

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

MONICK CRISTINA BRAGA

**QUALIDADE DE FOLHA DE *CURCUMA LONGA* L.
DESIDRATADA OBTIDA COM DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

Goiânia
2016

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

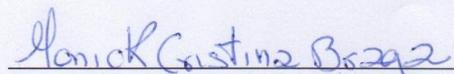
Nome completo do autor: Monick Cristina Braga

Título do trabalho: Qualidade de folha de *Curcuma Longa* L. desidratada obtida com diferentes métodos de secagem

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 26 / 09 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

MONICK CRISTINA BRAGA

**QUALIDADE DE FOLHA DE *CURCUMA LONGA L.*
DESIDRATADA OBTIDA COM DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^a. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Caliari

Goiânia
2016

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

Braga, Monick Cristina

Qualidade de folha de Curcuma Longa L. desidratada obtida com diferentes métodos de secagem [manuscrito] / Monick Cristina Braga. - 2016.

96 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira; co orientador Dr. Márcio Caliarí.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2016.

Bibliografia. Anexos.

Inclui fotografias, gráfico, tabelas.

1. Secagem micro-ondas. 2. Secagem convectiva. 3. Liofilização. 4. Composição proximal. 5. Compostos bioativos. I. Ferreira de Oliveira, Tatianne, orient. II. Título.

CDU 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MONICK CRISTINA BRAGA. Aos vinte seis dias do mês de setembro de 2016 (26/09/2016), às 13h00min, reuniram os componentes da Banca Examinadora: Profa. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira – Orientadora – PPGCTA/EA/UFG, a Profa. Dra. Darlene Ana de Paula Vieira – IFE/Inhumas e a Profa. Dra. Fernanda Salamoni Becker – IFG/Morrinhos, para sob a presidência da primeira, e em sessão pública realizada na sala 18 – prédio Central-EA/UFG, proceder a avaliação da defesa de dissertação intitulada: “**QUALIDADE DE FOLHA DE CURCUMA LONGA L. DESIDRATADA OBTIDA COM DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM**”, em nível de MESTRADO, área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, de autoria de **MONICK CRISTINA BRAGA**, discente do Programa de PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Profa. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora da dissertação, que, em trinta minutos, procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca fez arguição da examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa, tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1010/2011 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi **Aprovada** e, para fins de expedição do diploma de MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, na área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS pela Universidade Federal de Goiás, a mesma deverá proceder de acordo com as normas, nos termos do artigo 68 da resolução do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Cumpridas as formalidades de pauta, às 15h30min, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação, e para constar, lavrou-se a presente Ata, que, depois de lida e aprovada, é assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

Profa. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira
Presidente – PPGCTA/EA/UFG

Profa. Dra. Darlene Ana de Paula Vieira
Membro – IFG/Inhumas

Profa. Dra. Fernanda Salamoni Becker
Membro – IFG/Morrinhos

À Deus e a todos que me ajudaram a obter mais essa conquista.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de evolução, pela força e saúde, e pelas bênçãos diárias.

Aos meus pais, Bragmar Emílio Braga e Elizabeth Correia Braga, pelo amor incondicional, pelo exemplo de caráter e pelo incentivo nos momentos mais importantes da minha vida. Meu eterno amor, gratidão e respeito.

Ao meu marido, Marcus Magalhães Costa, pelo amor, força e compreensão.

As minhas irmãs, Michelle Braga e Muriel Camila Braga, pelo carinho e amizade.

Aos meus familiares, em especial Eunice Maria Magalhães e Maria Helena Correia Grotta, por cuidarem da minha filha para que pudesse concluir esse mestrado e por sempre acreditarem em mim.

À Prof^a Dr^a Tatianne Ferreira de Oliveira, pela oportunidade de orientação, pelo aprendizado, e principalmente, pela confiança e respeito.

Ao Prof Dr. Márcio Caliari, pela co-orientação, ajudando a enriquecer o trabalho.

Ao Prof. Dr. Armando Garcia Rodriguez (ICB/UFG), pela auxílio na análise de cianogênicos.

A Cooperativa de Produtores de Açafrão (Cooperaçafrão) de Mara Rosa – GO pela doação das amostras.

A companheira de mestrado e amiga, Ellen Caroline Silvério Vieira, pelo imenso apoio nas análises químicas e pelos ótimos momentos no laboratório.

À grande amiga, Aline Bessa Parmigiani Monteiro, pelos momentos de estudo, descontração, força e amizade, e por estar sempre disposta a ajudar-me.

A companheira de mestrado e amiga, Thays Lorryne Lavrinha e Silva, pelo carinho e amizade, e pelo incentivo e companheirismo nos momentos difíceis.

À Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

Uma das grandes descobertas de um homem, uma das suas maiores surpresas, é descobrir que pode realizar o que pensava que não poderia.

Henry Ford

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e caracterizar os compostos bioativos e capacidade antioxidante da folha da *Cúrcuma Longa* L. submetida a três métodos de secagem: estufa, liofilização e micro-ondas, assim como o estudo cinético pelos métodos de secagem por convecção e micro-ondas. Para o estudo cinético as folhas foram secas por convecção (temperatura de 60°C) e micro-ondas (potência de 900 W). Foi realizada a modelagem matemática utilizando vários modelos, sendo eles: Lewis, Page, Henderson e Pabis, Wang & Singh e logarítmico, ajustando os modelos aos dados experimentais cinéticos. Os resultados obtidos revelaram que o tempo de secagem por micro-ondas foi 60 vezes inferior ao de secagem convectiva. O modelo de Page foi o que melhor ajustou os dados de cinética de secagem pelos dois métodos. O conteúdo de fenólicos foi superior na folha seca (185,42mg/100g⁻¹±0,65) pelo método micro-ondas (p<0,05) que na folha seca por convecção (183,76 mg/100g⁻¹±0,60), apresentando conteúdo de fenólicos maior que três vezes o da folha *in natura* (54,88mg/100g⁻¹±0,76). Observou-se que o processo de secagem não influenciou na variação de cor (ΔE) da folha seca. Para o estudo da caracterização física e química de folhas de *Curcuma longa* L. através do estudo da composição centesimal da folha fresca, composição de minerais, presença de fatores antinutricionais e avaliação da variação de cor da folha fresca e seca, estas foram desidratadas pelos métodos de micro-ondas, estufa e liofilização. A composição centesimal apresentou quantidades apreciáveis de proteínas (39,5g (100g)⁻¹ ±0,91), carboidratos (44,74g (100g)⁻¹±1,04), fibras totais (34,47g (100g)⁻¹±0,98), sendo fibra solúvel (22,65g (100g)⁻¹±0,65), fibra insolúvel (11,81g (100g)⁻¹±0,34), cinzas (13,81g (100g)⁻¹±1,05), e baixo teor de lipídeos (2,47g (100g)⁻¹±0,12). A composição mineral mostrou maiores valores de Na, Mg, Ca, K, P e Mn. Outros minerais foram Fe e Zn. Observou-se baixos teores de nitrato 0,05 mg/g±0,00 (folha fresca) e 0,46-0,47mg/g (folhas secas) e não apresentou compostos cianogênicos em sua composição. Observou-se que o processo de secagem influenciou na variação de cor das folhas secas, aumentando a luminosidade, diminuindo a intensidade da cor verde e provocando a mudança da tonalidade verde para verde amarelada. Para o estudo do efeito de diferentes métodos de conservação (secagem em estufa, em micro-ondas e liofilização) no conteúdo de compostos bioativos e na capacidade antioxidante de folhas de cúrcuma, estas foram desidratadas por secagem em estufa (60°C), em micro-ondas (900 W) e liofilização (vácuo de 300 mmHg) até umidade de equilíbrio (0,030 kg_{água}.kg_{sólido seco}⁻¹). O conteúdo de fenólicos totais, taninos hidrolisados e condensados e atividade antioxidante (sequestradora de DPPH, redução e quelação de ferro) de folhas cúrcuma secas e fresca foram avaliados. Os métodos de secagem provocaram redução de todas as características avaliadas, em base seca (2,77 a 73,86%) e capacidade antioxidante em relação à folha fresca (67 a 98%). A secagem por micro-ondas foi o método de conservação estudado que produziu as melhores folhas secas, com base no conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante (sendo superior de 0,9 a 612% em relação aos outros métodos utilizados).

Palavras chaves: secagem convectiva; secagem em micro-ondas; liofilização; composição proximal; compostos bioativos.

QUALITY OF *CURCUMA LONGA* L. LEAVES DEHYDRATED OBTAINED WITH DIFFERENT DRYING METHODS

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physical and chemical quality *Curcuma Longa* L. leaf submitted to three drying methods: hot air drying, freeze-drying and microwave drying, as well as the study of kinetic drying methods by convection and microwave. For the kinetic study the leaves were dried by hot air (60 °C) and microwave drying (900W power). Mathematical modeling using various models was performed, as follows: Lewis, Page, Henderson and Pabis, Wang and Singh, and logarithmic models were used to adjust experimental kinetic data. The results showed that the drying time of microwave was 60 times lower than hot air drying. Page model was the best adjusted the drying kinetics data by both methods. The phenol content was higher in the dry leaf (185.42mg/100g⁻¹±0,65) by microwave (p <0.05) than in the hot air dried leaf (183,76 mg/100g⁻¹±0,60), showing phenolic content greater than three times the fresh leaf (54,88mg/100g⁻¹±0,76). It was observed that the drying process does not influence the color variation (ΔE) of the dried leaf. To study the physical and chemical characterization of *Curcuma longa* L. leaves by studying the chemical composition of the fresh leaf, mineral composition, antinutritional factors and evaluation of the color change of fresh and dry leaf, they were dehydrated by methods microwave, hot air drying and freeze-drying. The chemical composition showed appreciable amounts of protein (39,5g (100g) -1 ± 0.91), carbohydrates (44,74g (100g) -1 ± 1.04), total fiber (34,47g (100g) -1 ± 0.98), and soluble fiber (22,65g (100g) -1 ± 0.65), insoluble fiber (11,81g (100g) -1 ± 0.34), ash (13,81g (100g) - 1 ± 1.05), and low in lipids (2,47g (100g) -1 ± 0.12). The mineral composition showed higher amounts of Na, Mg, K, Ca, P, and Mn. Other minerals are Fe and Zn. It was observed low levels of nitrate 0.05 mg / g ± 0.00 (fresh leaf) and 0,46-0,47mg / g (dry leaves) and showed no cyanogenic compounds in its composition. It was observed that the drying process influence on color variation of the dry leaves, increasing the brightness, diminishing the intensity of green color and causing the change in the shade of green to yellowish green. To study the effect of different methods of preservation (hot air drying, in a microwave and freeze-drying) the content of bioactive compounds and antioxidant capacity of turmeric leaves, they were dehydrated by drying in an oven (60 ° C) in microwaves (900 W) and lyophilizing (vacuum of 300 mmHg) until equilibrium moisture content (0.030 kgágua.kgsolido dry⁻¹). The content of total phenolics, tannins hydrolysates and condensates and antioxidant activity (DPPH scavenging, reducing and iron chelation) of dried and fresh *Curcuma longa* leaves were evaluated. The drying methods led to reduction of all the characteristics assessed on a dry basis (2.77 to 73.86%) and antioxidant capacity compared to fresh leaf (67 to 98%). The microwave drying was preservation method studied which produced the best dry leaves, based on the content of bioactive compounds and antioxidant capacity (top being 0.9 to 612% compared to other methods).

Key words: hot air drying; microwave drying; freeze drying; proximal composition; bioactive compounds.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 Resíduo agroindustrial de <i>Curcuma Longa L.</i>	3
2.2 Compostos bioativos.	5
2.3 Antioxidantes	6
2.4 Secagem	8
2.4.1 Secagem em estufa	9
2.4.2 Secagem por micro-ondas	10
2.4.3 Secagem por liofilização	11
2.5 Cinética de secagem.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPÍTULO II	22
ARTIGO I- Aproveitamento da folha de <i>curcuma longa</i> l.: estudo cinético utilizando diferentes métodos de secagem	22
ANEXO A- Normas de Publicação Brazilian Journal	42
CAPÍTULO III	50
ARTIGO II- Folha de <i>Curcuma longa L.</i> in natura e desidratadas por diferentes métodos: caracterização físico-química	50
ANEXO A- Normas de Publicação Food Chemistry	69
CAPÍTULO IV.....	73
ARTIGO III- Influência do método de desidratação nos compostos bioativos de folha de <i>Curcuma longa L.</i>	73
ANEXO A- Normas de Publicação Food Research International.....	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Resíduos de hortaliças geralmente são desprezados pela agroindústria, no entanto poderiam ser utilizados como fontes alternativas de nutrientes. Alimentos não convencionais têm sido pesquisados, visando obter alimentos de boa qualidade e acessível a todos os consumidores (SILVA et al., 2013).

A busca do aproveitamento integral dos alimentos incentiva o desenvolvimento de pesquisas científicas que contribuam para a redução dos resíduos agroindustriais, visto que, estes resíduos, servem como fontes de proteínas, aminoácidos, minerais, vitaminas, lipídeos e fibras, passíveis de extração e aproveitamento (COELHO et al., 2001). Além disso, o mercado, cada vez mais crescente, vem estimulando o estudo sobre fontes alimentícias naturais de antioxidantes (SINGH et al., 2010)

Consegue-se aumentar o valor agregado do subproduto, que antes era apenas resíduo agrícola, tornando-o apto a ser utilizado em outras cadeias produtivas. Além dos benefícios econômicos decorrentes, importante também passa a ser o impacto social, uma vez que o aproveitamento de resíduos poderia levar a uma diminuição de preço dos produtos, que passariam a utilizar tais ingredientes ou componentes, aumentando a competitividade do mercado, conseguindo, portanto, atingir camadas sociais de renda mais baixa com tais produtos mais baratos, sem perda de qualidade.

A *Curcuma longa L.*, especiaria aromática nativa do Sudeste da Ásia, era originalmente usada como aditivo alimentar em curries para melhorar as condições de armazenamento, palatabilidade e preservação de alimentos (JAYAPRAKASHA et al., 2005). Existem vários estudos relacionados com os rizomas, suas propriedades e usos, como terapêutico, antimicrobiano, antifúngico, inseticida, anti-inflamatória e propriedades antioxidantes (KHATTAK et al., 2005; KITA et al., 2016; SINGH et al., 2010). No entanto as folhas, que são resíduos obtidos durante as operações de pós-colheita ainda não são bem aproveitadas. Todavia, para utilização de folhas vegetais como fonte alternativa de nutrientes, é necessário o conhecimento da composição química nutricional e não nutricional, a fim de incorporá-las na dieta humana.

A secagem é um método pelo qual ocorre a extração da água livre no alimento, o que contribui diretamente na estabilidade, tanto microbiológica, quanto em termos de reações enzimáticas deteriorantes tais como escurecimento e rancificação. Ao diminuir-se o teor de água, essas reações são desaceleradas, quando não evitadas, garantindo uma vida útil maior ao produto (COSTA, 2007).

Portanto, os diferentes métodos de secagem dos resíduos se perfaz como alternativas para aproveitamento e agregação de valor aos mesmos. O estudo da cinética de secagem se torna uma saída relevante para otimização e diminuição de riscos na implantação de projetos nas indústrias, elevando a possibilidade de obtenção de bons resultados práticos.

Identifica-se pois, a necessidade de buscar soluções que propiciem a possibilidade de desenvolver alternativas de valorização de resíduos agroindustriais secos. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade de folha da *Cúrcuma Longa* L. desidratada utilizando três métodos de secagem: estufa, liofilização e microondas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduo Agroindustrial da produção da *Curcuma longa* L.

As alternativas de aproveitamento de resíduos agroindustriais seja no uso doméstico, bem como sua incorporação na elaboração de produtos industrializados, podem contribuir substancialmente para aumentar a disponibilidade de nutrientes, sendo uma fonte de baixo custo de proteínas, fibras e minerais (PEREIRA, *et al.*, 2003). Poucas alternativas são encontradas para a utilização da maior parte dos resíduos vegetais, sendo estes, geralmente descartados, utilizados na adubação orgânica ou na nutrição animal (PELIZER; PONTINERI; MORAES, 2007).

