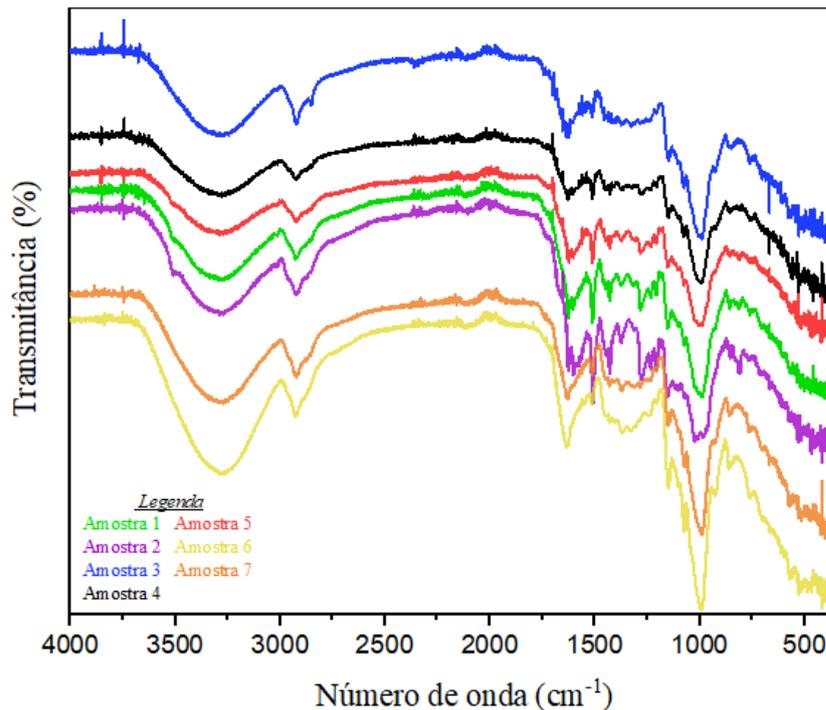
Pesquisas de Abrahão e colaboradores (2016), determinaram que o teor de cinzas totais do açafreão-da-terra varia entre 6,2 e 9,5%, dependendo da região e localidade onde o rizoma foi cultivado. Em contrapartida, outros estudos mostraram que o teor de cinzas totais varia entre 5,5 e 9,0% (RAVINDRAN; NIRMAL; SIVARAMAN, 2007). Nesta perspectiva, se compararmos os valores encontrados neste trabalho com os valores dos estudos supracitados anteriormente, é possível notar que as amostras 3, 6 e 7, apesar de terem sido calcinadas pela mesma técnica, não são condizentes com os valores esperados, já que apresentaram um teor de cinzas totais abaixo das faixas definidas por ambos colaboradores. Esta diferença pode estar relacionada com o cultivo dos rizomas, ou até mesmo a possíveis contaminações das amostras utilizadas nos estudos supracitados, haja visto que, segundo a Farmacopeia Brasileira (2019) o teor de cinzas totais não deve ser superior a 8,0%. De modo geral, podemos dizer que a maior parte das amostras estão de acordo com os dados da literatura e, as amostras que estão fora das faixas esperadas podem ser reflexos de deficiência de alguns nutrientes presentes no solo.

4.2 Análises instrumentais

4.2.1 Caracterização das amostras por espectrometria de infravermelho

Além do teor de umidade, da análise visual e da determinação de cinzas, também foi observado o espectro eletromagnético, nas regiões visíveis e de micro-ondas, das amostras *in natura*, após o processo de secagem, e comerciais de açafrão-da-terra na região do infravermelho, conforme a Figura 12, com o objetivo de identificar possíveis alterações dos compostos presentes no rizoma, em virtude da exposição a elevadas temperaturas envolvida no processo de desidratação. Ademais os espectros de IV individuais de cada amostra podem ser encontrados nos anexos de 1 a 7 (p. 56-58), para uma melhor interpretação.

Figura 12 - Espectro de IV do açafrão-da-terra das amostras frescas e comerciais.



Fonte: Autoria própria (2024)

A espectroscopia FTIR nos permite quantificar a energia transmitida ou absorvida em determinados números de onda (EVORA et al., 2002). Este fenômeno pode ser observado pois, as radiações emitidas no infravermelho promovem a vibração dos átomos presentes em compostos orgânicos (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A curcumina, caracterizada por ser o componente majoritário do açafrão-da-terra, é composta por grupos fenólicos (-OH), aromáticos (anéis benzênicos), grupos metoxila (-OCH₃), cadeia carbônica conjugada e carbonilas (-C=O). As bandas características para a amostra de açafrão-da-terra em pó estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Bandas características, em cm⁻¹, no espectro de infravermelho para o açafrão-da-terra em pó.

Amostra	ν OH	ν CH	ν C=O	ν C-O	δ C-H fora do plano
Açafrão-da-terra em pó (cm ⁻¹)	3395	2922	1633-1023	1023	760-900

Fonte: FREITAS et al., 2023

Os espectros FTIR apresentaram bandas intensas em aproximadamente de 3272 cm⁻¹, que representam as vibrações da hidroxila (OH), sendo bastante comum em compostos fenólicos, como é o caso da curcumina. A banda da região de 2934 cm⁻¹ são características das vibrações de estiramento dos grupos C-H de alcenos e alcanos. A banda localizada em 1628 cm⁻¹, correspondente a vibração do grupo carbonila (C=O). Este fenômeno pode ser justificado pois a curcumina possui grupos carbonila conjugados em sua estrutura, que absorvem nesta região. A bandas da região de 1474 cm⁻¹ representam a presença de ligação dupla (C=C) dos anéis aromáticos presentes na estrutura da curcumina. Já as bandas situadas entre aproximadamente 1333 e 1144 cm⁻¹ correspondem aos estiramentos C-O, comum em éteres e álcoois presentes na estrutura da curcumina e outros componentes do açafrão-da-terra. Já as bandas entre 996 e 848 cm⁻¹ caracterizam a substituição aromática, em função da presença de ligações covalentes duplas entre carbonos (DEL SOCORRO; TEVES; MADAMBÁ, 2013; KIM et al., 2013).