Inúmeros estudos utilizando resíduos agroindustriais têm sido realizados com objetivo de desenvolver novos produtos e combater o desperdício, aproveitando integralmente as hortaliças, por meio da utilização de partes não convencionais (STORCK *et al.*, 2013; MELO; FARIA, 2014; SILVA *et al.*, 2013). Ao se realizarem estudos para aproveitamento de resíduos, muitas características estruturais e funcionais dos materiais devem ser estudadas, principalmente para sua caracterização e, conseqüentemente, tomar decisões a respeito de suas aplicabilidades.

Pelizer, Pontineri e Moraes (2007) reportaram que se forem empregadas tecnologias adequadas, os resíduos agroindustriais poderiam ser convertidos em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários. Visando diminuir os custos nos processos de agroindustrialização de matérias-primas vegetais, investigações têm sido realizadas para a transformação de resíduos em ingredientes e produtos e, deste modo, agregar valor ao sistema como um todo.

A *Curcuma longa* L., uma planta originária do sudeste da Ásia, mais precisamente das encostas de morros das florestas tropicais da Índia, e está distribuída em regiões tropicais e subtropicais por todo o mundo. Pertence à família Zingiberaceae, subordem Zingiberoidae, conhecida no mercado internacional como “turmeric”, é conhecida no Brasil principalmente como açafrão da terra, outros nomes regionais são, açafoeira, batatinha amarela, gengibre dourada, mangarataia e cúrcuma, mas, por vezes, pode ser confundido com o açafrão verdadeiro (*Crocus sativus* L.), planta esta de clima mediterrâneo (MATA *et al.*, 2004).

A planta é amplamente cultivada produzindo rizomas pungentes que quando processados denominam-se popularmente de açafrão, uma especiaria popular utilizada na elaboração de curries, com aromas e coloração típicos. A curcumina, componente ativo do mesmo, é conhecido por ter uma gama de bioativos, com propriedades antioxidantes, anti-inflamatória, anti-câncer e cardioprotetoras (CHAN et al., 2009). De cultivo fácil, a cúrcuma é uma cultura que não exige muitos tratamentos, desenvolvendo-se bem em temperaturas que variam de 20 a 30 °C, em condições tropicais e amplas altitudes (NAGHETINI et al., 2006). A planta apresenta folhas grandes de coloração verde, oblongo-lanceoladas e oblíquo-nervadas, que exalam um odor agradável quando contusas. Em condições de clima e solo favoráveis, a parte aérea da planta atinge, em média, 120 a 150 cm de altura. Possui pecíolos tão compridos quanto os limbos que, reunidos em sua base, formam o pseudocaule. O rizoma principal ou central é piriforme, arredondado ou ovóide, com ramificações secundárias laterais, compridas e tuberizadas (BERNI et al., 2014).

O cultivo do açafrão no Brasil é mais expressivo na região Centro-Oeste, no município de Mara Rosa-Goiás (PINHEIRO et al., 2003). Foi difundido no período do bandeirantismo como marcador de trilhas para as jazidas de ouro (SCARTEZZINI; SPERONI, 2000). A Cooperaçafrão (Cooperativa dos Produtores de Açafrão de Mara Rosa-GO) em 2012 atendia a 90% da produção no Estado de Goiás, tendo potencial para atingir a demanda de consumo nacional e abriga aproximadamente 200 produtores de agricultura familiar (SEBRAE, 2012).

A *Curcuma longa* L., apresenta folhas em tufo, decíduas no inverno, laminares e cartáceas, de superfície marcadas pelas nervuras, de 25-45 cm de comprimento, com pecíolo envolvendo a haste (CELSO FILHO et al., 2000) (Figura 1).



Figura1: Plantação de açafrão

Fonte: Cooperaçafrão, 2014.

Sabe-se que várias folhas das plantas pertencentes a família *Zingiberaceae* como a *Alpinia zerumbet*, *Zingiber mioga*, *Kaempferia galanga* e a de *Curcuma longa* geralmente não estão incluídas na dieta habitual ocidental mas são utilizadas como condimento e na medicina tradicional asiática (CHAN, LIM, WONG, 2011).

As folhas de cúrcuma podem ser usadas para embrulhar peixe durante o cozimento ou para assar, propiciando aroma e sabor. Também são ingredientes do *Redang*, prato tradicional com carne de búfalo do oeste de Sumatra. Além disso, possuem óleo essencial com atividade antioxidante (KINUPP; LORENZI, 2014; PRIYA et al., 2012), sendo sua capacidade de quelção de íons metálicos maior do em rizomas (CHAN et al., 2008).

As folhas de *Curcuma longa L.* são resíduos das operações pós-colheita, ou seja, não são aproveitadas no processamento do rizoma, gerando expressiva quantidade de resíduos orgânicos que são dispostos diretamente no meio ambiente. Estes resíduos desprezados podem ter finalidade muito mais benéfica e serem usados como fontes valiosas de nutrientes, além de desperdício de grande potencial de antioxidantes naturais (PRIYA et al., 2012).

2.2 Compostos bioativos

Os vegetais são considerados fontes importantes de macro e micronutrientes, mas também possuem outros compostos com propriedades bioativas, que promovem benefícios adicionais à saúde e protegem o corpo humano contra diferentes doenças crônicas, como obesidade, diabetes mellitus, dislipidemias, hepatopatias e cânceres (DEMBITSKY et al., 2011; DEVALARAJA; JAIN; YADAV, 2011; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011). Segundo a Resolução RDC n°. 2, de 07 de janeiro de 2002, os compostos bioativos compreendem, além dos nutrientes, substâncias não-nutrientes, que possuem ação metabólica ou fisiológica específica (BRASIL, 2002). Dentre esses compostos, aqueles com ação antioxidante, como os compostos fenólicos e os minerais, têm atraído grande interesse por seus efeitos comprovados na proteção contra o estresse oxidativo (DAI; MUMPER, 2010; MALTA et al., 2012; NIKI, 2010).

As ervas aromáticas, dentre a grande variedade de produtos vegetais, podem contribuir substancialmente como fonte natural desses compostos (BHAT; YAHYA, 2014). Durante o processamento, resíduos agrícolas e industriais são descartados, ou apenas, utilizados como subprodutos de baixo valor, no entanto, grandes quantidades de antioxidantes, que poderiam

ser extraídos a partir dessas fontes residuais, não são aproveitados (MOURE; CRUZ; FRANCO, 2001).

Em relação aos compostos fenólicos, sabe-se que, estes são metabólitos secundários de plantas, e apresentam em sua estrutura química um anel aromático tendo um ou mais grupos hidroxila, podendo assim variar de uma simples molécula fenólica a um polímero complexo de alto peso molecular. Os compostos fenólicos se enquadram em diversas categorias, conforme o número de anéis aromáticos e os elementos estruturais que se ligam a esses anéis. Os principais grupos são: fenólicos simples, ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinâmicos, ácidos fenilacéticos, flavonoides, estilbenos, taninos condensados, lignanas e ligninas. Os flavonoides constituem o maior grupo, com mais de 4000 compostos identificados, classificados em flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, miricetina), catequinas ou flavanóis (epicatequina, galocatequina), flavanonas (naringenina, hesperitina), antocianinas (cianidina e pelargonidina), isoflavonas (genisteína, daidzeína) e chalconas (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

Especiarias e ervas têm sido utilizados como aromatizantes por milhares de anos. A atividade antioxidante de especiarias e ervas é devido, principalmente, à presença de compostos fenólicos, especialmente ácidos fenólicos e flavonóides (AKOH; MIN, 2002).

Os compostos fenólicos, em geral, são encontrados em frutas, hortaliças, vinhos, ervas, chás, cacau e soja. No entanto, o teor de compostos fenólicos nos alimentos também pode variar conforme a região de plantio, tipo de solo, exposição solar, índice pluviométrico e estágio de maturação (MARTINS et al., 2011).

2.3 Antioxidantes

Krinsky (1982) definiu antioxidantes biológicos como “compostos que protegem sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente prejudiciais de processos ou reações que causam oxidações extensas”.

Os radicais livres são moléculas instáveis, geradas no organismo por reações de oxidoredução, e apresentam um número ímpar de elétrons pareados na última camada eletrônica, o que lhes confere alta reatividade. Dentre os radicais livres e demais espécies reativas, destacam-se o oxigênio singlete, o superóxido, o radical hidroxila, o peróxido de hidrogênio, o radical peroxila e o óxido nítrico. A formação desses radicais é determinada por

fatores ambientais e biológicos, como exposição à luz ultravioleta, raios-X e raios gama, tabagismo, poluição, medicamentos e produtos químicos (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007; WANG et al., 2011). Vale acrescentar que a produção desses radicais é um processo natural, mas podem danificar vários tipos de macromoléculas celulares como lipídeos, proteínas e DNA, que poderiam causar algumas doenças degenerativas, cardiovasculares e certos tipos de câncer (SANTOS et al., 2007). As descobertas dos efeitos deletérios dos radicais livres sobre as células e sua relação com certas doenças impulsionaram a busca por novas substâncias capazes de prevenir ou minimizar os danos oxidativos às células (ALVES et al., 2010). O estresse oxidativo decorre da existência de um desequilíbrio entre a produção de compostos oxidantes e a ação do sistema de defesa antioxidante, em favor da geração excessiva de radicais livres, ou em detrimento da velocidade de remoção desses (BARBOSA et al., 2010).

O sistema de defesa antioxidante é constituído por várias substâncias antioxidantes, que retardam significativamente ou inibem os danos provocados pela oxidação nas células vegetais e animais (PRIOR, 2003; SOUSA et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2007). Tais substâncias podem ter origem endógena, como as enzimas glutatona peroxidase, catalase e superóxido dismutase, ou alimentar, como algumas vitaminas e minerais, e os compostos fenólicos. Os principais mecanismos de ação destas substâncias incluem a captura de radicais livres, a neutralização ou eliminação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, e a ligação de íons metálicos a outros compostos, tornando-os indisponíveis para a produção de espécies oxidantes (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Os antioxidantes são importantes para o controle de doenças degenerativas em que o dano oxidativo tem sido implicado. Existem diferentes fontes vegetais que contêm antioxidantes importantes e eles são preferíveis em relação a antioxidantes sintéticos, tais como hidroxitolueno butilado (BHT) e butilado hidroxianisole (BHA), que são relatados como tóxicos para a saúde humana (LEAN; MOHAMED, 1999). O consumo de alimentos ricos em antioxidantes pode conferir proteção auxiliar contra o estresse oxidativo, além de fornecer cofatores para enzimas antioxidantes endógenas (SANTOS et al., 2007).

Estudos têm sido realizados para encontrar fontes potenciais de antioxidantes naturais em ervas e temperos. Chan et al. (2009), estudando folhas da família das Zingiberaceae, como a *Alpinia zerumbet*, *Kaempferia galanga*, *Etlingera elatior* e *Curcuma longa*, que são usadas como temperos e na medicina tradicional, e Tan e Chan (2014), estudando folhas de *Anacardium occidentale* e *Piper betle*, que são ervas culinárias, encontraram compostos fenólicos com capacidade antioxidante.

2.4 Secagem

A secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade e estabilidade de produtos agrícolas após sua colheita. O principal objetivo é a redução do teor de água até níveis seguros que permitam o armazenamento por determinado período de tempo (GONELLI, 2008). Segundo Fellows (2006), a água é um componente inerente aos alimentos, que pode acelerar o processo de deterioração. Assim, a redução do teor de umidade, reduz a deterioração, uma vez que reduz a água disponível para a proliferação dos microrganismos, reações químicas e atividades metabólicas e enzimáticas (CHAVES et al., 2004; PALACIN et al. 2009). A redução da umidade, por processos de secagem, permite a redução de peso que é, geralmente, também acompanhada da diminuição do volume, fato que incide na redução dos custos com transporte, embalagem e armazenamento de produtos desidratados, sendo estes, fatores de estímulo para a sua produção e comercialização (FELLOWS, 2006). Portanto a secagem constitui uma operação fundamental entre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos de origem vegetais colhidos com alto teor de água (GONELLI, 2008).

De maneira geral, esse processo é uma operação na qual calor é fornecido a um dado material que contém água, a fim de se vaporizar certo conteúdo de água deste material, obtendo-se um produto sólido seco. Portanto, trata-se de um processo com transporte simultâneo de calor e massa, acompanhado de mudança de fase (BARBANTI; MASTROCOLA; PIZZARANI, 1995). A transferência de calor ocorre durante a evaporação da água removida da amostra, enquanto que a transferência de massa acontece durante a remoção da água da superfície desta amostra por meio, geralmente, de uma corrente de ar (DINCER; DOST, 1995).

Segundo Campos (2006) a secagem pode ser realizada em condições ambiente, ou, ainda, artificialmente com uso de estufa, secador, etc. A secagem natural é um processo lento, que deve ser conduzido à sombra, em local ventilado, protegido de poeira e do ataque de insetos e outros animais. Este processo é recomendado para regiões que tenham condições climáticas favoráveis, relacionadas principalmente à alta ventilação e temperatura, com baixa umidade relativa. Na secagem artificial, a fonte de calor é variável pelo processo a ser executado por alternativas mecânicas, elétricas ou eletrônicas e o ar que atravessa a camada do material é forçado. Este método permite o controle da temperatura, do fluxo de ar de secagem e do tempo de exposição do material ao ar aquecido, fatores que garantem a eficiência do processo (CAMACHO et al., 2004).

São vários os fatores que influenciam a secagem, como o método de secagem empregado, temperatura e umidade relativa do ar de secagem e velocidade do ar e tempo de secagem. A falta do controle destes fatores pode comprometer a qualidade do produto final (GONELLI, 2008). Entre as secagens artificiais de grande relevância podemos citar a secagem em estufa, micro-ondas e liofilização.

A evolução e as descobertas de novas tecnologias e metodologias aconteceram de forma a promover e otimizar o processo de secagem e a melhoria da qualidade do produto final (DOYMAR; PALA, 2007). Sendo assim, o processo de secagem é bastante utilizado na desidratação de ervas aromáticas para reduzir o teor de água presente e evitar o desenvolvimento de fungos e bactérias que, presente no material biológico, degradaria os princípios ativos.

2.4.1 Secagem em estufa

O tratamento por secagem convectiva é um dos métodos mais comuns para a conservação de alimentos, onde o calor sensível é transferido para o material por convecção. O agente de secagem (ar pré-aquecido) passa sobre ou através do sólido, evaporando a umidade e transportando-a para fora do secador. As condições de secagem podem ser controladas pela temperatura e umidade do ar aquecido (PARK; ANTONIO; OLIVEIRA, 2007).

Consistem em uma câmara de isolamento térmico apropriado e com sistemas de aquecimento e ventilação do ar circulante sobre as bandejas ou através das bandejas. Neste tipo de secador o produto é colocado em bandejas ou outros acessórios similares sendo exposto a uma corrente de ar quente em ambiente fechado. As bandejas contendo o produto se situam no interior de um armário, onde ocorre a secagem pela exposição ao ar quente. O ar circula sobre a superfície do produto a uma velocidade relativamente alta para aumentar a eficácia da transmissão de calor e da transferência da matéria (FELLOWS, 2006).

A velocidade de secagem de um produto através de estufas com ventilação forçada depende das características do produto a ser secado e das propriedades termodinâmicas do escoamento de ar de secagem. Em geral, produtos pequenos apresentam maiores velocidades de secagem do que os produtos maiores (FERREIRA, 2004). De acordo com a temperatura utilizada pode provocar reações que resultem em prejuízo à aparência e degradação de nutrientes, pigmentos e sabor (AZEREDO, 2012).