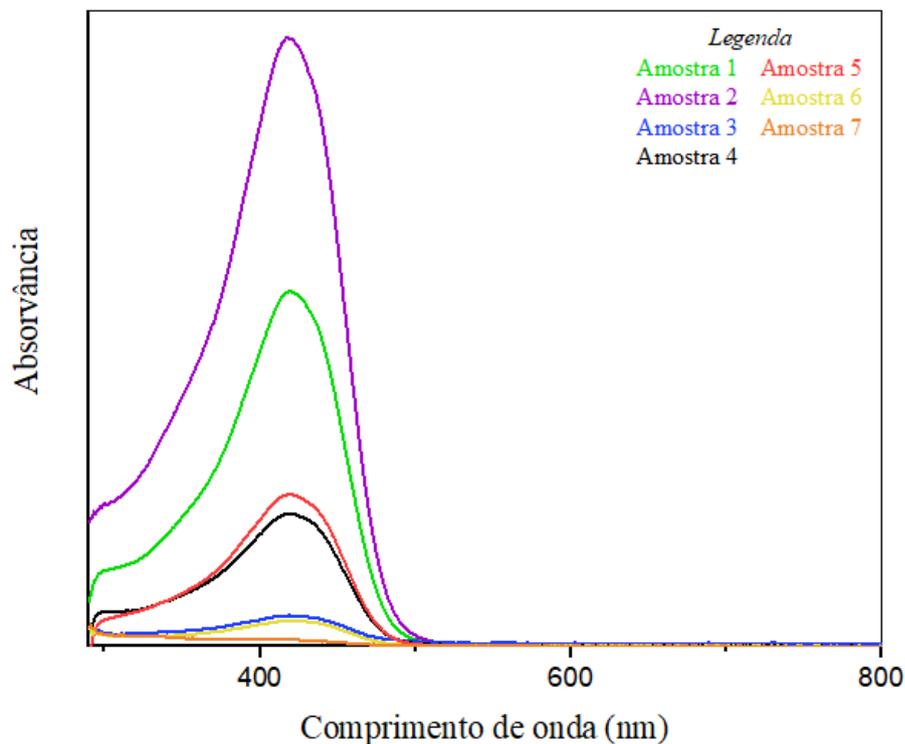
Ao comparar os dados das bandas do açafrão-da-terra em pó, apresentadas na Tabela 5, com a análise do espectro obtido, pode-se observar a presença de todas as bandas características supracitadas. Essa manutenção das bandas indica que as características químicas das amostras analisadas foram mantidas após os processos de secagem, tanto das amostras comerciais, quanto das amostras *in natura* desidratadas em estufa e em protótipo de infravermelho. Além disso, a partir da análise do espectro também foi possível notar que não houve desaparecimento nem

surgimento de nenhuma banda dos compostos existentes no açafrão-da-terra, apenas a redução da intensidade das bandas em relação a cada amostra, o que já era esperado, uma vez que, conforme observado pelo teste de determinação de cinzas, a composição centesimal e nutricional das amostras comerciais não é a mesma, o que influencia diretamente na concentração dos compostos. Nesta perspectiva, a presença destes picos característicos nas regiões mencionadas permite confirmar a presença de curcuminóides associados ao açafrão-da-terra nas amostras analisadas.

4.2.2 Caracterização das amostras por espectrometria de ultravioleta visível

Também foi realizada a análise por espectrometria de infravermelho das amostras de açafrão-da-terra *in natura*, previamente secas em laboratório, e comerciais. A técnica de UV-Vis foi escolhida pois nos permite quantificar e verificar a presença dos curcuminóides, um dos principais componentes presentes no açafrão-da-terra (SANTOS et al., 2022). A Figura 13 evidencia o compilado dos espectros obtidos para as amostras analisadas. Ademais os espectros de UV-Vis individuais de cada amostra podem ser encontrados nos anexos de 8 a 14 (p. 58-60) para uma melhor interpretação.

Figura 13 - Espectro de UV-Vis das amostras frescas e comerciais de açafrão-da-terra.



Fonte: Autoria própria (2024)

Segundo Viana e colaboradores (2021), a banda de absorção característica da curcumina, o composto bioativo majoritário do açafrão-da-terra, tem máximo de absorção em torno de 420 - 430 nm, utilizando-se álcool como solvente. Nesse sentido, ao comparar o comprimento de onda obtido durante as análises, que é de aproximadamente 420 nm, pode-se afirmar que os resultados encontrados estão de acordo com o valor esperado pela literatura. Entretanto, também é possível notar que as amostra 3, 6 e 7, apresentaram uma menor absorbância, o que pode indicar uma menor concentração de curcumina no açafrão-da-terra (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002). Além disso, a curcumina pode ser mascarada por adulterantes, especificamente tratando-se de técnicas como a espectrometria. O corante amarelo de tartrazina, por exemplo, que apresenta seu máximo de absorção em torno de 427 nm (GATE et al., 2019) e pode ser facilmente confundido com a curcumina, uma vez que é capaz de mascarar a banda de máximo de absorção.

As amostras 1 e 2 destacaram-se por apresentar uma maior concentração de curcumina, se comparado com as demais amostras. Ademais, as características físicas das amostras também apontavam indícios para esta diferença de concentração de curcumina, em função da diferença de coloração das amostras, conforme ilustrado pela Figura 14, uma vez que este é o principal composto bioativo do açafrão-da-terra, responsável pela suas atividades biológicas, cor, aroma e sabor.

Figura 14 - Análise física das amostras de açafrão-da-terra.



Esta comparação física condiz com os resultados obtidos nos gráficos da Figura 13, haja visto que as amostras que apresentaram uma maior intensidade de absorvência foram as que possuem uma coloração mais intensa, como é o caso das amostras 1, 2 4 e 5. Ademais, a amostra 7 apresentou uma intensidade menor que a amostra 6, o que pode indicar a degradação térmica dos compostos presentes no açafrão-da-terra, principalmente da curcumina, durante o processo de secagem realizada em estufa, em função da sua sensibilidade ao calor (ALI, 2024). Isso pode ser observado pois, as amostras 6 e 7 foram obtidas de uma mesma amostragem, variando apenas o método de secagem utilizado. A escolha errônea da técnica a ser utilizada pode ocasionar algumas características indesejadas, como é o caso da alteração das propriedades organolépticas, nutricionais e sensoriais do alimento (MURUGAN et al., 2020).

Ademais, de acordo com Sueth-Santiago e colaboradores (2015), a curcumina, o principal constituinte do açafrão-da-terra apresenta uma elevada conjugação eletrônica em sua estrutura, o que permite que seja possível observar uma absorção intensa na região do visível.

4.3 Análises microbiológicas

Os resultados microbiológicos das amostras de açafrão-da-terra obtidos para coliformes, microrganismos mesófilos e *Salmonella* estão expostos na Tabela 6, juntamente com os valores de referência estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161 de 2022. A referida instrução estabelece os padrões microbiológicos aceitáveis dos alimentos comercializados para consumo.

Tabela 6 - Resultados das análises microbiológicas das amostras de açafrão-da-terra.