2.4.2 Secagem por micro-ondas

As micro-ondas são radiações eletromagnéticas não ionizantes, cuja frequência está compreendida entre 300 MHz e 300 GHz (MAGALHÃES, LIMA e SOUZA, 2003). As micro-ondas podem aquecer moléculas de água, através da transformação da energia da onda eletromagnética em energia térmica. O aquecimento é baseado na associação da dissipação de energia interna e da excitação molecular de dipolos em um campo eletromagnético, o que permite uma taxa de aquecimento mais elevada e uniforme (ENGELDER; BUFFLER, 1991).

Quando o forno micro-ondas entra em funcionamento, micro-ondas irradiam de uma fonte em todas as direções. Essas ondas carregam energia, e durante o processo de secagem, o material absorve essa energia que é convertida em calor por moléculas polares. A água é uma molécula polar e também componente comum de alimentos. Assim, durante este processo, as moléculas de água convertem a energia de micro-ondas em calor. Em seguida, as moléculas de água começam a evaporar-se como resultado desse calor, e assim o material começa a secar (OZBEK; DADALI, 2007 apud Decareau, 1985).

Um importante atributo do aquecimento por microondas é a absorção direta da energia pelo material a ser aquecido, ao contrário do que ocorre quando o aquecimento é realizado por convecção, no qual a energia é transferida lentamente do recipiente de reação para a solução. Assim, o aquecimento por microondas é seletivo e dependerá, principalmente, da constante dielétrica e da frequência de relaxação do material (ROSINI et al, 2004).

De acordo com Pereira (2007) as propriedades dielétricas do material a ser aquecido afetam diretamente o mecanismo de interação entre este material e campo elétrico aplicado. Em contraste com os métodos convencionais de aquecimento, onde o transporte de calor da superfície para o centro se dá 10 a 20 vezes mais lentamente, o aquecimento por micro-ondas leva à geração de calor instantânea dentro do produto devido ao “atrito molecular”, primariamente por causa da ruptura de pontes de hidrogênio fracas associadas com a rotação de dipolos de moléculas de água livre e com a migração eletroforética (migração de espécies carregadas eletricamente, que ocorre quando as mesmas são dissolvidas ou suspensas em um eletrólito, através do qual uma corrente elétrica é aplicada) de sais livres em um campo elétrico de polaridade rapidamente variável (SILVA, 2005).

A utilização de micro-ondas soluciona alguns dos problemas enfrentados nos processos de aquecimento convencional. Neste último, a transferência de calor ocorre por meio da condução de energia da superfície do material para o seu interior. Por outro lado, as micro-ondas, por meio de fricção intermolecular causada principalmente por rotação dipolar de moléculas polares, geram calor internamente ao material. Dessa forma, proporciona gradiente

de calor menos acentuado e temperatura mais uniforme através de todo o material e as condições convectivas externas provenientes do ar aquecido são necessárias apenas para o arraste do vapor de água gerado internamente. O gradiente térmico e de umidade estão na mesma direção, diferentemente do processo de secagem convectiva (CAMPOS, 1986). Os altos valores de taxa de secagem e baixo tempo total de secagem podem ser atribuídos ao mecanismo dominante de transferência de calor, que se dá do interior para fora da partícula, fazendo com que tanto a umidade superficial quanto a interna inicie sua secagem imediatamente depois de iniciado o processo de secagem (MAGALHÃES, LIMA E SOUZA, 2003).

A utilização de micro-ondas na secagem de produtos tornou-se muito difundido porque minimiza a diminuição da qualidade e proporciona uma distribuição de calor rápida e eficaz no material. Além disso, produtos de alta qualidade são obtidos através de secagem no micro-ondas, além do declínio no período de secagem e da conservação de energia durante a secagem.

2.4.3 Secagem por liofilização

Liofilização é um processo de estabilização, no qual uma substância é previamente congelada e então a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e posteriormente por dessorção, para valores tais que impeçam atividade biológica e reações químicas; e passam pelos processos de congelamento inicial, secagem primária e secagem secundária (MARQUES, 2008).

Esse processo também denominado por outras nomenclaturas como criodesidratação ou criosecagem, é um processo diferenciado de desidratação de produtos, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, abaixo do ponto tríplice da água, possibilitando que a água previamente congelada (estado sólido) passe diretamente ao estado gasoso (sem passar pelo estado líquido), ou seja, a mudança de estado físico ocorre por sublimação (GARCIA, 2009).

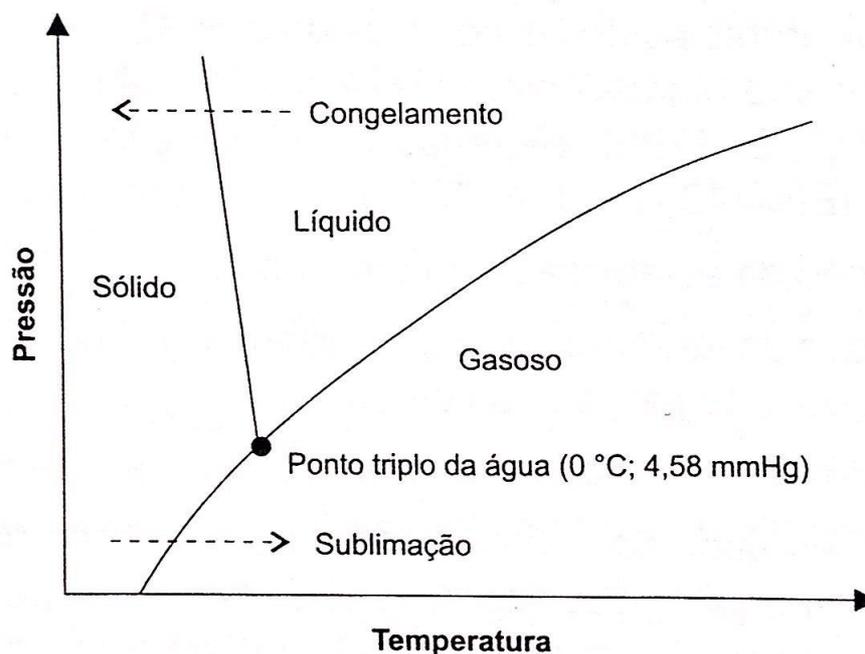


Figura 2: Etapas da liofilização

Fonte: Azeredo, 2012.

O processo de liofilização se mostra eficiente comparado com outros meios de desidratação, frente as características como contração do produto, perda de voláteis, decomposição térmica, ações enzimáticas e desnaturação de proteínas, por isso merece destaque (GARCIA, 2009).

Os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e qualidade nutricional, apresentam uma vida de prateleira maior quando corretamente embalados, dependendo do alimento é possível a permanência em temperatura ambiente. Os compostos aromáticos voláteis não são absorvidos pelo vapor d'água e ficam presos na matriz do alimento, sendo possível uma retenção de 80 a 100% do aroma do alimento. Ainda, possibilitam maior facilidade no transporte, devido à leveza e por não necessitarem de refrigeração, acarretando um menor custo no transporte (EVANGELISTA, 2005).

Entretanto, o processo é lento, pois as taxas de secagem são baixas, aumentando o custo do processo, além do equipamento ser muito caro, assim como o custo energético (LIAPIS, 1987).

Entre os produtos alimentícios que são conservados por liofilização destacam-se café em pó, mariscos, carne, peixe, ervas aromáticas, frutas e hortaliças, cogumelos, alimentos infantis, leite, queijo, iogurte, ovo, condimentos e extratos solúveis.

2.5 Cinética de secagem

Segundo Akpinar et al. (2003), a secagem é definida como um processo de remoção de umidade devido à simultânea transferência de calor e massa. Essa evolução, ao longo da operação de secagem, faz com que esse processo seja dividido esquematicamente em três períodos distintos (Figura 3).

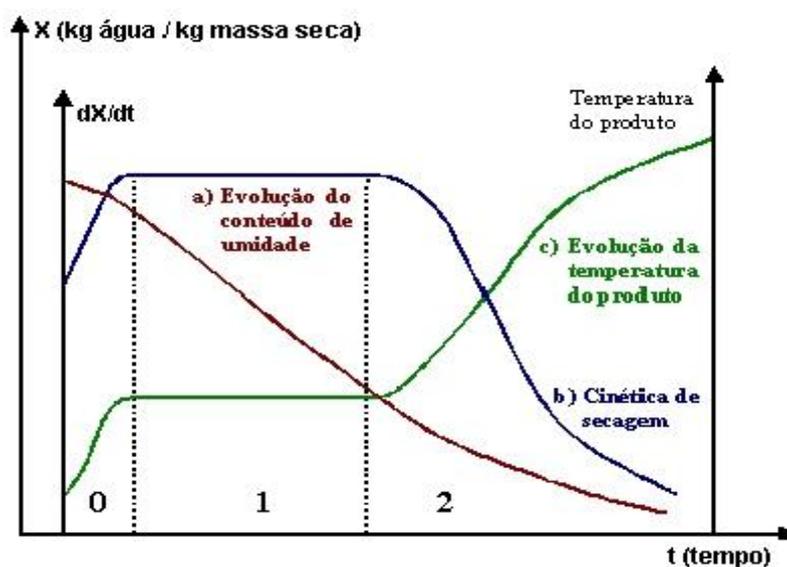


Figura 3. Evolução da umidade, temperatura e velocidade de secagem ao longo do tempo

Fonte: Park, Yado e Brod, 2001.

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem em relação à evolução do tempo de secagem t , a curva (b) representa a variação do conteúdo de umidade do produto por tempo em relação à evolução do tempo t , ou seja, a velocidade (taxa) de secagem e a curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem em relação à evolução do tempo t .

O período 0 é período de indução no qual a temperatura do material cresce rapidamente, até a evaporação da água em taxa suficiente para dissipar todo o calor transferido ao sólido pela

corrente de ar e manter uma temperatura constante de evaporação. O Período1 é o período de taxa constante de secagem, que começa quando é atingida a temperatura de equilíbrio na superfície, no qual a quantidade de água disponível no interior do sólido é grande, fazendo com que o movimento de água em seu interior ocorra com velocidade suficiente para manter as condições de saturação na superfície, e a evaporação continua nessa temperatura até a superfície da partícula não compensar a taxa de evaporação, quando a temperatura da partícula começa a aumentar devido a falta de água para evaporar. O período 2 é o período de taxa decrescente em que a transferência de calor não é mais compensada pela transferência de massa e o movimento do líquido do interior do sólido é insuficiente para manter a taxa de evaporação na superfície deste, portanto, a migração interna de água é o fator limitante, e também a temperatura da partícula aproxima-se daquela da corrente do ar com redução da evaporação e a transferência de calor entre o gás e a partícula cai (PARK; BROD, 1998).

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 2002.
- AKPINAR, E.K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. **Thin layer drying of red pepper**. Journal of Food Engineering, Oxford, GB, v.59, n.1, p. 99-104, 2003.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; PIZZARANI, S. Air drying of plums influence of some process parameters on the specific drying kinetics. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 15, p. 19-29, 1995.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BERNI, R. F.; CHAVES, F. C. M.; PINHEIRO, J. B.; VAZ, A. P. A. Produção de açafão em função de acessos e do peso de rizomas-semente. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Campinas, v.16, n.3, supl. I, p. 765-770, 2014.
- BHAT, R.; YAHYA, N. B. A. Evaluating belinjau (*Gnetum gnemon* L.) seed flour quality as a base for development of novel food products and food formulations. **Food Chemistry**, Barking, v. 156, p. 42-49, 2014.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 2, de 02 de janeiro de 2002. Aprova o regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. Brasília, DF: ANVISA, 2002. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2013.
- CAMACHO, D. G.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p. 603-608, 2004.

CAMPOS, M.S., **Influencia da energia de microondas na qualidade tecnológica do trigo**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos e agrícola, UNICAMP, Campinas, SP, 120 p. 1986.

CELSO FILHO, A. B.; SOUZA, R. J.; BRAZ, L. T.; TAVARES M. **Cúrcuma: planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 171-175, 2000.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. **Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas**. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CHAN, E. W. C.; LIM, Y. Y.; WONG, L. F.; LIANTO, F. S.; WONG, S. K.; LIM, K. K.; JOE, C. E.; LIM, T. Y. **Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species**. **Food Chemistry**, Barking, v.109, n.1, p. 477-483, 2008.

CHAN, E. W. C., LIM, Y.Y., WONG, S. K.; **Antioxidante properties of ginger leaves: an overview**. **Free radicals and antioxidants**, Bangalore, v. 1, n. 1, p. 6-16, 2011.

CHAN, E. W. C., LIM, Y.Y., WONG, S. K, LIM, K. K.; TAN, S. P.; LIANTO, F. S.; WONG, M. Y. **Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species**, **Food Chemistry**, Barking, v.113, n.1, p. 166-172, 2009.

CHAVES, M. C. V; GOUVEIA, J. P. G; ALMEIDA, F, A. C; LEITE, J. C. A; SILVA, F. L. H. **Caracterização físico-química do suco da acerola**. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 4, n. 2, 2004.

COELHO, M. A. Z.; LEITE, S. G. F.; ROSA, M. F.; FURTADO, A.A. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde**. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2001.

COSTA, E. C. **Secagem industrial**, 1ª ed. São Paulo: Editora Blücher, 2007.

DAI, J.; MUMPER, R. J. **Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties**. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p.7313-7352, 2010.

DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. **The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites**. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 1671-1701, 2011.

DEVALARAJA, S.; JAIN, S.; YADAV, H. Exotic fruits as therapeutic complements for diabetes, obesity and metabolic syndrome. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 1856-1865, 2011.

DINCER, I.; DOST, S. An analytical model for moisture diffusion in solid objects during drying. **Drying Technology**, New York, v. 13, p. 425-435, 1995.

DOYMAR, I.; PALA, M. The thin-layer characteristics of corn. **Journal of Food Engineering**, London, v.60, p. 125-130, 2007.

ENGELDER, D. & BUFFLER, C. Measuring dielectric properties of food products at microwave frequencies. **Microwave World**, New York, v.12, 2, p.6-15, 1991.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2ed. São Paulo: Atheneu, 284 2005. 652p

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, A.G., **Estudo de Viabilidade Técnica da Utilização de uma Chaminé Solar como Secador de Alimentos**. 2004. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, Rio Grande do Sul.

GONELLI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

IGNAT, I.; VOLFF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

JAYAPRAKASHA, G. K.; JAGAN MOHAN RAO, L.; SAKARIAH, K. K. Chemistry and biological activities of *C. longa*. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, 16, 533-548, 2005.

KHATTAK, S.; REHMAN, S.; SHAH, H.U.; AHMAD, W.; AHMAD, M. Biological effects of indigenous medicinal plants *Curcuma longa* and *Alpinia galanga*. **Fitoterapia**, Milano, v. 76, p. 254–257, 2005.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014.

KITA, T.; KOMATSU, K.; ZHU, S.; IIDA, O.; SUGIMURA, K.; KAWAHARA, N.; TAGUCHI, H.; MASAMURA, N.; CAI, S. Development of intron length polymorphism markers in genes encoding diketide-CoA synthase and curcumin synthase for discriminating *Curcuma* species. **Food Chemistry**, Barking, v. 194, n.1, p. 1329–1336, 2016.

KRINSKY, N, I. Mechanism of action of biological antioxidants. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, Malden, p. 200-248,1992.

LEAN, L. P., MOHAMED, S. Antioxidative and antimycotic effects of turmeric, lemongrass, betel leaves, clove, black pepper leaves and *Garcinia atriviridis* on butter cakes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.79, p. 1817–1822, 1999.

LIAPIS, A. L. Freeze Drying. In: MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. New York: Marcel Dekker Inc., 1987. cap. 1, p. 3-45.

MAGALHÃES, R. S.; LIMA, R. M. F. ; SOUZA, H. A. **O uso de microondas para determinação de umidade de bauxita**. Revista Escola de Minas. Minas Gerais, out. / dez 2003.

MALTA, L. G.; GHIRALDINI, F. G.; REIS, R.; OLIVEIRA, M. V.; SILVA, L. B.; PASTORE, G. M. In vivo analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. **Food Research International**, Essex, v. 49, n. 1, p. 604-611, 2012.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2008.

MARTINS, S.; MUSSATTO, S. I.; MARTÍNEZ-AVILA, G.; MONTANEZ-SAENZ, J.; AGUILAR, C. N.; TEXEIRA, J. A. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. **Biotechnology Advances**, New York, v. 29, n. 3, p. 365-373, 2011.

MATA, A. R.; NELSON, D. L.; AFONSO, R. J. C. F.; GLÓRIA, M. B. A.; JUNQUEIRA, R. G. Identificação de compostos voláteis da cúrcuma empregando microextração por fase sólida e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.151-157, jan./mar. 2004.

MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. **Biosciência Journal**, Uberlândia, v.30, n. 1, p.93-100, 2014.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, S. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, Barking, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

NAGUETINI, C.C. **Caracterização físico-química e atividade fúngica dos óleos essenciais de cúrcuma**. 2006. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

NIKI, E. Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 49, n. 4, p. 503-515, 2010.

OZBEK, B.; DADALI, G. Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. **Journal of Food Engineering**, London, v. 83, p. 541- 549, 2007.

PALACIN, J. J. F.; LACERDA FILHO, A. F.; MELO, E. C.; TEIXEIRA, E. C. Secagem combinada de café cereja descascado. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, n. 17, n.3, p.244-258, 2009.

PARK, K.J.; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R. A. Conceitos de Processo e Equipamentos de Secagem, Campinas, 2007.

PARK, K. J.; YADO, M.K.M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

PARK, K. J.; BROD, F. P. **Secagem de produtos agrícolas**. Campinas: DPPPAG/FEAGRI/UNICAMP, 1998. Apostila de secagem. 118p.

PELIZER, L. H.; PONTINERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management and Innovation**, Santiago, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

PEREIRA, G.I.S; PEREIRA, R.G.F.A.; BARCELOS, M.F.P.; MORAIS, A.R. Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, p.852-857, 2003.

PEREIRA, N. R. **Estudo da aplicação de Microondas na secagem de bananas tratadas osmoticamente**. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos Departamento de Engenharia de Alimento, Campinas, 2007.

PINHEIRO, J. B. ZUCCHI, M. I. TELES, F. L. ÁZARA, N. A. Diversidade genética molecular em acessos de açafrão utilizando marcadores RAPD. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 195-199. 2003

PRIOR, R. L. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 78, suppl., p. 570S-578S, 2003.

PRIYA, R.; PRATHAPAN, A.; RAGHU, K. G.; NIRMALA-MENON, A. Chemical composition and in vitro antioxidative potential of essential oil isolated from *Curcuma longa* L. leaves. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Kuala Lumpur, v. S695, n. 1, p. S695-S699, 2012.

RIBEIRO, P. F. F. A. C. **Processo de Liofilização de Produtos Alimentares Perecíveis**. 2012. f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Instituto Superior De Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

ROSINI, F.N, CLÉSIA C., NOBREGA, J. A. Experimentos Didáticos Envolvendo Radiação microondas. **Química Nova**, São Paulo, vol. 27, No. 6, p. 1012-1015, 2004.

SANTOS, M. H.; BATISTA, B. L.; DUARTE, S. M. S.; ABREU, C. M. P.; GOUVÊA, C. M. C. P. Influência do processamento e da torrefação sobre a atividade antioxidante do café (*Coffea arabica*). **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 604-610, 2007.

SCARTEZZINI, P.; SPERONI, E. Review on some plants of Indian traditional medicine with antioxidant activity. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v.71, p. 23-43. 2000.

SEBRAE GOIÁS – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Agência de notícias. Açafrão: tempero do desenvolvimento sustentável (2012). Disponível em: <http://www.sebraego.com.br/site/site.do?idArtigo=1833>. Acesso em: 18 de dezembro de 2014.

SILVA; F. A. **Estudo da Aplicação de Energia de Microondas na Secagem da Noz Macadâmia**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas – SP, 2005.

SILVA, M. R.; ROCHA, C. R.; SILVA, T. M.; SILVA, M. C.; PAES, M. C. D.; PINTO, N. A. V. D. Caracterização química e antinutricional de farinhas de hortaliças não-convencionais. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n. 3, p.51-57, 2013.

SINGH, G.; KAPOOR, I. P. S.; SINGH, P.; HELUANI, C. S.'LAMPASONA, M. P. Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* Linn.) **Food and Chemical Toxicology**, Kidlington, 48, 1026-1031, 2010.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p. 537-543, 2013.

VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O. F.; MOURA, J. B. F.; MANFREDINI, V.; BENFATO, M. S.; KUBOTA, L. T. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1323-1328, 2007.

WANG, S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 1, p. 14-22, 2011.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: the role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 10, p. 3135-3148, 2011.

CAPÍTULO II

ARTIGO I

APROVEITAMENTO DA FOLHA DE *CURCUMA LONGA* L.: ESTUDO
CINÉTICO UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM
UTILIZATION OF *CURCUMA LONGA* L. LEAF: KINETIC STUDY USING
DIFFERENT DRYING METHODS

CINÉTICA DE SECAGEM DA FOLHA DE *CURCUMA LONGA* L.

10 Monick Cristina Braga (*autor correspondente)

11 Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás- UFG

12 Campus Samambaia, Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Km 0- Caixa Postal 131,

13 CEP 74690-900, Goiânia, Goiás, Brasil.

14 monickbraga@hotmail.com

15 Márcio Caliarí

16 Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás- UFG

17 Goiânia, Goiás, Brasil.

18 marcio.caliari@pq.cnpq.br

19 Tatianne Ferreira de Oliveira

20 Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás- UFG

21 Goiânia, Goiás, Brasil.

22 ferreira.tatianne@yahoo.com.br

23 APROVEITAMENTO DA FOLHA DE *CURCUMA LONGA* L.: ESTUDO
24 CINÉTICO UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM
25 UTILIZATION OF *CURCUMA LONGA* L. LEAF: KINETIC STUDY USING
26 DIFFERENT DRYING METHODS

27

28 RESUMO

29 Este trabalho objetivou o aproveitamento de folhas de *Curcuma longa* L. por
30 meio do estudo cinético pelos métodos de secagem por convecção e micro-
31 ondas e sua influência no conteúdo de compostos fenólicos e variação de cor da
32 folha seca. As folhas de cúrcuma foram secas por convecção (temperatura de
33 60°C) e micro-ondas (potência de 900 W). Foi realizada a modelagem
34 matemática utilizando vários modelos, sendo eles: Lewis, Page, Henderson e
35 Pabis, Wang & Singh e logarítmico, ajustando os modelos aos dados
36 experimentais cinéticos. Os resultados obtidos revelaram que o tempo de
37 secagem por micro-ondas foi 60 vezes inferior ao de secagem convectiva. O
38 modelo de Page foi o que melhor ajustou os dados de cinética de secagem pelos
39 dois métodos. O conteúdo de fenólicos foi superior na folha seca ($185,42 \pm 0,65$)
40 pelo método micro-ondas ($p < 0,05$) que na folha seca por convecção ($183,76 \pm$
41 $0,60$), apresentando conteúdo de fenólicos maior que três vezes o da folha *in*
42 *natura* ($54,88 \pm 0,76$). Observou-se que o processo de secagem não influenciou
43 na variação de cor da folha seca.

44 PALAVRAS-CHAVE: Secagem convectiva; secagem em micro-ondas;
45 desenvolvimento de co-produto; sustentabilidade.

46

47

48 ABSTRACT

49 This work aimed the use of *Curcuma longa* L. leaves through the kinetic study of
50 different drying methods and its influence on the content of phenolic compounds
51 and color variation of the dried leaf. The leaves were dried by hot air (60 °C) and
52 microwave drying (900W power). Mathematical modeling using various models
53 was performed, as follows: Lewis, Page, Henderson and Pabis, Wang and Singh,
54 and logarithmic models were used to adjust experimental kinetic data. The results
55 showed that the drying time of microwave was 60 times lower than hot air drying.
56 Page model was the best adjusted the drying kinetics data by both methods. The
57 phenol content was higher in the dry leaf (185.42 ± 0.65) by microwave ($p < 0.05$)
58 than in the hot air dried leaf (183.76 ± 0.60), showing phenolic content greater than
59 three times the fresh leaf (54.88 ± 0.76). It was observed that the drying process
60 does not influence the color variation of the dried leaf.

61 KEYWORDS: Hot air drying; microwave drying; development of by-products;
62 sustainability.

63

64 1. INTRODUÇÃO

65 *Curcuma longa* L. é uma planta perene que cresce selvagem na Ásia tropical
66 e é amplamente cultivada no Brasil. Seu rizoma é muito utilizado como um
67 tempero importante que confere cor amarela e sabor característico a uma grande
68 variedade de pratos asiáticos e brasileiros, além de produtos alimentícios
69 processados, e apresenta atividade antioxidante, antitumoral e anti-inflamatória
70 (KITA *et al.*, 2016). Durante o cultivo comercial do rizoma as folhas da planta são
71 descartadas, levando ao desperdício de grande potencial de antioxidantes
72 naturais (PRIYA *et al.*, 2012).

73 A secagem é um método de conservação que tem como base a redução do
74 conteúdo de água dos alimentos, diminuindo assim a velocidade das reações
75 químicas e o crescimento de microrganismos. Os produtos secos apresentam
76 diversas vantagens aos produtos úmidos, como custos reduzidos com
77 armazenamento e transporte. A secagem convectiva é um método de secagem
78 muito popular por ter um baixo custo de implantação e de fácil operação. A
79 principal desvantagem da secagem convectiva é seu longo tempo de processo,
80 com baixa eficiência energética, especialmente no período de taxa decrescente
81 de secagem. Além da possível redução da qualidade do alimento, seja pela
82 alteração de cor, perda de nutrientes ou alterações de textura (ZIELINSKA;
83 MARKOWINKI, 2016).

84 A secagem por micro-ondas pode oferecer algumas vantagens em
85 comparação a secagem convectiva como fornecimento de energia uniforme e de
86 alta condutividade térmica para o interior do alimento, controle de processo
87 preciso, além de alta qualidade do produto final. Esta técnica também reduz o
88 tempo de secagem. O estudo da cinética de secagem de alimentos durante o
89 tratamento térmico de micro-ondas tem sido um assunto de interesse em vários
90 trabalhos (THERTHAI; ZHOU, 2009; LULE; KOYUNCU, 2015; OZBEK; DADALI,
91 2007; ZIELINSKA; MARKOWSKI, 2016).

92 O possível aproveitamento da folha de *Curcuma longa* L. na geração de um
93 co-produto estável seco e sua posterior utilização como ingrediente em produtos
94 alimentícios como condimento na culinária pode trazer benefícios que permeiam
95 várias vertentes, como aumentar seu valor agregado, tornando-o apto a ser
96 embutido em outras cadeias produtivas.

97 Este estudo teve como objetivo compreender por meio do estudo cinético
98 o processo de secagem (convecção e micro-ondas) de folhas de *Curcuma longa*
99 L., assim como otimizar o processo, através da modelagem matemática da
100 secagem, levando em conta diversos modelos empíricos.

101 2. MATERIAL E MÉTODOS

102 2.1. Coleta e preparo das amostras

103 Folhas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) foram coletadas (fevereiro de
104 2015) na Cooperativa de Produtores de Açafrão (Cooperaçafrão) de Mara Rosa
105 - GO (14°00'10,9"S 49°07'11,8"O). As folhas de plantas de 15 meses foram
106 colhidas ao amanhecer, armazenadas em sacos de náilon e imediatamente
107 transportadas até o Departamento de Engenharia de Alimentos, na Escola de
108 Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia – GO, sob
109 temperatura controlada de 20°C. O período de colheita da folha de cúrcuma foi
110 determinado em experimentos prévios para obtenção de conteúdo máximo de
111 fenólicos.

112 As folhas de cúrcuma foram selecionadas quanto à aparência visual
113 (coloração verde típica e integridade), lavadas em água potável corrente,
114 sanificadas em solução de hipoclorito de sódio 0,1 mL.L⁻¹ por 15 min,
115 centrifugadas (CE410 Incalfer, São Paulo, Brasil) para a retirada do excesso de
116 umidade superficial. As folhas tiveram os talos retirados e foram cortadas em
117 quadrados de 2 cm, para o processo de secagem (Figura 1).



118

119 **Figura 1. Folha de *Curcuma longa* L. higienizada (a) e picada (b)**120 2.2. Métodos de Secagem da folha de *Curcuma Longa* L.

121 As folhas de cúrcuma foram submetidas a secagem convectiva em estufa
122 de circulação de ar de bandejas múltiplas (Tecnal TE-394/3, Piracicaba-SP,
123 Brasil). A operação se deu a 60 °C, com uma vazão de ar de 0,83 m³.s⁻¹.kg de
124 folha⁻¹ com 70% de umidade relativa. As folhas picadas foram colocadas nas
125 peneiras na proporção de 1 kgm⁻². Utilizou-se cinco peneiras simultaneamente
126 em cada uma das quatro repetições. As peneiras sanificadas e secas tiveram
127 sua massa aferida antes da colocação das folhas, no momento do início da
128 secagem, a cada 15 minutos nas duas primeiras horas de secagem e a cada 30
129 minutos, após esse período, até massa constante. A cada aferição de massa
130 das peneiras as folhas foram homogeneizadas nas peneiras para que as das
131 extremidades passassem a ocupar o centro da peneira e as do centro fossem
132 movidas para a extremidade.

133 A secagem por micro-ondas foi realizada em micro-ondas doméstico de
134 900 W de potência e 23 L de capacidade (MEF 33, Electrolux, Estocolmo,
135 Suécia). A operação se deu a 100% de potência. As folhas picadas foram
136 colocadas em bandejas em uma proporção de 1 kg.m⁻². Utilizou-se uma bandeja

137 em cada uma das 20 repetições. A bandeja sanificada e seca teve sua massa
138 aferida antes da colocação das folhas, no momento do início da secagem e a
139 cada 15 segundos até massa constante. Todas as pesagens foram realizadas
140 no mínimo de tempo necessário para que se evitasse a oscilação de temperatura
141 nas folhas de cúrcuma.

142 O conteúdo de umidade inicial das folhas de cúrcuma foi determinado, em
143 triplicata, pela desidratação em estufa até massa constante, conforme
144 preconizado pela AOAC (2012). O conteúdo de umidade ao longo dos processos
145 de secagem foi determinado com base na redução da massa de água em relação
146 à massa seca presente em cada bandeja/peneira. A taxa de secagem foi definida
147 como a variação do conteúdo de água em base seca entre duas pesagens
148 consecutivas em relação ao intervalo de tempo decorrido (THERDTHA; ZHOU,
149 2009).

150 2.3. Modelagem matemática

151 Cinco modelos matemáticos de ampla utilização na literatura em
152 experimentos de secagem de produtos agrícolas foram estudados: Lewis (1921),
153 Page (1949), Henderson e Pabis (1961), Wang e Singh (1978), e Logarítmico
154 (MARTINAZZO *et al.*, 2007). Os modelos matemáticos utilizados na cinética de
155 secagem da folha de cúrcuma estão, respectivamente, representados na Tabela
156 1. Foi utilizado software Statística 10 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, EUA), pela
157 regressão não linear dos dados, para modelagem dos dados de curva de
158 secagem. O critério de escolha dos melhores ajustes se baseou na determinação
159 do coeficiente de regressão (R^2) e do valor do erro médio relativo (EMR) descrito
160 pela Equação 1:

$$EMR = 100 \frac{\sum_{i=1}^N \frac{|x_{exp}^i - x_{calc}^i|}{x_{exp}^i}}{N} \quad (1)$$

161

162 Na qual: EMR = erro médio relativo; x_{exp} = umidade experimental; x_{calc} =
163 umidade calculada; N = número de repetições.

164 Referencialmente, para ser considerado de bom ajuste, o modelo deve
165 alcançar valores de coeficiente de regressão linear (R^2) mais elevados e
166 próximos possíveis da unidade (1,0) e, concomitantemente, os valores de EMR
167 mais baixos e inferiores a 10%.