Identificação	Pesquisa de coliformes (NMP/g)			Microrganismos mesófilos (UFC/g)		Teste de <i>Salmonella</i> sp. (P/A)
	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	<i>E.coli</i>	Fungos e leveduras	Bactérias	
Amostra 1	< 2	< 2	< 2	0,0 x 10	1,5 x 10 ³	A
Amostra 2	14	17	< 2	1,9 x 10 ⁴	1,3 x 10 ⁵	A
Amostra 3	9	9	< 2	3,6 x 10 ²	7,0 x 10 ³	A
Amostra 4	2	2	< 2	1,7 x 10 ³	1,6 x 10 ⁴	A
Amostra 5	9	9	9	2,9 x 10 ³	>300	P
Amostra 6	2	2	< 2	3,8 x 10 ²	1,8 x 10 ²	A
Amostra 7	17	17	17	1,4 x 10 ⁴	5,0 x 10 ³	A
Valor de referência	n.s	n.s	10 - 100	n.s	n.s	A

Fonte: Autoria própria (2024)

A: ausente; P: presente; n.s: inexistência de padrão para análise.

O estudo da qualidade microbiológica dos alimentos é fundamental pois permite avaliar as deficiências dos processos de higiene, prevenir o surto de doenças transmitidas por alimentos contaminados por microrganismos patogênicos e entre outros (SINIGAGLIA; CORBO; BEVILACQUA, 2017).

De acordo com a Instrução Normativa nº 161 de 2022, de um total de cinco amostras de tempero desidratado, todas devem apresentar ausência de *Salmonella* sp. e apenas duas podem apresentar concentração de *Escherichia coli* entre 10 e 100 NMP/g. Nesse sentido, ao comparar os resultados apresentados na Tabela 6, com o valor de referência estabelecido pela Instrução Normativa supracitada, é possível notar que as amostras 1, 2, 3, 4, 6 e 7 estão de acordo com os padrões microbiológicos vigentes. Entretanto, a amostra 7, apesar de estar em concordância com a legislação vigente, apresenta uma concentração de 9 NMP/g de *Escherichia coli*, o que chama atenção para a necessidade de melhorias nos processos de manipulação, armazenamento do tempero de açafrão-da-terra (DANTAS; ARAUJO, 2015). Já a amostra 5, por sua vez,

encontra-se em desacordo com a legislação vigente, pois, apesar de estar dentro da faixa aceitável para os níveis de *Escherichia coli* estabelecidos, apresentaram resultado positivo para presença de *Salmonella sp.*, conforme evidenciado na Figura 15.

Figura 15 - Resultados obtidos para pesquisa de *Salmonella sp.*

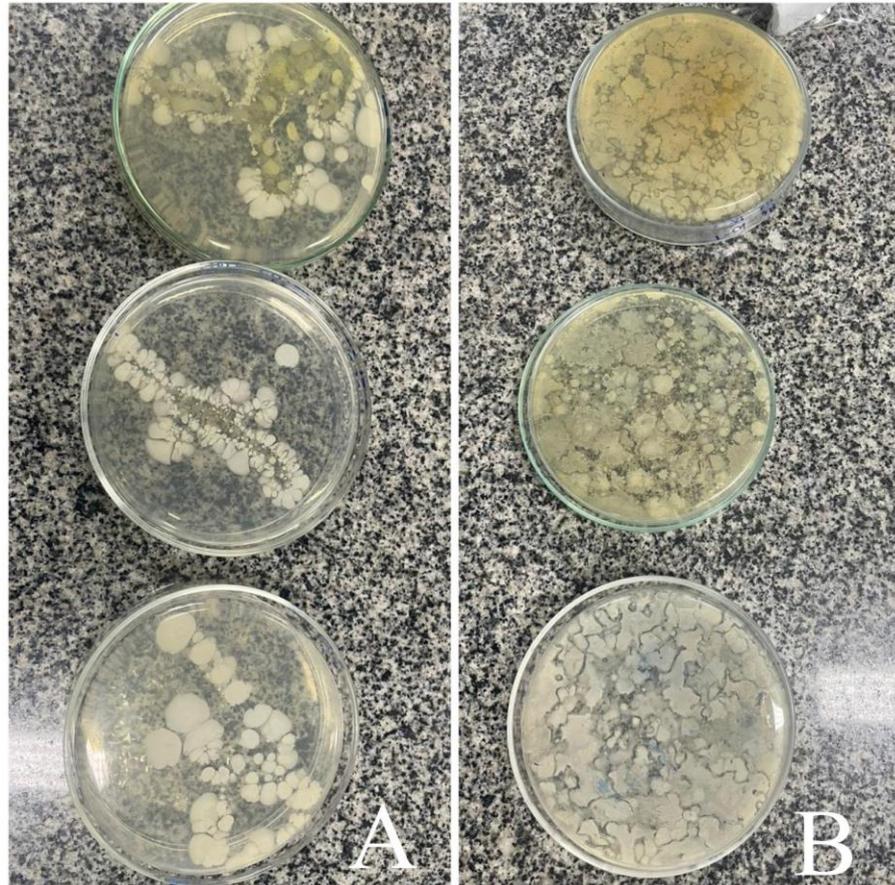


Fonte: Autoria própria (2024)

Esta observação é preocupante, haja visto que a *Salmonella* é responsável pelo aparecimento de uma série de doenças alimentares, incluindo gastroenterite e entre outros (FOLEY; LYNNE, 2007). Ademais, também foi possível notar que a amostra 1 foi a única que apresentou ausência de *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* e de colônias de bolores e leveduras, o pode indicar uma melhor qualidade microbiológica do tempero, em relação às outras amostras analisadas.

A Instrução Normativa 161 (2022) não estabelece valores de referência para as análises de bactérias, bolores e leveduras em temperos desidratados. No entanto, é notável a presença, ainda que em baixas concentrações destes microrganismos em algumas das amostras analisadas, conforme ilustrado pela Figura 16. Embora não haja um parâmetro a ser seguido é importante estar atento à concentração de microrganismos, já que muitos são capazes de produzir toxinas e interferir na saúde do consumidor, além de evidenciar condições higiênico-sanitárias insatisfatórias e falhas durante o processamento (CUNHA NETO; SILVA; MACHADO, 2013).

Figura 16 - Resultados obtidos para pesquisa de microrganismos mesófilos.



Fonte: Autoria própria (2024)

A) Colônias de fungos e leveduras; B) Colônias de bactérias.

Além disso, se compararmos os resultados obtidos para as amostra 6 e 7, e considerando que ambas amostras previamente desidratadas foram obtidas de uma mesma amostragem, torna-se possível observar que houve uma diminuição da carga microbiana, de modo que a amostra 7 apresentou um melhor resultado. Isto pode indicar que a desidratação em protótipo de infravermelho foi mais eficiente para remoção da carga microbiológica, se comparada com a secagem em estufa.

5 CONCLUSÃO

O estudo do método de secagem é uma ferramenta importante para o processo de determinação do teor de umidade nos alimentos, visto que a quantidade de água interfere diretamente em sua conservação. No presente trabalho, os resultados para os diferentes métodos de secagem foram satisfatórios, entretanto, a desidratação do açafão-da-terra em estufa apresentou algumas variações na concentração da curcumina, o principal composto bioativo do açafão-da-terra, o que pode indicar uma possível degradação térmica deste componente. Já a secagem por infravermelho destacou-se por promover o aumento da eficiência do processo de secagem, haja visto que houve uma diminuição do tempo de secagem, de aproximadamente 62,5%, se comparado com a secagem convencional em estufa, uma maior preservação dos compostos presentes na amostra e um aspecto mais quebradiço, o que pode indicar uma secagem mais apropriada. Entretanto, apesar dos resultados serem satisfatórios, foi possível notar que os teores de umidade residual encontrados foram relativamente altos, o que não assegura a manutenção prolongada da qualidade do açafão-da-terra. Além disso, os resultados obtidos para análise de cinzas sulfatadas também foram satisfatórios, haja visto que a maioria das amostras atenderam o limite estabelecido pela legislação, com exceção da amostra 5.

As análises por infravermelho proporcionaram a determinação da presença de alguns compostos presentes no açafão-da-terra, principalmente a curcumina, responsável pelo aspecto de odor e sabor característico do açafão-da-terra. As análises por UV-Vis, na região do visível, por sua vez, permitiram comparar as concentrações de curcuminas nas amostras, em função da intensidade da absorbância de cada uma delas, além de confirmar a presença da curcumina nas amostras, uma vez que as bandas de absorbância específicas encontram-se entre 420 e 430 nm, conforme esperado pela literatura.

As análises microbiológicas, por outro lado, permitiram avaliar a qualidade higiênico sanitária das amostras. Foi possível observar que todas as amostras de açafão-da-terra estão de acordo com a legislação vigente, com exceção da amostra 5, que apresentou resultado positivo para *Salmonella* sp., um microrganismo patógeno responsável pela transmissão de diversas doenças alimentares.

De modo geral, é possível dizer que a secagem por infravermelho se torna promissora, haja visto que promoveu a otimização do processo de secagem, a manutenção dos compostos bioativos do açafão-da-terra, e uma redução da carga microbiana.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A., PEREIRA, R. G. F. A., OLIVEIRA, L. A., & Silva, P. H. F. (2016). **Evaluation of turmeric (*Curcuma longa* L.) grown in different regions of Brazil: Curcuminoid and essential oil contents.** *Food Research International*, 89, 797-805.
- ABREU, L. R.; CRUZ, A. G.; WOLFF, E.; FAI, A. E. Processamento e conservação de temperos e condimentos: uma revisão. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2010.
- ABREU, N. D.; VILA, M. M. D. C.; TURBINO, M. **Desenvolvimento de método espectrofotométrico para determinação de curcumina.** 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Controle Sanitário de Alimentos.** Brasília: Anvisa, 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopéia Brasileira.** 6. ed. Brasília: Anvisa, v. 1, 2019. 904 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopéia Brasileira.** 6. ed. Brasília: Anvisa, v. 2, 2019. 744 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Instrução Normativa – IN nº 161.** Brasília: Anvisa, 6 jul. 2022. 22 p.
- AGGARWAL, B. B.; HARIKUMAR, K. B. Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. **International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 41, n. 1, p. 40-59, jan. 2009.
- ALI, A.; MENDEZ, T.; ANEES, K. et al. Avanços na extração, estabilidade e bioacessibilidade de curcuminoides de alimentos: uma breve revisão. **Food Measure**, v. 18, p. 4832–4844, 2024.
- ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. **Holos**, v. 4, p. 197, 2016.
- ANDRADE, Z. L. S.; ANTÃO, V. S. **Ervas condimentares desidratadas: é seguro consumir?** 2019. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2019.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J. **Water activity in foods: fundamentals and applications.** Blackwell Publishing, 2005.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. **Water activity in foods: fundamentals and applications.** Blackwell Publishing, 2003.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEGA-MERCADO, H. **Dehydration of foods.** Springer, 1996.

BEVILACQUA, A.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M. The microbiological quality of food. **Ciência, Tecnologia e Nutrição de Alimentos**, 2017.

BOUFLEUR, A. C. et al. Análise microbiológica de temperos elaborados à base de alho e pimenta. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**. v. 1, 1ª ed. Editora Científica Digital, 2020. p. 104–124.

BRASIL. **Lei nº 11.346**, de 15 de setembro de 2006. Lei de Segurança Alimentar e Nutricional. Brasília, DF, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim Epidemiológico**. Versão 1, vol. 51. Brasília, DF, 2020.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds**. Westport: AVI, 1992.

CARVALHO, R. H.; BASSINELLO, P. Z.; CRISTIANINI, M. Avaliação da estabilidade de condimentos naturais em comparação a produtos processados com conservantes. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 405-412, 2013.

CECCHI, M. H. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

CECÍLIO FILHO, A. B.; DE SOUZA, R. J.; BRAZ, L.T.; TAVARES, M. Curcuma: medicinal, spice and of other potential use plant. **Ciência Rural**, v. 30, p. 171-177, 2000.

CELESTINO, S. M. C. **Princípio de secagem de alimentos**. Platina (DF): Embrapa Cerrados – Documentos 276, 2010. 49 p.

CHARCOSSET, C.; JIANG, T.; GHOSH, R. Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials – a comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 112, p. 419-430, 2021.

CUNHA NETO, A.; SILVA, F. V.; MACHADO, A. P. Incidência de espécies fúngicas potencialmente toxigênicas em especiarias. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 17, n. 1, p. 9-18, maio 2013.

DANTAS, E. R.; ARAÚJO, A. S. Avaliação das propriedades físico-químicas e microbiológicas de pimenta biquinho e sua aplicação em formulações alimentícias. **XII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande**, 2015.

DEL SOCORRO, M. L. et al. DNA-binding activity and partial characterization by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) of Curcuma longa L. SC-CO2 extracts. **International Research Journal of Biological Sciences**, v. 2, n. 5, p. 40-44, 2013.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. Ciência rural, v. 39, n.3, p. 945-954, 2009.

DUDLEY, E. G. **Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers**. 5. ed. **Emerging Infectious Diseases**, v. 28, n. 1, p. 267, jan. 2022.

ÉVORA, P. R. B. et al. Comparação de técnicas FTIR de transmissão, reflexão e fotoacústica na análise de poliamida. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 34, n. 2, p. 123-128, 2002.

FAÇANHA, S. H. F. et al. Avaliação da garantia da qualidade higiênico-sanitária do programa de alimentação escolar da cidade de Sobal – CE. **Revista Higiene Alimentar**, v. 16, n. 100, p. 54-58, set. 2002.