168 **Tabela 1. Modelos matemáticos aplicados às curvas de secagem de folhas de *Curcuma***
169 ***longa L.***

Modelo	Equação
Lewis	$\frac{x_t - x_e}{x_i - x_e} = e^{-kt}$ (2)
Page	$\frac{x_t - x_e}{x_i - x_e} = e^{-kt^a}$ (3)
Henderson & Pabis	$\frac{x_t - x_e}{x_i - x_e} = ae^{-kt}$ (4)
Wang & Singh	$\frac{x_t - x_e}{x_i - x_e} = 1 + ct + dt^2$ (5)
Logarítmico	$\frac{x_t - x_e}{x_i - x_e} = ae^{-kt} + b$ (6)

170

171 Onde, a , b = parâmetros adimensionais dos modelos, c = parâmetro linear
172 de tempo (s^{-1}), d = parâmetro quadrático de tempo (s^{-2}), k = constante de
173 secagem (s^{-1}), x_t = conteúdo de umidade no tempo ($kg \text{ água} \cdot kg \text{ amostra seca}^{-1}$),
174 x_e = conteúdo de umidade no equilíbrio ($kg \text{ água} \cdot kg \text{ amostra seca}^{-1}$), x_i =
175 conteúdo inicial ($kg \text{ água} \cdot kg \text{ amostra seca}^{-1}$).

176 2.4. Determinação de compostos fenólicos e análise de cor

177 Para a determinação do conteúdo de fenólicos, a elaboração dos extratos
178 foram realizadas de acordo com Chan *et al.* (2009), onde homogeneizou-se 1 g
179 de amostra com 50 mL de metanol por uma hora, filtrou-se em papel filtro e
180 armazenou-se o extrato em frasco âmbar em a -18 °C até o momento da análise.

181 O conteúdo de fenólicos total (CFT) foi quantificado como descrito por
182 Chan *et al.* (2009) com modificações. 300 µL de extrato de folha de cúrcuma
183 foram misturados com 1,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (10% v/v) e 1,2 mL
184 de solução de bicarbonato de sódio (7,5% m/v), em seguida, incubada no escuro
185 à temperatura ambiente. Após incubação durante 30 min, a absorbância foi
186 registrada a 765 nm. Uma curva padrão de ácido gálico foi construída ($y = 0,005x$
187 $+ 0,038$, $R^2 = 0,999$) e o conteúdo de fenólicos total foi expresso como mg de
188 equivalente de ácido gálico (EAG) por grama de material inicial. A análise foi
189 realizada em triplicata.

190 As determinações dos parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) foram
191 realizadas em colorímetro (Hunter-Lab, Reston, Virginia, EUA) segundo método
192 descrito por Paucar-Menacho *et al.* (2008), utilizando a equação de Euclides
193 para determinar a variação de cor em relação à folha fresca (Equação 7). Foram
194 realizadas 90 repetições de análise de cor por amostra.

$$195 \quad \Delta E = \sqrt{(L_s^* - L_f^*)^2 + (a_s^* - a_f^*)^2 + (b_s^* - b_f^*)^2} \quad (7)$$

196 2.5. Análise estatística

197 Os dados experimentais foram verificados estatisticamente por ANOVA
198 em um delineamento de blocos casualizados utilizando o teste de Tukey ($p \leq$
199 $0,05$). Os cálculos foram realizados utilizando Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa,
200 Oklahoma, EUA).

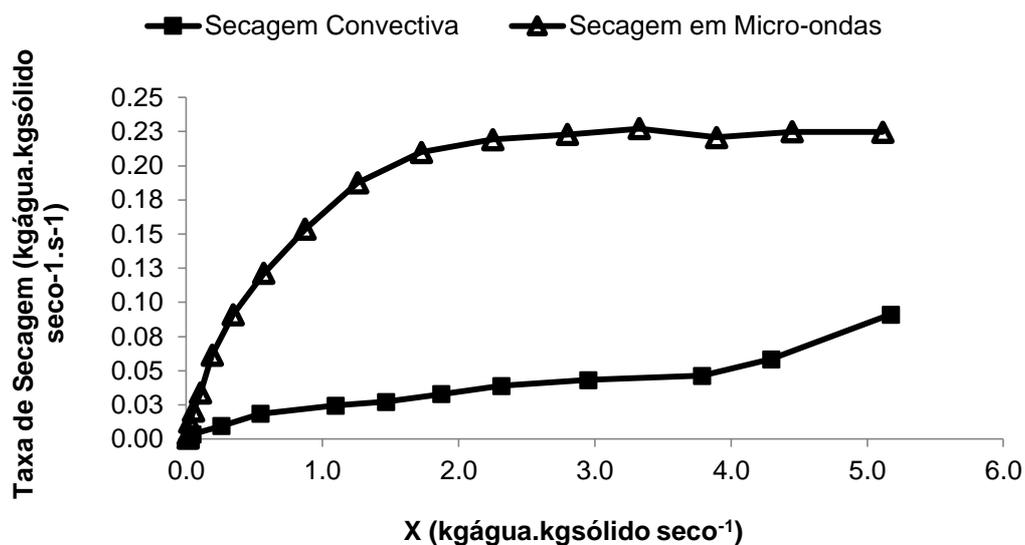
201 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

202 3.1. Cinética de Secagem da Folha de *Curcuma Longa* L.

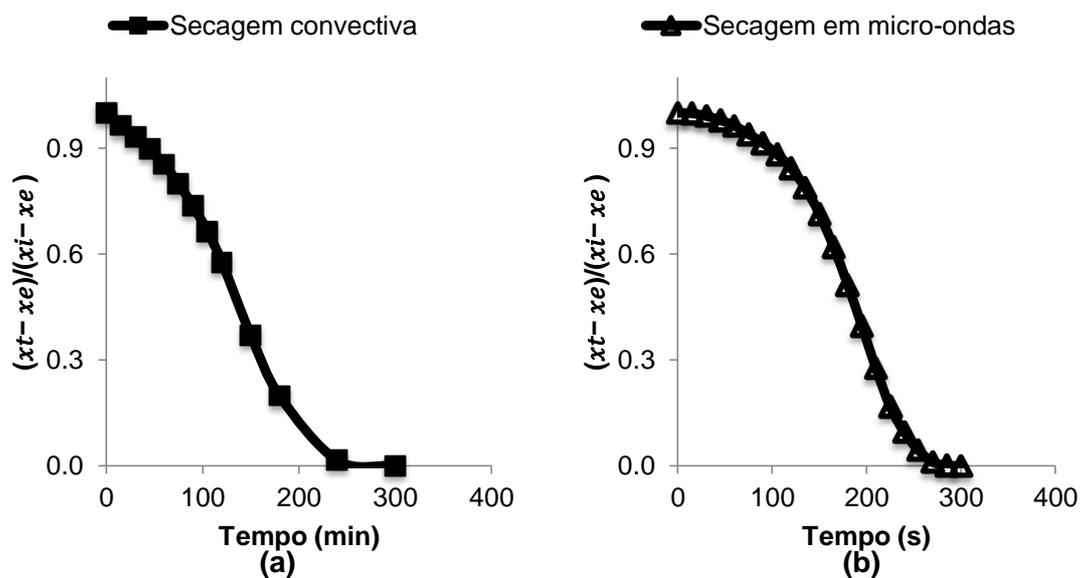
203 As Figuras 2 e 3 apresentam o comportamento médio da taxa de secagem

204 durante a secagem, por convecção e micro-ondas, e suas cinéticas.

205



206

207 **Figura 2.** Taxa de secagem de folhas de *Curcuma longa* L. durante secagem convectiva e
208 em micro-ondas

209

210 **Figura 3.** Cinética de secagem convectiva (a) e em micro-ondas (b) de folhas de *Curcuma*
211 *longa* L.

212 Estes resultados evidenciam que o processo de secagem em micro-ondas
213 apresentou taxas de secagem superiores às apresentadas pelo processo
214 convectivo ($p < 0,05$) o que levou a um tempo de secagem 60 vezes inferior. A
215 umidade de equilíbrio da folha de cúrcuma seca pelos dois processos não diferiu
216 estatisticamente ($p > 0,05$) e foi de $0,030 \text{ kg}_{\text{água}} \cdot \text{kg}_{\text{sólido seco}}^{-1}$, o que significa uma
217 redução de 93% do conteúdo de umidade da folha fresca. Apesar da diferença
218 de velocidades as cinéticas de secagem de folha de cúrcuma por convecção e
219 micro-ondas apresentaram comportamentos semelhantes.

220 Durante o processo de secagem por micro-ondas é possível observar a
221 existência de um período de taxa de secagem constante. Neste período a
222 secagem é governada pelas condições da superfície do alimento, pouco
223 dependente de sua natureza, visto que sua superfície se comporta como a
224 superfície da água, e se estende por todo o tempo em que a umidade do interior
225 do mesmo é capaz de repor a umidade superficial retirada no processo. A partir
226 do momento que a velocidade de evaporação da água da superfície é superior
227 à taxa de reposição de umidade do interior à superfície do alimento, a velocidade
228 de secagem diminui, caracterizando o período de taxa decrescente de secagem,
229 que pode ser observado nos dois processos de secagem.

230 A velocidade de transferência de água dentro da folha de cúrcuma é
231 dependente de vários fatores, sendo os principais a temperatura e a pressão. A
232 partir da interpretação das curvas de taxa de secagem é possível inferir que a
233 temperatura durante o processo de secagem por micro-ondas seja superior à de
234 secagem convectiva, assim como a velocidade de transferência de calor. Estas
235 diferenças podem ser a causa da identificação de um período de taxa constante
236 de secagem apenas neste método. Na secagem de alimentos que possuem

237 grande quantidade de compostos bioativos utiliza-se temperaturas mais brandas
 238 para se evitar a degradação térmica destes compostos.

239 Este comportamento próprio da folha apresenta uma região de
 240 aceleração, onde a velocidade de transferência de massa aumenta até a
 241 velocidade máxima, uma região de velocidade constante, que se dá por quase
 242 metade do período de secagem, e uma região de desaceleração, onde a
 243 velocidade de secagem diminui em decorrência do período decrescente de taxa
 244 de secagem.

245 Modelos Matemáticos

246 Os parâmetros dos modelos com os correspondentes coeficientes de
 247 determinação (R^2) e erro médio relativo (EMR) obtidos para cada método de
 248 secagem estão apresentados na Tabela 2.

249 **Tabela 2. Parâmetros dos modelos identificados, coeficiente de determinação (R^2) e erro**
 250 **médio relativo (EMR) para secagem convectiva e em micro-ondas de folhas de *Curcuma***
 251 ***longa* L.**

Modelo	Parâmetros cinéticos	Secagem convectiva	Secagem em micro-ondas
Lewis	K	5,68E-03	0,27
	R^2	0,91	0,84
	EMR (%)	20,25	32,32
Page	k (min^{-1})	1,10E-05	1,27E-04
	A	2,29	3,89
	R^2	0,98	0,99
	EMR (%)	9,84	6,97
Henderson &Pabis	A	1,14	1,45
	k (min^{-1})	6,83E-03	0,35
	R^2	0,93	0,88
	EMR (%)	27,03	30,45

Wang & Singh	c (min ⁻¹)	-3,67E-03	-0,31
	d (min ⁻²)	0,00	-3,96E-02
	R ²	0,96	0,97
	EMR (%)	16,36	13,35
Logarítmico	A	3,63	29,86
	k (min ⁻¹)	1,30E-03	6,00E-03
	B	-2,55	-28,67
	R ²	0,97	0,96
	EMR (%)	13,80	15,63

252

253 Todos os modelos ofereceram ajuste razoável aos dados de cinética de
 254 secagem ($R^2 > 0,90$) à exceção dos modelos de Lewis e Henderson e Pabis, que
 255 não ofereceram ajuste tão bom aos dados de cinética de secagem por micro-
 256 ondas (R^2 0,84 e 0,88, e EMR 32,32 e 30,45%, respectivamente). Para ambos
 257 os processos de secagem o modelo de Page foi o que melhor ajustou os dados
 258 de cinética de secagem, pois apresentou o maior coeficiente de determinação
 259 ($R^2 \geq 0,98$) e valores baixos de erro médio relativo (<10%), indicando que este
 260 modelo pode ser usado com sucesso para prever o comportamento da cinética
 261 de secagem de folha de cúrcuma por secagem convectiva e em micro-ondas.
 262 Os valores modulares dos parâmetros encontrados para a cinética de secagem
 263 por micro-ondas são superiores aos encontrados para a secagem convectiva
 264 ($p < 0,05$), indicando maior velocidade de secagem neste processo.

265 Naidu *et al.* (2016) pesquisando a secagem de endro por convecção com
 266 diferentes umidades do ar em associação com radiofrequência e infravermelho
 267 também encontraram o modelo de Page como o melhor ajuste aos dados, onde
 268 a constante de velocidade de secagem k, para secagem convectiva a 50°C, foi

269 superior à encontrada neste trabalho ($3,0E-03$) e inferior ao encontrado por
 270 Tasirin *et al.* (2014) para secagem convectiva de folhas de limão kaffir ($> 0,0312$),
 271 a mesma temperatura, onde modelo de Page também foi o que melhor ajustou
 272 os dados. Borah, Hazarika e Khayer (2015) encontraram que o modelo de Page
 273 foi o mais adequado para predizer o comportamento da cinética de secagem de
 274 rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) inteiros e fatiados, o que mostra que este
 275 é o modelo mais adequado para predição da cinética de secagem da planta de
 276 *Curcuma longa* L. como um todo, nas condições estudadas.

277 3.2 Compostos fenólicos e cor

278 Compostos bioativos importantes encontrados na folha de cúrcuma são
 279 os compostos fenólicos, conhecidos como a principal classe de antioxidantes
 280 naturais presentes nas plantas (SHARMILA *et al.*, 2016). Bhardwaj *et al.* (2011)
 281 atribuem aos metabólitos secundários, como os taninos e flavonóides, as
 282 propriedades antioxidantes e antimicrobianas da folha de *Curcuma longa* L. O
 283 conteúdo de fenólicos totais das folhas de cúrcuma fresca e seca por convecção
 284 e micro-ondas, assim como a variação de cor sofrida pelas folhas secas,
 285 encontram-se na Tabela 3.

286 **Tabela 3. Conteúdo de fenólicos totais e variação de cor de folhas de *Curcuma longa* L.**
 287 **fresca e secas.**

Folha de cúrcuma	Conteúdo de fenólicos totais*	ΔE
Fresca	$54,88 \pm 0,76^a$	-
Secagem convectiva	$183,76 \pm 0,60^b$	$14,44 \pm 0,07^a$
Secagem em micro-ondas	$185,42 \pm 0,65^c$	$14,18 \pm 0,10^a$

288 Resultados estão apresentados em média $\pm DP$. Letras diferentes na mesma
 289 coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

290 *Conteúdo de fenólicos totais: mg equivalente ácido gálico (EAG)100g material inicial¹

291 1.

292 Os resultados evidenciam que o conteúdo de compostos fenólicos
293 presentes nas folhas frescas e secas foi significativamente diferente ($p < 0,05$).
294 As folhas secas apresentaram conteúdo total de fenólicos superior ao da folha
295 fresca, resultado da concentração dos compostos presentes na folha pela
296 retirada da água. A folha seca por micro-ondas apresentou o maior conteúdo de
297 fenólicos totais ($p < 0,05$) indicando que houve degradação de compostos
298 fenólicos, por este método de secagem, inferior à provocada pela secagem
299 convectiva. A secagem por micro-ondas permitiu aumento de 238% no conteúdo
300 de fenólicos, em relação a folha fresca, enquanto a secagem convectiva permitiu
301 aumento de 235%. Este comportamento pode ser atribuído pelo tempo de
302 secagem inferior obtido pelo método de micro-ondas, apesar da folha atingir
303 temperaturas superiores durante o processo de secagem. Chan *et al.* (2009)
304 também obtiveram maior degradação do conteúdo de fenólicos nas folhas de
305 *Curcuma longa* secas por convecção, mesmo utilizando temperatura inferior
306 durante a secagem (25-30°C). Uma alternativa para se evitar a degradação
307 destes compostos é a utilização de pressões negativas (vácuo) durante o
308 processo de secagem, para que a mesma ocorra em menor tempo e/ou
309 temperatura.