FELLERS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FENNEMA, O. R. **Principles of Food Science**. 4^a ed. CRC Press, 2017.

FERNANDO, J.; GUNATHUNGA, C.; BRUMM, T.; AMARATUNGA, S. (2021). **Drying turmeric (*Curcuma longa* L.) using far-Infrared radiation: Drying characteristics and process optimization**. Journal of Food Process Engineering.

FOLEY, S. L.; LYNNE, A. M. Food animal-associated Salmonella challenges: pathogenicity and antimicrobial resistance. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 14 suppl, p. e173-87, abr. 2008.

FONTES, S. M. S. ***Curcuma longa* L.:** caracterização química e estudo da capacidade antioxidante. 2018.

FURLANETO, L.; MENDES, S. Análise microbiológica de especiarias comercializadas em feira livre e hipermercados. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 87-91, 2004.

FURLANI, R. P.; RINALDO, D. **Abordagem verde e multiparamétrica para extração e análise de curcuminóides em açafrão-da-terra, utilizando solventes eutéticos e bioetanol**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2021. 88 p.

G1. Ouro na cozinha: quilo do açafrão verdadeiro custa cerca de R\$ 70 mil. 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2014/05/ouro-na-cozinha-quilo-do-acafrao-verdadeiro-custa-cerca-de-r-70-mil.html>. Acesso em: 20 jul. 2024.

GATE, N. R.; GAIBU, Z. M. H.; DULANGE, K. C.; BAMGONDE, S. S.; KALSHETTI, M. S. **Development and validation of uv spectrophotometric method for simultaneous estimation of tartrazine and sunset yellow in foodstuff**. Asian Journal of Pharmaceutical Analysis and Medicinal Chemistry. 7(2), 2019, 48-56.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 9. ed. São Paulo: Editora Nobel, 2009.

GLOBO ESPORTE. **Curcuma: benefícios, receitas e como usar para reforçar a imunidade**. Eu Atleta: Nutrição, 2023. Disponível em: <https://ge.globo.com/eu-atleta/nutricao/noticia/curcuma-beneficios-receitas-e-como-usar-para-reforcar-a-imunidade.ghtml>. Acesso em: 20 jul. 2024.

- GLÓRIA, M. B. A.; SOUZA, C. R. A. Chemical analysis of turmeric from Minas Gerais, Brazil and comparison of methods for flavour free oleoresin. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 41, p. 218-224, 1998.
- GOEL, A.; KUNNUMAKKARA, A. B.; AGGARWAL, B. B. Curcumin as “curecumin”: from kitchen to clinic. **Biochemical Pharmacology**, v. 75, n. 4, p. 787-809, 2008.
- GOYAL, S.; GUPTA, N.; CHAUDHARY, S. Curcumin: A Comprehensive Review of Its Chemical, Biological, and Therapeutic Aspects. **Natural Product Research**, v. 31, n. 6, p. 620-638, 2017.
- GOVINDARAJAN, V. S.; STAHL, W. H. Turmeric—chemistry, technology, and quality. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 12, n. 3, p. 199-301, 1980.
- GRANDI, T. S. M. **Tratado das plantas medicinais: mineiras, nativas e cultivadas**. 1. ed. Belo Horizonte: Adaequatio Estúdio, 2014. 1204 p.
- Hewlings SJ, Kalman DS. **Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health**. *Foods*. 2017 Oct 22;6(10):92.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de exportação de produtos alimentícios**. 2020.
- JANSEN, P. C. M. **Spices, condiments and medicinal plants in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance**. Center for Agricultural Publishing and Documentation, 1981.
- JAYAPRAKASHA, G. K.; RAO, P. U. Quantification of curcumin in turmeric by high performance liquid chromatography (HPLC). **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 761-767, 2011.
- KANG, J. W.; SHAH, S. H. **Infrared drying of foods and agricultural products**. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- KRZYZANOWSKI, F. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999.
- KUDRA, T.; MUJUMDAR, A. S. **Tecnologias avançadas de secagem**. 2. ed. CRC Press, 2009.
- LAL, J. Turmeric, curcumin and our life: a review. **Bulletin of Environmental Pharmacology and Life Sciences**, v. 1, n. 7, p. 11-17, 2012.
- LEE, H. J.; LEE, M. J. Historical and modern biogeography of the genus *Curcuma* (Zingiberaceae) in Southeast Asia. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 96, n. 1, p. 19-27, 2008.
- LIANO, J. C.; GÓMEZ, F. A.; DUARTE-CORREA, J. Impact of moisture content on the quality of turmeric (*Curcuma longa*) during processing and storage. **Journal of Food Quality**, v. 45, n. 2, p. 114-125, 2022.

LIMA, E. O. A.; ASSIS, C. F. **Curcuma longa L.: uma revisão sobre composição química e atividades biológicas in vitro.** 2020.

LOPRESTI, A. L.; MAES, M.; MEDDENS, M.J.; MAKER, G.L.; ARNOLDUSSEN, E.; DRUMMOND, P.D. Curcumin and major depression: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial investigating the potential of peripheral biomarkers to predict treatment response and antidepressant mechanisms of change. **Eur Neuropsychopharmacol.** 2015 Jan;25(1):38-50.

MARCHI, J. P.; TEDESCO, L.; DA CRUZ MELO, A.; FRASSON, A. C.; FRANÇA, V. F.; SATO, S. W.; WIETZIKOSKI, E. C. **Curcuma longa L., o açafrão da terra, e seus benefícios medicinais.** Arquivos de Ciências da Saúde da Unipar, v. 20, n. 3, 2016.

MASKAN, M. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering,** v. 48, n. 2, p. 177-182, 2001.

MASSIMO, L. C.; YOSHIOKA, S. A. **Nanopartículas de curcuma: obtenção e caracterização.** 2016. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

MENON, V. P.; SUDHEER, A. R. Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. **Advances in Experimental Medicine and Biology,** v. 595, p. 105-125, 2007.

MORAIS, S. M.; CAVALCANTI, E. S. B.; COSTA, S. M. O.; AGUIAR, L.A. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia,** v. 19, n. 1B, p. 315-320, jan./mar. 2009.

MUJUMDAR, A. S. (Ed.). **Manual de secagem industrial.** 3. ed. CRC Press, 2006.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying.** 4^a ed. CRC Press, 2014.

MULLER, J.; MARESHAL, D. M.; BAKER, C. G. J. **Handbook of Industrial Drying.** 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

MURUGAN, P.; SARAVANAN, D.; SUDHAKAR, K.; WILSON, V. Industrial and small-scale biomass dryers: an overview. **Energy Engineering,** v. 118, p. 435-446, 2021.

NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; OLIVEIRA, R. A. Modelagem matemática de secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de *Moringa oleifera*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 19, n. 7, p. 686-692, jun. 2015.

O SUL. Açafrão: tempero mais caro do mundo é cada vez mais falsificado. 2021. Disponível em: <https://www.osul.com.br/acafrao-tempero-mais-carro-do-mundo-e-cada-vez-mais-falsificado/>. Acesso em: 08 ago. 2024.

OLIVEIRA, D. E. T. B. et al. Curcumina como indicador natural de pH: uma abordagem teórico-experimental para o ensino de química. **Química Nova,** v. 44, n. 2, p. 217-223, set. 2020.

OLIVEIRA, D. M.; SILVA, T. R.; MENEZES, H. C. A. Tendências de consumo de alimentos saudáveis no Brasil: um estudo de caso. **Revista de Nutrição**, v. 28, n. 4, p. 397-406, 2015.

OLIVEIRA, T. F. V.; TONIN, L. T. D.; PALIOTO, G. F. **Características químicas e microbiológicas do açafrão-da-terra (*Curcuma longa*)**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, 2017. 62 p.

PAN, Z.; SHIH, C.; MCHUGH, T. H.; HIRSCHBERG, E. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p. 1944-1951, 2008.

PANDEY, A.; GOYAL, R. K.; SINGH, V. Effect of moisture content on the quality and shelf life of turmeric (*Curcuma longa*) powder. **Food Chemistry**, v. 132, n. 2, p. 945-950, 2012.

PEREIRA, R. de C. A. Açafrão (*Curcuma longa* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Ed. Téc.). **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. 2. ed. rev. atual. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2019. Cap. 5, p. 51-53.

PÉRET-ALMEIDA, L.; NAGHETINI, C. C.; NUNAN, E. A.; GLÓRIA, M. B. A. **Atividade antimicrobiana de diferentes extratos de *Curcuma longa* L.** 2º Simpósio em Ciência de Alimentos. Simpocal/Sbcta. Florianópolis, SC, 28 a 30 de maio de 2019.

PRUTHI, J.S. Spices and condiments: chemistry, microbiology, technology. **Adv Food Res Suppl**, n.4, p. 1-449, 1980.

RABELLO, A. A. et al. Utilização da radiação infravermelha na secagem de amostras de banana. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n. 4, p. 39317-39330, 2021.

RAMASWAMY, H. S.; DATTA, A. K. **Advances in food engineering research and applications**. Springer, 2001.

RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H.; DATTA, A. K. **Engineering properties of foods**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

RAO, M. S.; CHOUDHURY, A. Processing of turmeric (*Curcuma longa*) and its by-products. **Spices and Condiments: Processing and Preservation**. Boca Raton: CRC Press, 2011. p. 115-124.

RAPALLI, V. K. et al. UV spectrophotometric method for characterization of curcumin loaded nanostructured lipid nanocarriers in simulated conditions: method development, in-vitro and ex-vivo applications in topical delivery. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 224, p. 117392, 2020.

RATHORE, N. S.; PANWAR, J. D. Influence of drying methods on the quality of turmeric (*Curcuma longa*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 192-198, 2011.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 4, p. 311-319, 2001.

RAVINDRAN, P. N.; NIRMAL BABU, K.; SIVARAMAN, K. **Turmeric: The genus Curcuma**. Boca Raton: CRC Press, 2007.

RODRIGUES, M. I.; OLIVEIRA, P. V. Effect of temperature on the drying and quality of red pepper (*Capsicum annuum*). **Food Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 413-419, 2019.

ROTH, G. N.; CHANDRA, A.; NAIR, M. G. Novel bioactivities of *Curcuma longa* constituents. **Journal of Natural Products**, v. 61, p. 542-545, 1998.

SAKARE, P., PRASAD, N., THOMBARE, N. *et al.* Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances. **Food Eng Rev** 12, 381–398 (2020).

SALLAWI, T. *et al.* *Arbutus unedo* L. e *Ocimum basilicum* L. como conservantes naturais de pão. **Instituto Politécnico de Bragança**, Bragança, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2018.

SANDU, C. Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. **Biotechnology Progress**, v. 2, n. 3, p. 109-119, 1986.

SASIKUMAR, B. Genetic resources of *Curcuma*: diversity, characterization and utilization. **Plant Genetic Resources**, v. 3, n. 2, p. 230-251, 2005.

SHANG, Z. *et al.* Advances in chemical constituents and quality control of turmeric. **World Journal of Traditional Chinese Medicine**, v. 5, p. 116-121, 2019.

SILVA, F. L.; MARTINS, G. F.; ALMEIDA, P. A. Impacto da secagem na qualidade de plantas medicinais e aromáticas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 641-650, 2015.

SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e secadores. In: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 107-138.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SUETH-SANTIAGO, V.; MENDES-SILVA, G. P.; DECOTÉ-RICARDO, D.; LIMA, M. E. F. Curcumina, o pó dourado do açafreão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 538-552, 2015.

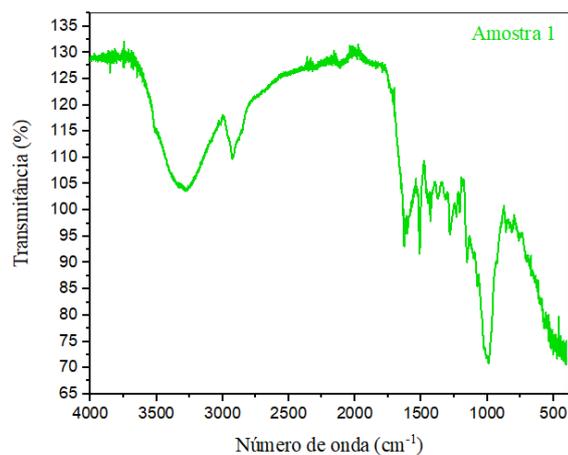
VIANA, A. V.; VIANA, D. S. F.; FIGUEIRÊDO, G. S.; BRITO, J. E.; VIANA, V. G. F.; JUNIOR, V. G. F. V. Potencial antimicrobiano das nanopartículas de prata estabilizadas em curcumin e extrato de folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). **Research, Society and Development**, vol. 10, n. 9, julho de 2021.

YADAV, R. P.; TARUN, G. Versatility of turmeric: a review – the golden spice of life. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 1, p. 41-46, 2017.

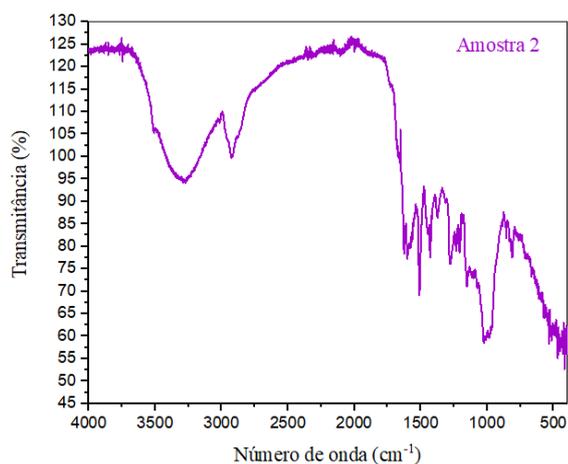
ZAMBONI, C. Q. *et al.* Fraudes e sujidades em condimentos comercializados na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 51, n. 1/2, p. 19-22, 1991.

ANEXO

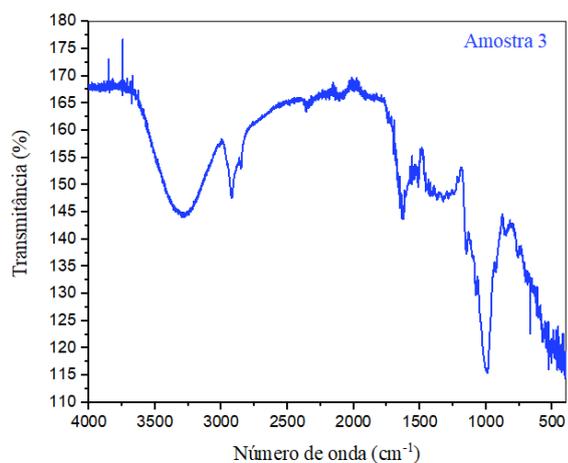
ANEXO 1 – Espectro de IV do açafrão-da-terra comercial (amostra 1)

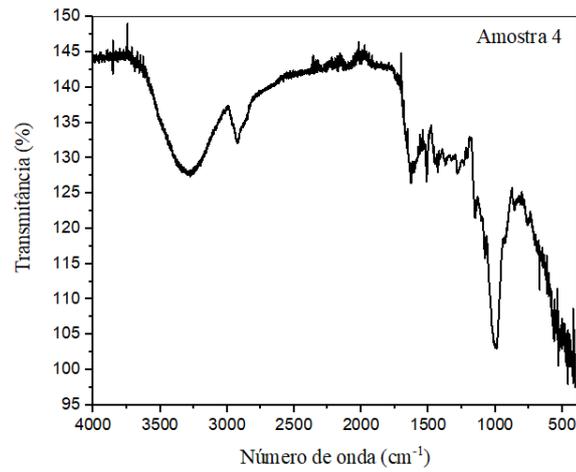
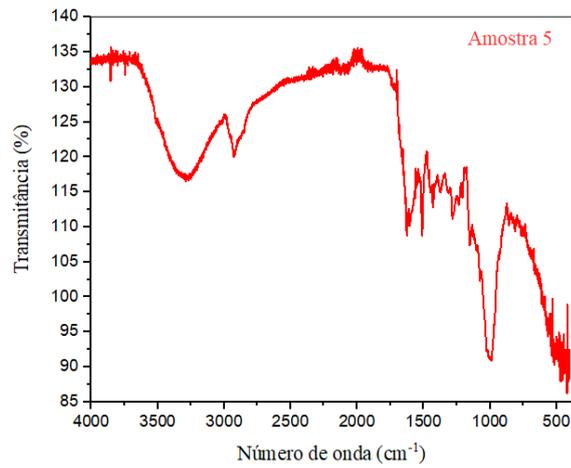
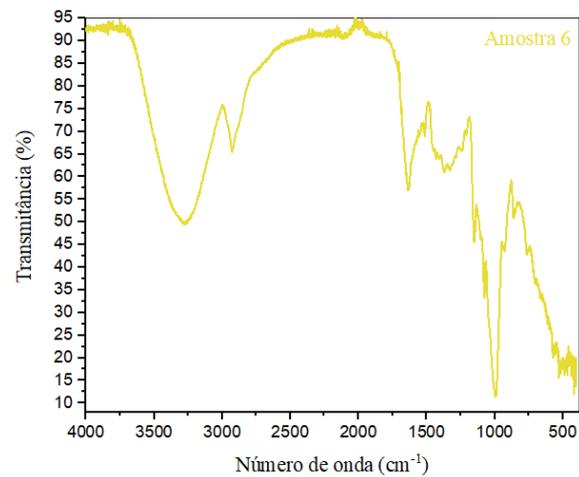


ANEXO 2 – Espectro de IV do açafrão-da-terra comercial (amostra 2)

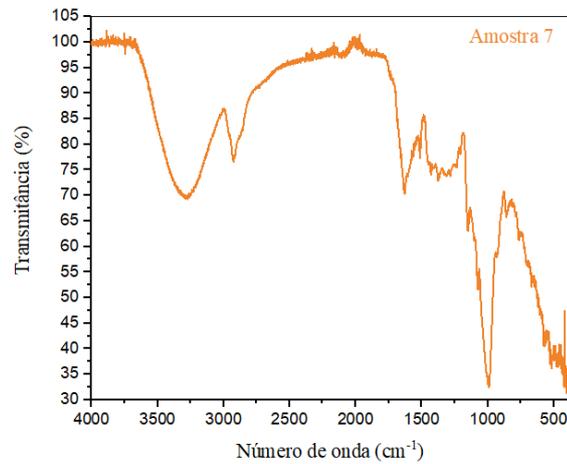


ANEXO 3 – Espectro de IV do açafrão-da-terra comercial (amostra 3)

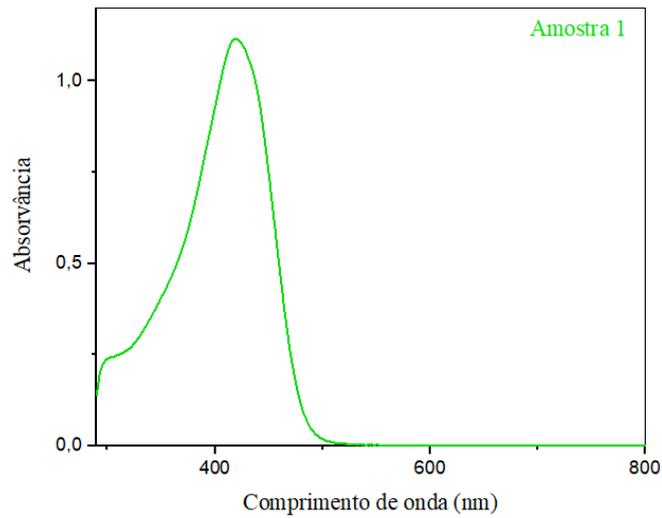


ANEXO 4 – Espectro de IV do açafão-da-terra comercial (amostra 4)**ANEXO 5 – Espectro de IV do açafão-da-terra comercial (amostra 5)****ANEXO 6 – Espectro de IV do açafão-da-terra *in natura* desidratado em IV(amostra 6)**