310 O conteúdo de fenólicos totais para *Curcuma longa* L. encontrado por
311 Chan *et al.* (2008) é 4,2 vezes o conteúdo encontrado neste trabalho. Esta
312 diferença deve-se, provavelmente, a diferenças no solo, cultivo e clima entre o
313 estado de Goiás (Brasil) e o de Selangor (Malásia). Dhaouadi *et al.* (2015)
314 encontraram em folhas de hena seca comerciais um conteúdo de fenólicos

315 superior ao encontrado neste trabalho (28,52 mg GAE.g_{folha de hena seca}⁻¹),
316 indicando que a folha de hena seca possa possuir capacidade antioxidante
317 superior a cúrcuma seca. Uribe *et al.* (2016) estudando secagem a vácuo de
318 hortelã-pimenta encontraram um conteúdo total de fenólicos para a folha fresca
319 e seca a vácuo em diversas temperaturas variando de 11,56 a 27,12 mg EAG.g⁻¹
320 m. s., inferior a encontrado neste trabalho, indicando um maior conteúdo de
321 fenólicos presentes na folha de cúrcuma, quando comparado a outras folhas
322 usadas como especiaria.

323 A variação da cor em vegetais durante a secagem deve-se à degradação
324 de pigmentos e a formação de novos compostos coloridos através de reações
325 não enzimáticas, como a reação de Maillard. Em vegetais de coloração verde
326 predominante a variação de cor durante a secagem dá-se, principalmente, pela
327 diminuição da intensidade da coloração verde e redução da luminosidade,
328 tornando os produtos mais escuros. A variação da cor de um vegetal durante o
329 processo de secagem pode indicar a degradação de nutrientes como
330 carotenoides, flavonoides, fenólicos, clorofilas, entre outros. A cor do produto
331 pode, então, ser utilizada como um parâmetro de processo para otimização do
332 processo de secagem (controle de tempo e/ou temperatura), evitando a
333 degradação de compostos importantes (ARAL; BESE, 2016).

334 O processo de secagem não influenciou a variação de cor das folhas de
335 cúrcuma ($p > 0,05$), indicando que a temperatura superior utilizada na secagem
336 por micro-ondas causou alteração de cor similar ao longo período de tempo de
337 exposição da secagem convectiva. A variação de cor nas folhas durante o
338 processo de secagem pode ser associada à degradação da clorofila e outros
339 compostos de capacidade antioxidante, como os fenólicos. Os dois métodos de

340 secagem apresentaram conteúdo de umidade e variação de cor idênticos ($p >$
341 0,05), indicando uma possível relação entre estes dois parâmetros, uma vez que
342 ambos são dependentes do tempo e temperatura do processo de secagem
343 (transferência de calor). A mudança do aspecto visual pode causar rejeição do
344 produto pelo consumidor quando sua utilização se der como especiaria.

345 5. CONCLUSÕES

346 De acordo com os resultados obtidos experimentalmente, a secagem de
347 folha de cúrcuma pelo método de micro-ondas se mostrou o processo ideal para
348 a obtenção de produto seco, uma vez que, causa menor degradação do
349 conteúdo de fenólicos e necessita de menor tempo para obtenção de folha seca
350 com a mesma variação de cor e conteúdo de umidade que o produto obtido pela
351 secagem convectiva. Conclui-se que o aproveitamento da folha de cúrcuma
352 poderá ser uma alternativa para utilização deste resíduo, que é descartado pelos
353 agricultores, contribuindo para uma melhor sustentabilidade industrial.

354 AGRADECIMENTO

355 A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, Brasil, pela
356 bolsa concedida ao projeto nº 201510267000667.

357 REFERÊNCIAS

358 AOAC. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis
359 (19th ed.). Washington: AOAC. 2012.

360

361

362 ARAL, S.; BESE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.):
363 Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage,
364 and rehydration capacity. **Food Chemistry**, v. 210, n. 1, p. 577-584, 2016.

365

366

367 BHARDWAJ, R. S.; BHARDWAJ, K. S.; RANJEET D.; GANESH, N. *Curcuma*
368 *longa* leaves exhibits a potential antioxidant, antibacterial
369 and immunomodulating properties. **International Journal of Phytomedicine**,
370 v. 3, n. 1, p. 270-278, 2011.

371

- 372
373 BORAH, A.; HAZARIKA, K.; KHAYER, S. M. Drying kinetics of whole and sliced
374 turmeric rhizomes (*Curcuma longa* L.) in a solar conduction dryer. **Information**
375 **Processing in Agriculture**, v. 2, n.1, p. 85–92, 2015.
376
377
378 CHAN, E. W. C.; LIM, Y.Y.; WONG, S. K.; LIM, K. K.; TAN, S. P.; LIANTO, F. S.;
379 WONG, M. Y. Effects of different drying methods on the antioxidant properties
380 of leaves and tea of ginger species. **Food Chemistry**, v. 113, n.1, p. 166-172,
381 2009.
382
383
384 DHAOUADI, K.; MELITI, W.; DALLALI, S.; BELKHIRA, M.; OUERGHEMMI, S.;
385 SEBEI, H.; FATTOUCHA S. Commercial *Lawsonia inermis* L. dried leaves and
386 processed powder: Phytochemical composition, antioxidant, antibacterial,
387 and allelopathic activities. **Industrial Crops and Products**, v. 77, n.1, p. 544–
388 552, 2015.
389
390
391 HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on
392 drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 6, n. 1, p.
393 169–174, 1961.
394
395
396 KITA, T.; KOMATSU, K.; ZHU, S.; IIDA, O.; SUGIMURA, K.; KAWAHARA, N.;
397 TAGUCHI, H.; MASAMURA, N.; CAI, S. Development of intron length
398 polymorphism markers in genes encoding diketide-CoA synthase and curcumin
399 synthase for discriminating *Curcuma* species. **Food Chemistry**, v. 194, n.1, p.
400 1329–1336, 2016.
401
402
403 LEWIS, W.K. The rate of drying of solid materials. **Industrial Engineering**
404 **Chemistry**, v. 13, n.1, p. 427–432, 1921.
405
406
407 LÜLE, F.; KOYUNCU, T. Convective and Microwave Drying Characteristics of
408 Sorbus Fruits (*Sorbus domestica* L.). **Procedia - Social and Behavioral**
409 **Sciences**, v. 195, n. 1, p. 2634 – 2643, 2015.
410
411
412 NAIDU, M. M.; VEDASHREE, M.; SATAPATHY, P.; KHANUM, H.; RAMSAMY,
413 R.; HEBBAR, H. U. Effect of drying methods on the quality characteristics of dill
414 (*Anethum graveolens*) greens. **Food Chemistry**, v. 192, n.1, p. 849–856, 2016.
415
416
417 OZBEK, B. DADALI, G. Thin layer drying characteristics and modeling of mint
418 leaves undergoing microwave treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 83,
419 n.1, p. 541-549, 2007.
420

- 421 PAGE, G.E. **Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled**
422 **Corn in Thin Layers**. Department of Mechanical Engineering, Purdue
423 University, West Lafayette. 1949.
424
425
- 426 PAUCAR-MENACHO, L. M.; BARRETO, P. A. A.; MAZAL, G.; FAKHOURI, F.
427 M.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Desenvolvimento de massa
428 alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e
429 polidextrose utilizando páprica como corante. **Ciência e Tecnologia de**
430 **Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 767-778, 2008.
431
432
- 433 PRIYA, R.; PRATHAPAN, A.; RAGHU, K. G.; NIRMALA MENON, A. Chemical
434 composition and in vitro antioxidative potential of essential oil isolated from
435 *Curcuma longa* L. leaves. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, p.
436 S695-S699, 2012.
437
438
- 439 SHARMILA, G.; NIKITHA, V.S.; ILAIYARASI, S.; DHIVYA, K.; RAJASEKAR, V.;
440 KUMAR, N. M.; MUTHUKUMARAN, K.; MUTHUKUMARAN, C. Ultrasound
441 assisted extraction of total phenolics from *Cassia auriculata* leaves and
442 evaluation of its antioxidant activities. **Industrial Crops and Products**, v. 84,
443 n.1, p. 13-21, 2016.
444
445
- 446 TASIRINA, S.M.; PUSPASARIB, I.; LUNA, A.W.; CHAIA, P.V.; LEE, W.T.
447 Drying of kaffir lime leaves in a fluidized bed dryer with inert particles: Kinetics
448 and quality determination. **Industrial Crops and Products**, v. 61, n.1, p. 193–
449 201, 2014.
450
451
- 452 THERDTHAI, N.; ZHOU, W. Characterization of microwave vacuum drying and
453 hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). **Journal of Food**
454 **Engineering**, v. 91, n.1, p. 482–489, 2009.
455
456
- 457 URIBE, E.; MARÍN, D.; VEGA-GÁLVEZ, A.; QUISPE-FUENTES, I.;
458 RODRÍGUEZ, A. Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.)
459 as a source of natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 190, n.1, p. 559–565,
460 2016.
461
462
- 463 WANG, C.Y.; SINGH, R.P. A Single Layer Drying Equation for Rough Rice.
464 **ASAE Pap.**, 78-3001, 1978.
465
466
- 467 ZIELINSKA, M.; MARKOWSKI, M. The influence of microwave-assisted drying
468 techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum*
469 L.). **Food Chemistry**, v. 196, n.1, p. 1188–1196, 2016.

ANEXO A- Normas de publicação Brazilian Journal of Food Technology

1. CONTEÚDO E CLASSIFICAÇÃO DA PUBLICAÇÃO

Serão aceitos manuscritos de abrangência nacional e/ou internacional que apresentem novos conceitos ou abordagens experimentais e que não sejam apenas repositórios de dados científicos. Trabalhos que contemplam especificamente metodologias analíticas serão aceitos para publicação desde que elas sejam inovadoras ou proporcionem aperfeiçoamentos significativos de métodos já existentes. “Ficará a critério dos editores, a depender da relevância do tema, a aceitação de trabalhos que tenham resultados da análise de produtos industrializados sem informações que permitam reproduzir a sua obtenção”. Não serão aceitos para publicação trabalhos que visam essencialmente à propaganda comercial.

Os documentos publicados no BJFT classificam-se nas seguintes categorias:

1.1 ARTIGOS CIENTÍFICOS: São trabalhos que relatam a metodologia, os resultados finais e as conclusões de pesquisas originais, estruturados e documentados de modo que possam ser reproduzidos com margens de erro iguais ou inferiores aos limites indicados pelo autor. O trabalho não pode ter sido previamente publicado, exceto de forma preliminar como nota científica ou resumo de congresso.

1.2 NOTAS CIENTÍFICAS: São relatos parciais de pesquisas originais que, devido à sua relevância, justificam uma publicação antecipada. Devem seguir o mesmo padrão do Artigo Científico, podendo ser, posteriormente, publicadas de forma completa como Artigo Científico.

1.3 ARTIGOS DE REVISÃO: São extratos inter-relacionados da literatura disponível sobre um tema que se enquadre no escopo da revista e que contenham conclusões sobre o conhecimento disponível. Preferencialmente devem ser baseados em literatura publicada nos últimos cinco anos.

1.4 RELATOS DE CASO: São descrições de casos, cujos resultados são tecnicamente relevantes.

1.5 RESENHA CRÍTICA DE LIVRO: Trata-se de uma análise de um ou mais livros impressos ou online, que apresenta resumo e análise crítica do conteúdo.

1.6 COMENTÁRIO DE ARTIGO: Um documento cujo objeto ou foco é outro artigo ou outros artigos.

1.7 COMUNICAÇÃO RÁPIDA: Atualização de uma pesquisa ou outros itens noticiosos.

Os manuscritos podem ser apresentados em português, inglês ou espanhol.

2. FORMATAÇÃO:

- Editor de Textos Microsoft WORD.

- Fonte Arial 12, espaçamento duplo entre linhas.

- Página formato A4 (210 x 297 mm), margens de 2 cm.

- Todas as linhas e páginas do manuscrito deverão ser numeradas sequencialmente.

- O número de páginas, incluindo Figuras e Tabelas no texto, não deverá ser superior a 20 para Artigos Científicos e de Revisão e a 9 para Notas Científicas.

3. ESTRUTURA DO ARTIGO

A estrutura do Artigo de Revisão é livre.

Todos os Artigos Científicos, Notas Científicas e Relatos de Caso devem conter os seguintes itens:

3.1. TÍTULO: Deve ser claro, conciso e representativo do assunto tratado. Deve ser escrito em caixa alta, não excedendo 150 caracteres (incluindo espaços). O manuscrito em português ou espanhol deve também apresentar o Título em inglês e o manuscrito em inglês deve incluir também o Título em português.

3.2. AUTORES/FILIAÇÃO: São considerados autores aqueles com efetiva contribuição intelectual e científica para a realização do trabalho, participando de sua concepção, execução, análise, interpretação ou redação dos resultados, aprovando seu conteúdo final. Havendo interesse dos autores, os demais colaboradores, como, por exemplo, fornecedores de insumos e amostras, aqueles que ajudaram a obter recursos e infraestrutura e patrocinadores, devem ser citados na seção de agradecimentos. O autor de correspondência é responsável pelo trabalho perante a Revista e, deve informar a contribuição de cada coautor para o desenvolvimento do estudo apresentado.

Devem ser fornecidos os nomes completos e por extenso dos autores, seguidos de sua filiação (Instituição/Departamento, cidade, estado, país) e endereço eletrônico (e-mail). O autor para correspondência deverá ter seu nome indicado e apresentar endereço completo para postagem.

Exemplo:

Para o autor de correspondência:

*Nome (*autor correspondência)*

Instituição/Departamento

Endereço completo – (CEP / Cidade / Estado / País)

e-mail

Para colaboradores:

Nome

Instituição/Departamento

Cidade / Estado / País

e-mail

3.3. RESUMO: Deve incluir objetivo(s) ou hipótese da pesquisa, material e métodos (somente informação essencial para a compreensão de como os resultados foram obtidos), resultados mais significativos e conclusões do trabalho, contendo no máximo 2000 caracteres (incluindo espaços). Os artigos em português ou espanhol devem também apresentar Resumo em inglês e os artigos em inglês devem incluir também o Resumo em português.

3.4. PALAVRAS-CHAVE: Devem ser incluídas, logo após o Resumo e Summary, até 6 palavras indicativas do conteúdo do trabalho, que possibilitem a sua recuperação em buscas bibliográficas. Evitar termos que apareçam no título. Os artigos em português ou espanhol devem também apresentar as Palavras-chave em inglês e os artigos em inglês devem incluir também as Palavras-chave em português.

3.5. INTRODUÇÃO: Deve reunir informações para uma definição clara da problemática estudada, fazendo referências à bibliografia atual, preferencialmente de periódicos indexados, e da

hipótese/objetivo do trabalho, de maneira que permita situar o leitor e justificar a publicação do trabalho. Visando à valorização da Revista, sugere-se, sempre que pertinente, a citação de artigos publicados no BJFT.

3.6. MATERIAL E MÉTODOS: Deve possibilitar a reprodução do trabalho realizado. A metodologia empregada deve ser descrita em detalhes apenas quando se tratar de desenvolvimento ou modificação de método. Neste último caso, deve destacar a modificação efetuada. Todos os métodos devem ser bibliograficamente referenciados ou descritos.

3.7. RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados devem ser apresentados e interpretados dando ênfase aos pontos importantes que deverão ser discutidos com base nos conhecimentos atuais. Deve-se evitar a duplicidade de apresentação de resultados em Tabelas e Figuras. Sempre que possível, os resultados devem ser analisados estatisticamente.

3.8. EQUAÇÕES E UNIDADES: A numeração das equações deve ser feita na ordem em que aparecem no texto. O número deve estar entre parênteses, próximo à margem direita. Deve ser utilizado o Sistema Internacional de Unidades (SI) e os seus respectivos símbolos. Não serão aceitas quantidades expressas em outros sistemas de unidades. Os denominadores das unidades devem ser expressos com índices sobrescritos negativos.