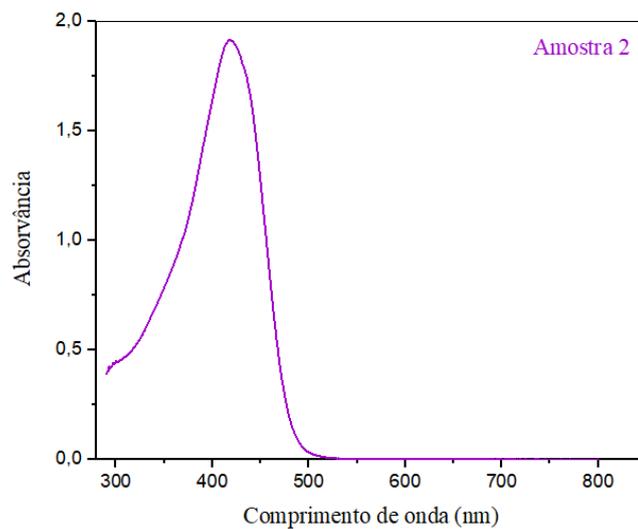
**ANEXO 7 – Espectro de IV do açafão-da-terra *in natura* desidratado em estufa
(amostra 7)**

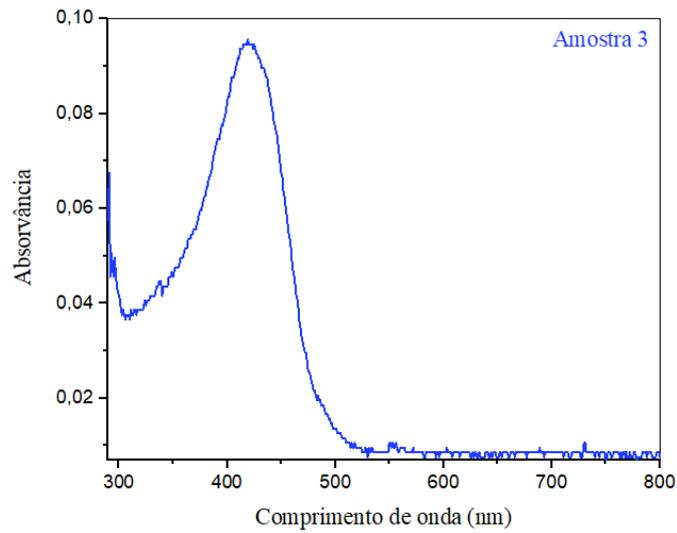
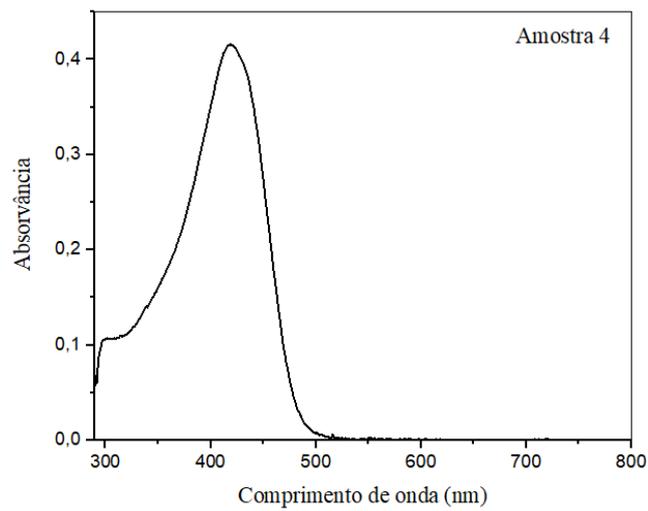
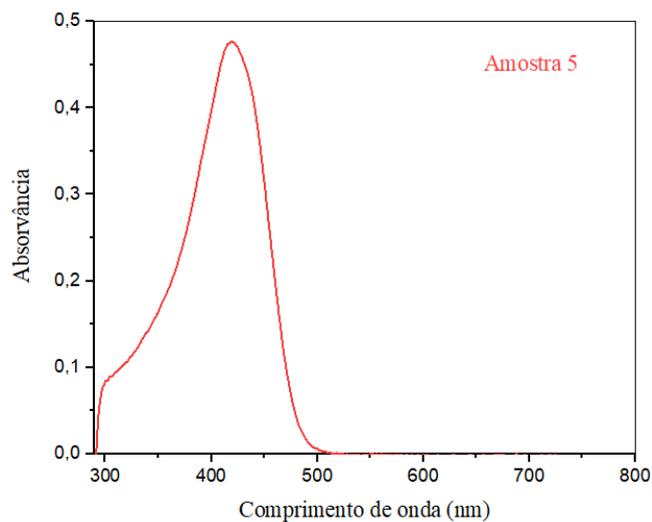


ANEXO 8 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra comercial (amostra 1)

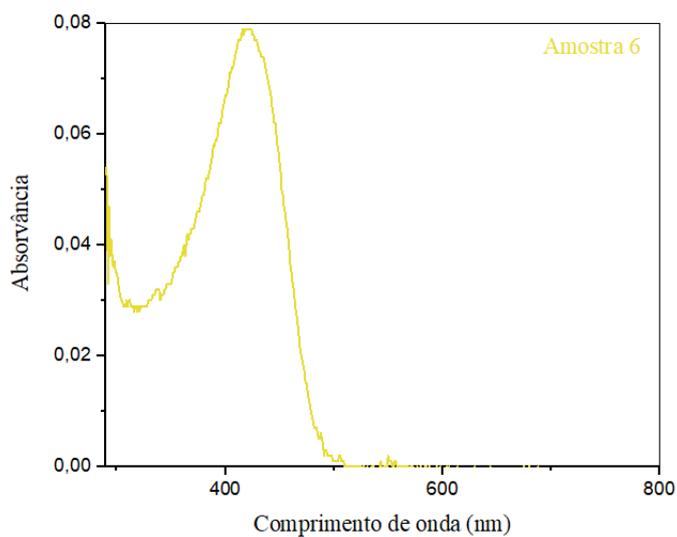


ANEXO 9 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra comercial (amostra 2)



ANEXO 10 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra comercial (amostra 3)**ANEXO 11 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra comercial (amostra 4)****ANEXO 12 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra comercial (amostra 5)**

**ANEXO 13 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra *in natura* desidratado em IV
(amostra 6)**



**ANEXO 14 – Espectro de UV-Vis do açafão-da-terra *in natura* desidratado em estufa
(amostra 7)**