3.9. TABELAS E FIGURAS: Devem ser numeradas em algarismos arábicos na ordem em que são mencionadas no texto. Seus títulos devem estar imediatamente acima das Tabelas e imediatamente abaixo das Figuras e não devem conter unidades. As unidades devem estar, entre parênteses, dentro das Tabelas e nas Figuras. As Tabelas e Figuras devem ser inseridas no corpo do documento logo após terem sido mencionadas. Fotografias devem ser designadas como Figuras.

As Tabelas devem ser editadas utilizando os recursos próprios do editor de textos para este fim, usando apenas linhas horizontais. Devem ser autoexplicativas e de fácil leitura e compreensão.

As Figuras devem ser apresentadas no texto nas dimensões em que serão publicadas. Devem ser utilizadas, de preferência, para destacar os resultados mais expressivos. Não devem repetir informações contidas em Tabelas. Devem ser apresentadas de forma a permitir uma clara visualização e interpretação do seu conteúdo. As legendas devem ser curtas, auto-explicativas e sem bordas. As Figuras (gráficos e fotos) devem ser coloridas e em alta definição, para que sejam expressivamente interpretadas. Além de também serem apresentadas no texto do manuscrito, as Figuras também devem ser enviadas em arquivos individuais, separados do textos, na submissão do manuscrito. Estes arquivos individuais devem ser nomeados de acordo com o número da figura. Ex.: Fig1.jpg, Fig2.gif etc.

3.10. ABREVIATURAS: As abreviaturas devem ser evitadas. Se usadas, devem ser definidas na primeira vez em que forem mencionadas. As abreviaturas não devem aparecer no Título, nem, se possível, no Resumo e Palavras-chave.

3.11. CONCLUSÕES: Neste item deve ser apresentada a essência da discussão dos resultados, com a qual se comprova, ou não, a hipótese do trabalho ou se ressalta a importância ou contribuição dos resultados para o avanço do conhecimento. Este item não deve ser confundido com o Resumo, nem ser um resumo da Discussão.

3.12. AGRADECIMENTOS: Deve ser feita a identificação completa da agência de fomento, com indicação do seu nome, país, nº do projeto. Outros agradecimentos a pessoas ou instituições são opcionais.

3.13. REFERÊNCIAS:

3.13.1 Citações no Texto

Citação direta: Transcrição textual de parte da obra do autor consultado (Especificar no texto a(s) página(s), volume(s), tomo(s) ou seção(ões) da fonte consultada).

Citação indireta: Texto baseado na obra do autor consultado (Indicar apenas a data). Nas citações bibliográficas no texto (baseadas na norma ABNT NBR 10520: 2002), as chamadas pelo sobrenome do autor, pela instituição responsável ou título incluído na sentença devem ser em letras maiúsculas e minúsculas e, quando estiverem entre parênteses, devem ser em letras maiúsculas (caixa alta).

Exemplos:

Guerrero e Alzamorra (1998) obtiveram bom ajuste do modelo.

Esses resultados estão de acordo com os verificados para outros produtos (CAMARGO; RASERAS, 2006; LEE; STORN, 2001).

(COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS, 1992, p. 34)

(ANTEPROJETO..., 1987, p. 55).

As citações de diversos documentos de um mesmo autor, publicados num mesmo ano, são distinguidas pelo acréscimo de letras minúsculas, em ordem alfabética, após a data e sem espaçamento, conforme a lista de referências.

Exemplos:

De acordo com Reeside (1927a)

(REESIDE, 1927b)

Para citação de citação deve-se utilizar a expressão “apud” (citado por, conforme, segundo) após o ano de publicação da referência, seguida da indicação da fonte secundária efetivamente consultada.

Exemplos:

No texto:

“[...] o viés organicista da burocracia estatal e o antiliberalismo da cultura política de 1937, preservado de modo encapuçado na Carta de 1946.” (VIANNA, 1986, p. 172 apud SEGATTO, 1995).

Sobre esse assunto, são esclarecedoras as palavras de Silva (1986 apud CARNEIRO, 1981).

3.13.2 Referências

A lista de referências deve seguir o estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma: NBR 6023, de agosto de 2002, na seguinte forma:

- As referências são alinhadas somente à margem esquerda do texto e de forma a se identificar individualmente cada documento, em espaço simples e separadas entre si por espaço duplo.
- O recurso tipográfico (**negrito, grifo ou itálico**) utilizado para destacar o elemento título deve ser uniforme em todas as referências de um mesmo documento.
- Recomenda-se citar o nome de todos os autores nas Referências.

- *Monografias (Livros, manuais e folhetos como um todo)*

Sobrenome e iniciais dos prenomes do autor (nomes de mais de 1 autor devem ser separados por ponto e vírgula). **Título** (em negrito): subtítulo. Edição (n. ed.), Local de Publicação: Editora, data de publicação. Número de páginas.

Exemplos:

Impressos:

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 680 p.

HOROWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed., 3rd rev. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2010. 1 v.

PERFIL da administração pública paulista. 6. ed. São Paulo: FUNDAP, 1994. 317 p.

Eletrônicos:

SZEMPLENSKI, T. **Aseptic packaging in the United State**. 2008. Disponível em: <<http://www.packstrat.com>>. Acesso em: 19 maio 2008.

- *Parte de monografias (Capítulos de livros, volume, fragmento, parte)*

AUTOR DO CAPÍTULO. Título do capítulo. In: AUTOR DO LIVRO. **Título do livro** (em negrito). Edição. Local de publicação (cidade): Editora, data. capítulo, página inicial-final da parte.

Exemplo:

Impressos:

ZIEGLER, G. Product design and shelf-life issues: oil migration and fat bloom. In: TALBOT, G. (Ed.). **Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products**. Boca Raton: CRC Press, 2009. Chapter 10, p. 185-210.

Eletrônicos:

TAMPAS de elastômeros: testes funcionais. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopéia Brasileira**. 5. ed. Brasília: ANVISA, 2010. cap. 6, p. 294-299. Disponível em:

<http://www.anvisa.gov.br/hotsite/cd_farmacopeia/pdf/volume1%2020110216.pdf>.

Acesso em: 22 mar. 2012.

- *Teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso*

AUTOR. **Título** (em negrito). Ano de defesa. Número de folhas. Categoria (Grau e área)

- Unidade da Instituição, Instituição, Cidade, Data de publicação.

Exemplo:

CARDOSO, C. F. **Avaliação do sistema asséptico para leite longa vida em embalagem flexível institucional do tipo Bag-in-box**. 2011. 160 f. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

- *Publicação periódica (Artigos de periódicos)*

AUTOR DO ARTIGO. Título do artigo. **Título do Periódico** (por extenso e negrito), Local de publicação (cidade), volume, número, páginas inicial-final, ano de publicação.

Exemplo:

Impressos:

KOMITOPOULOU, Evangelia; GIBBS, Paul A. The use of food preservatives and preservation. **International Food Hygiene**, East Yorkshire, v. 22, n. 3, p. 23-25, 2011.

Eletrônicos:

INVIOLÁVEL e renovável. **EmbalagemMarca**, São Paulo, v. 14, n. 162, p. 26, fev. 2013. Disponível em: <<http://issuu.com/embalagemmarca/docs/em162/26>>. Acesso em: 20 maio 2014.

- *Trabalho apresentado em evento*

AUTOR. Título do trabalho apresentado, seguido da expressão In: NOME DO EVENTO, numeração do evento (se houver), ano e local (cidade) de realização. **Título do documento (anais, proceedings, atas, tópico temático, etc.)**, local: editora, data de publicação. Página inicial e final da parte referenciada.

Exemplos:

Impressos

ALMEIDA, G. C. Seleção classificação e embalagem de oleícolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, 2., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2007. p. 73-78.

IUFOST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMICAL CHANGES DURING FOOD PROCESSING, 1984, Valencia. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1984.

Eletrônicos

MARTARELLO, V. D. Balanço hídrico e consumo de água de laranjeiras. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC; ITAL, 2011. 1 CD-ROM.

LUIZ, M. R.; AMORIN, J. A. N.; OLIVEIRA, R. Bomba de calor para desumificação e aquecimento do ar de secagem. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007, Cusco. **Anais eletrônicos...** Cusco: PUCP, 2007. Disponível em: <<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-23.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2011.

- *Normas técnicas*

ÓRGÃO NORMALIZADOR. **Número da norma** (em negrito): título da norma. Local (cidade), ano. nº de páginas.

Exemplos:

ASTM INTERNATIONAL. **D 5047-09**: standard specification for polyethylene terephthalate film and sheeting. Philadelphia, 2009. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15963**: alumínio e suas ligas - chapa lavrada para piso - requisitos. Rio de Janeiro, 2011. 12 p.

- *Legislação (Portarias, decretos, resoluções, leis)*

Jurisdição (ou cabeçalho da entidade, no caso de se tratar de normas), título, numeração, data e dados da publicação.

Exemplos:

Impressos

BRASIL. Medida provisória no 1.569-9, de 11 de dezembro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 1997. Seção 1, p. 29514.

Eletrônicos

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) n. 202/2014, de 03 de março de 2014. Altera o Regulamento (UE) n. 10/2011 relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, L 62, 04 abr. 2014. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:062:0013:0015:PT:PDF>>.

Acesso em: 21 mar. 2014.

4. PROCESSO DE AVALIAÇÃO

O manuscrito submetido à publicação no BJFT é avaliado previamente por um Editor e, dependendo da qualidade geral do trabalho, nesta etapa pode ser rejeitado ou retornar aos autores para adequações ou seguir para revisão por dois Revisores *ad hoc*. Todo o processo de revisão por pares é anônimo (*double blind review*). Os pareceres dos revisores são enviados para o Editor Associado, que emite um parecer para qualificar a pertinência de publicação do manuscrito. Caso haja discordância entre os pareceres, outros Revisores poderão ser consultados. Quando há possibilidade de publicação, os pareceres dos revisores e do Editor Associado são encaminhados aos Autores, para que verifiquem as recomendações e procedam às modificações pertinentes. As modificações feitas pelos autores devem ser destacadas no texto em cor diferente. Não há limite para o número de revisões, sendo este um processo interativo cuja duração depende da agilidade dos Revisores e do Editor em emitir pareceres e dos Autores em retornar o artigo revisado. No final do processo de avaliação, cabe ao Editor Chefe a decisão final de aprovar ou rejeitar a publicação do manuscrito, subsidiado pela recomendação do Editor Associado e pelos pareceres dos revisores. Este sistema de avaliação por pares é o mecanismo de auto regulação adotado pela Revista para atestar a credibilidade das pesquisas a serem publicadas.

Quando o trabalho apresentar resultados de pesquisa envolvendo a participação de seres humanos, em conformidade a Resolução nº196/96 do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/1996, informar o número do processo de aprovação do projeto por um Comitê de Ética em Pesquisa.

A avaliação prévia realizada pelos Editores é feita mediante formulário que considera: Atendimento ao escopo e às normas e da revista; Relevância do estudo; Abrangência do enfoque; Adequação e reprodutibilidade da metodologia; Adequação e atualidade das referências bibliográficas e Qualidade da redação.

A avaliação posterior por Revisores e Editores/Conselheiros é feita mediante formulário que considera originalidade, qualidade científica, relevância, os aspectos técnicos do manuscrito,

incluindo adequação do título e a qualidade do Resumo/Summary, da Introdução, da Metodologia, da Discussão e das Conclusões e clareza e objetividade do texto.

5. SUBMISSÃO DO ARTIGO

O manuscrito e suas respectivas Figuras (coloridas e em alta resolução) juntamente com o Formulário de Autoavaliação (http://bjft.ital.sp.gov.br/arquivos/formulario_autoavaliacao_br-10.08.2012.pdfhttp://bjft.ital.sp.gov.br/arquivos/termo_de_responsabilidade_portugues.pdf) devem ser enviados para a Secretária da Revista (lucia@ital.sp.gov.br).) e o Termo de Responsabilidade e Concordância (

Há uma taxa de publicação, cujo valor está disponível no site da Revista.

CAPÍTULO III

ARTIGO II

Folha de *Curcuma longa* L. in natura e desidratadas por diferentes métodos: caracterização físico-química

Monick Cristina Braga^{a*}, Tatianne Ferreira de Oliveira^a

^aEscola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás- UFG Campus Samambaia, Rodovia

Goiânia-Nova Veneza, Km 0- Caixa Postal 131, CEP 74690-900, Goiânia, Brasil.

monickbraga@hotmail.com. ferreira.tatianne@yahoo.com.br

*Corresponding author Tel: +055 (62) 3521-1613

Resumo

Este trabalho objetivou a caracterização física e química de folhas de *Curcuma longa* L. através do estudo da composição centesimal da folha fresca, composição de minerais, presença de fatores antinutricionais e avaliação da variação de cor da folha fresca e seca pelos métodos de micro-ondas, estufa e liofilização. A composição proximal apresentou quantidades apreciáveis de proteínas (39,5g (100g)⁻¹ ±0,91), carboidratos (44,74g (100g)⁻¹±1,04), fibras totais (34,47g (100g)⁻¹±0,98), sendo fibra solúvel (22,65g (100g)⁻¹±0,65), fibra insolúvel (11,81g (100g)⁻¹±0,34), cinzas (13,81g (100g)⁻¹±1,05), e baixo teor de lipídeos (2,47g (100g)⁻¹±0,12). A composição mineral mostrou maiores valores de Na, Mg, Ca, K, P e Mn. Outros minerais foram Fe e Zn. Observou-se baixos teores de nitrato 0,05 mg/g±0,00 (folha fresca) e 0,46-0,47mg/g (folhas secas). Não foi observados compostos cianogênicos em sua composição. Observou-se que o processo de secagem influenciou na variação de cor das folhas secas, aumentando a luminosidade, diminuindo a intensidade da cor verde e provocando a mudança da tonalidade verde para verde amarelada.

Palavras-chave: *Curcuma longa* L.; secagem; composição proximal; minerais; antinutricionais.

26 1. INTRODUÇÃO

27

28 A cúrcuma (*Curcuma Longa* L) é planta originária do sudeste da Ásia, amplamente cultivada
29 produzindo rizomas pungentes usados como especiaria culinária para conferir sabor e cor
30 característicos (Aberoumand, 2011). Sabe-se que os rizomas possuem propriedades antioxidantes,
31 anti-inflamatórias, anticancerígenas e cardio protetoras (Chan et al., 2009). As folhas de cúrcuma
32 são aromáticas e tradicionalmente, na Índia, são extensivamente usadas em preparações culinárias
33 (Priya *et al.*, 2012). No Brasil, durante o cultivo comercial do rizoma as folhas da planta são
34 descartadas, levando ao desperdício de grande potencial de nutricional.

35 Plantas aromáticas tem um grande teor de umidade, por isso são muito perecíveis. Portanto, a
36 secagem logo após a colheita é a operação mais importante para evitar a deterioração e a perda de
37 qualidade (Arslan; Ozcan, 2008). Os produtos secos quando comparados aos produtos úmidos tem
38 a vantagem de redução do peso que é geralmente, também acompanhada da diminuição do volume,
39 fato que incide na redução dos custos com transporte, embalagem e armazenamento, sendo estes,
40 fatores de estímulo para a sua produção e comercialização (Akpinar et al., 2003). Os alimentos
41 liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes
42 originais, uma vez que emprega baixas temperaturas em seu processamento, entretanto, seu custo
43 é expressivamente maior quando comparado a outras técnicas (Vieira et al., 2012). A secagem
44 convectiva é um método de baixo custo de implantação e de fácil operação, no entanto demanda
45 um longo tempo de processo e a pode levar à redução da qualidade do alimento, seja pela alteração
46 de cor, perda de nutrientes ou alterações de textura (Zielinska; Markowinki, 2016). A secagem por
47 micro-ondas por outro lado é uma técnica que reduz o tempo de secagem e pode oferecer algumas
48 vantagens como fornecimento de energia uniforme e de alta condutividade térmica para o interior
49 do alimento, além de alta qualidade do produto final (Therthai; Zhou, 2009).

50 Os minerais desempenham um papel vital no bem-estar físico e mental; frutas e hortaliças são
51 importante fonte de minerais necessários na dieta humana (Bertin *et al.*, 2014). Nos últimos anos,
52 tem havido um interesse crescente em concentrações de minerais em alimentos, como a fonte de
53 minerais para humanos (Bertin et al., 2016). Os vegetais podem acumular altas concentrações de
54 substâncias antinutricionais em suas folhas, podendo originar reações tóxicas e/ou interferir na
55 biodisponibilidade e digestibilidade de alguns nutrientes (Silva, et al., 2013). Por isso a
56 necessidade do conhecimento da qualidade nutricional e não nutricional dessa folha.

57 Além disso, é importante avaliar a cor, que é um atributo valioso na comercialização das frutas
58 e hortaliças, pois representa um importante papel na aparência e aceitabilidade dos alimentos,
59 sendo o primeiro parâmetro a ser julgado no alimento pelo consumidor ao efetuar uma compra
60 (Ahmed et al.,2002). Nesse sentido, Severini et al. (2005) e Krokida et al. (2001) relatam que
61 diferentes métodos de secagem influenciam na alteração da tonalidade de cor dos alimentos.

62 Alguns resíduos hortícolas desprezados pela indústria, como a folha de *Curcuma longa* L,
63 poderiam ser utilizados na geração de um subproduto estável seco, fonte alternativa de nutrientes
64 com o objetivo de aumentar o valor nutritivo de dieta alimentar. Além da possibilidade de sua
65 utilização como ingrediente de outro produto alimentício ou em condimentos na culinária pode
66 trazer benefícios que permeiam várias vertentes, como aumentar seu valor agregado, tornando-o
67 apto a ser embutido em outras cadeias produtivas.

68 Este estudo teve como objetivo avaliar o valor nutricional folha de *Curcuma longa* L. fresca e
69 obtida em diferentes métodos de secagem, através da determinação da composição proximal e
70 minerais, assim como avaliar a cor e a presença fatores antinutricionais.

71

72 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

73

74 **2.1. Coleta e preparo das amostras**

75

76 As folhas de cúrcuma (*Curcuma longa*) foram coletadas (fevereiro de 2015) na Cooperativa
77 de Produtores de Açafrão (Cooperaçafrão) de Mara Rosa - GO (14°00'10.9"S 49°07'11.8"O). As
78 folhas de plantas de 15 meses foram colhidas ao amanhecer, armazenadas em sacos de náilon e
79 imediatamente transportadas até o Departamento de Engenharia de Alimentos, na Escola de
80 Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia – GO, sob temperatura controlada de
81 20°C.

82 As folhas foram selecionadas quanto à aparência visual (coloração verde típica e integridade),
83 lavadas em água potável corrente, sanificadas em solução de hipoclorito de sódio 0,1 mL.L⁻¹ por
84 15 min, centrifugadas (CE410 Incalfer, São Paulo, Brasil) para a retirada do excesso de umidade
85 superficial. As folhas tiveram os talos retirados e foram cortadas em quadrados de 2 cm, para o
86 processo de secagem.

87

88 2.2. Métodos de Secagem da folha de *Curcuma Longa L.*

89
90 Foram utilizados três métodos de secagem, sendo eles, estufa de circulação de ar,
91 microondas, liofilização para verificar a influência na qualidade das folhas de curcuma secas. Para
92 efeito de padronização, todos os processos de desidratação foram realizados com densidade de
93 produto de um $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, uniformemente distribuídos em camada fina nos equipamentos. Na estufa
94 de circulação de ar (TE-394/3, Tecnal, Piracicaba, Brasil), as folhas de cúrcuma foram distribuídas
95 nas bandejas de aço inox perfuradas e submetidas à secagem convectiva à 60°C . A secagem em
96 micro-ondas foi realizada em equipamento digital doméstico de 900 W de potência e 23 L de
97 capacidade (MEF 33, Electrolux, Estocolmo, Suécia), sobre bandeja (300 mm de diâmetro). Para
98 liofilização, as folhas de cúrcuma foram congeladas com nitrogênio líquido antes da liofilização e a
99 secagem foi realizada em liofilizador (LP510, Liotop, São Carlos, Brasil) sob vácuo de 300 mmHg.

100 O tempo de processo para cada método foi determinado através da avaliação da cinética de
101 desidratação de cada método e definido como o tempo mínimo necessário para atingir a umidade
102 de equilíbrio, que foi de $0,030 \text{ kg}_{\text{água}}\cdot\text{kg}_{\text{sólido seco}}^{-1}$. As folhas secas foram armazenadas em sacos
103 mistos de náilon polietileno de baixa densidade à vácuo envoltos em folha de alumínio, até o
104 momento da análise.

105

106 2.3. Composição Proximal

107

108 A caracterização da folha fresca de cúrcuma foi realizada de acordo com a Association of
109 Official Analytical Chemists (AOAC, 2012). O teor de umidade foi determinado pelo método
110 gravimétrico à 105°C até peso constante. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método
111 Micro-kjeldahl e convertido em proteína bruta pelo fator 6,25. O teor de lipídeos foi determinado
112 usando o método Soxhlet, usando o éter de petróleo como solvente. As cinzas foram medidas
113 usando uma mufla a 550°C até atingir peso constante. As análises foram realizadas em em
114 triplicata..

115 A estimativa do conteúdo de carboidratos foi determinado pelo método de diferença,
116 subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, cinzas, proteínas e lipídios. A fibra alimentar
117 solúvel e insolúvel foi determinada segundo método enzimico-gravimétrico preconizado pela
118 AOAC (2012), em triplicata, e a fibra alimentar total foi calculada somando-se a fibra alimentar

119 solúvel e insolúvel. Os resultados foram expressos em base seca. O valor energético total foi
120 calculado por meio dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), onde carboidratos digeríveis
121 possuem 4,0kcal g⁻¹, os lipídeos 9,0kcal g⁻¹ e a proteína 4,0kcal g⁻¹.

122 A energia total foi calculada pela seguinte fórmula:

$$123 \quad kcal = 4x (\text{carboidratos} + \text{proteínas}) + 9 x \text{lipídeos} \quad (1)$$

124

125 **2.4. Análise de cor**

126

127 Para a análise de cor foram determinados os parâmetros CieLab (L*, a* e b*) utilizando
128 colorímetro Color Quest II (Hunter-Lab, Reston, Virginia, EUA) segundo método descrito por
129 Paucar-Menacho et al. (2008), onde L* define a luminosidade (L*=0 preto e L*=100 branco), a*
130 e b* definem cromaticidade (+a* vermelho e -a* verde, +b* amarelo e -b* azul). Os parâmetros
131 de cor a* e b* foram usados para calcular o índice de saturação ou croma (C*), a tonalidade angular
132 (h*). Foram realizadas 90 repetições de análise de cor por amostra. O colorímetro foi padronizado
133 usando placa de calibração branca.

134

135 **2.5. Análise de minerais**

136

137 Para quantificar os minerais (P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe), as amostras foram submetidas à
138 digestão nitroperclórica em blocos digestores com controle de temperatura (210°C). O fósforo (P)
139 foi determinado por espectrofotometria de Absorção Molecular (700 plus, FEMTO, São Paulo,
140 Brasil), o potássio (K) e o sódio (Na) por fotometria de Chama (400, Corning, New York, EUA),
141 o Cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o manganês (Mn), o zinco (Zn) e o ferro (Fe) por
142 espectrofotometria de absorção atômica em chama (AAnalyst-400, Perkin Elmer, Waltham, EUA).
143 Os protocolos seguiram o preconizado por Skoog, Holler e Timothy (1998) e analisadas em
144 triplicata.

145

146 **2.6. Fatores antinutricionais**

147

148 Para a análise de nitrato, a amostra foi aberta em água e filtrada em carvão ativado para
149 clarificação. E foi determinado de acordo com Skoog, Holler e Timothy (1998), onde foram

150 adicionados os reagentes (solução redutora de zinco, reagente de cor (A) sulfanilamina e o reagente
151 de cor (B) alfa-naftilamina). A leitura foi feita em 520 nm. A análise foi realizada em triplicata.

152 A análise de compostos cianogênicos foi realizada pelo teste de Guignard, que é um método
153 qualitativo, que baseia-se na formação do composto colorido isopurpurato alcalino, a partir da
154 reação do ácido cianídrico com o picrato de sódio, conforme a metodologia descrita por Costa
155 (2001), como controle positivo, utilizou-se a semente de pêssego, e as análises foram realizadas
156 em triplicata.

157

158 **2.7. Análise Estatística**

159

160 Os dados experimentais foram verificados estatisticamente por ANOVA. A significância das
161 diferenças entre tratamentos foi determinada por one-way ANOVA com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
162 Os cálculos foram realizados utilizando Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

163

164 **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

165

166 **3.1 Composição Centesimal da Folha de *Curcuma Longa* L. fresca**

167

168 A Tabela 1 apresenta os resultados da composição centesimal da folha de *Curcuma Longa* L.

169 **TABELA 1** Composição proximal e valor energético total da folha de *Curcuma Longa* L. fresca

Componente*	g 100g ⁻¹ (b. s.)
Umidade	6,52 ±1,01
Lipídeos	2,47 ±0,12
Cinzas	13,81 ±1,05
Proteínas	39,5 ±0,91
Fibra alimentar solúvel	22,65 ±0,65
Fibra alimentar insolúvel	11,81 ±0,34
Fibra alimentar total	34,47 ±0,98

Carboidratos	44,74 ±1,04
Valor energético total (kcal 100 g ⁻¹)	359,19

170 * Valores constituem média ± desvio padrão

171

172 Os resultados obtidos a partir da análise centesimal da folha fresca estabelece que este material
 173 é rico em carboidratos e proteínas. As fibras e as cinzas também foram consideráveis sugerindo
 174 que a folha de cúrcuma possui um alto valor nutritivo, e apresentou um conteúdo de umidade
 175 (6,52% b. s.).

176 O teor de cinzas encontrado na folha de cúrcuma foi 12,1% superior ao encontrado na folha de
 177 dill (11,42 g100g⁻¹) (Slupski *et al.*, 2005). Entretanto, foi 4,9% inferior a folha de erva doce (14,51
 178 g100g⁻¹) (Barros *et al.*, 2010), 29,5% inferior as folhas e talos de beterraba (19,6 g100g⁻¹), 38,1%
 179 inferior as folhas e talos de rabanete (22,30 g100g⁻¹) e 4,6% inferior as folhas e talos de cenoura
 180 (14,47 g100g⁻¹) (Melo; Faria, 2014). O teor de proteínas encontrado na folha de cúrcuma foi 87,6%
 181 superior a folha de erva doce (4,90 g100g⁻¹) (Barros *et al.*, 2010). Foi superior também a plantas
 182 nutritivas como gengibre 79,28% (8,58 g100g⁻¹), alho 63,62% (17,53 g100g⁻¹), cebola 73,55%
 183 (10,45 g100g⁻¹) e pimenta-de-são-tomé 68,36% (12,50 g100g⁻¹) (Nwinuka *et al.*, 2005). O teor de
 184 carboidratos encontrado na folha de cúrcuma foi 53,1% superior ao encontrado nas folhas de *Rubus*
 185 *amabilis* (21g 100g⁻¹) (Caidan *et al.*, 2014). Entretanto, a folha da cúrcuma apresentou teor de
 186 carboidratos 57,3% menor ao verificado na folha de erva doce (78,00 g100g⁻¹) (Barros *et al.*, 2010).
 187 E vale ressaltar que os carboidratos são fontes de energia e ajudam a digestão e a assimilação de
 188 outros nutrientes (Ehiabhi *et al.*, 2012). O teor de lipídeos encontrado na folha de cúrcuma foi 36%
 189 superior ao encontrado nas folhas de *Rubus amabilis* (1,58 g100g⁻¹) (Caidan *et al.*, 2014).
 190 Entretanto, foi 4,3% inferior a folha de erva doce (2,58 g100g⁻¹) (Barros *et al.*, 2010). As folhas
 191 comestíveis não convencionais taioba (16,79 g100g⁻¹), mostarda (21,13 g100g⁻¹), serralha (18,22
 192 g100g⁻¹) e ora-pro-nobis (7,41 g100g⁻¹) estudadas por Silva *et al.* (2013) apresentaram valores

193 inferiores 51,3%, 38,7%, 47,14 e 78,5%, respectivamente, ao teor de fibras totais encontrado nesse
194 estudo.

195 As frações de fibra alimentar possuem estruturas diferentes, logo, as implicações nutricionais
196 também diferem. As frações de fibra solúvel causam fermentação bacteriana no trato
197 gastrointestinal e influenciam no metabolismo dos carboidratos e gorduras. Possui ação
198 hipolipêmica, pois eleva a viscosidade do intestino delgado, reduzindo a absorção lipídica e ligação
199 de ácidos biliares, aumentando o catabolismo do colesterol pela transformação desses ácidos no
200 fígado (Anderson *et al.*, 2009).

201 As frações insolúveis melhoram o trânsito gastrointestinal e auxiliam na redução da
202 constipação, exercendo efeito inibidor sobre o desenvolvimento de alguns tipos de câncer, pelo
203 estímulo do crescimento da microflora intestinal, impedindo o crescimento de bactérias
204 putrefativas, induz a saciedade, devido à absorção de água e inchamento, ocupando maior espaço
205 no estômago, reduzindo a necessidade de se consumir mais alimentos, aumentando o bolo fecal e
206 promovendo melhor funcionamento do sistema digestivo (Anderson *et al.*, 2009; Bingham *et al.*,
207 2003).

208 Pode-se considerar, portanto, que a folha é um produto rico, possuindo de acordo com os
209 valores apresentados acima alto teores de fibras, pois segundo a legislação brasileira, deve-se
210 atender 6g de fibra por 100g, no mínimo, de produto, para assim ser designado (Brasil, 2012).

211

212 **3.2 Cor**

213

214 A variação da cor em vegetais durante a secagem deve-se à degradação de pigmentos e a
215 formação de novos compostos coloridos através de reações não enzimáticas, como a reação de

216 Maillard. A variação da cor de um vegetal durante o processo de secagem pode indicar a
 217 degradação de nutrientes como carotenoides, flavonoides, fenólicos, clorofilas, entre outros (Aral;
 218 Bese, 2016). Neste contexto, a Tabela 2 mostra os parâmetros de cor avaliados na folha de cúrcuma
 219 fresca e submetida a diferentes métodos de secagem.

220

221 **Tabela 2.** Avaliação de cor (L^* , a^* , b^* , c^* e h°) de folhas de *Curcuma longa* L. fresca e submetida a diferentes
 222 métodos de secagem.

Cor	Fresca	Estufa	Micro-ondas	Liofilizada
L^*	27,75 ±0,54 ^a	38,29 ±0,44 ^b	37,97 ±0,61 ^b	52,26 ±0,41 ^c
a^*	-5,47 ±0,05 ^a	-1,65 ±0,03 ^c	-1,56 ±0,03 ^d	-1,87 ±0,01 ^b
b^*	14,57 ±0,22 ^d	5,40 ±0,11 ^b	4,16 ±0,05 ^a	6,88 ±0,09 ^c
C^*	15,28 ±0,04 ^d	5,61 ±0,05 ^b	4,53 ±0,01 ^a	7,30 ±0,02 ^c
h°	112,58° ±0,02 ^c	106,04° ±0,02 ^a	110,35° ±0,01 ^b	105,26° ± 0,02 ^a

223 *Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças ($p < 0,05$) medidas pelo teste de
 224 Tukey HSD. Luminosidade a^* e b^* representam as coordenadas de cromaticidade (c^*). Os parâmetros de cor foram
 225 convertidos em ângulo de cor, $H = \tan^{-1}b/a$, indicando o ângulo Hue (h°) da amostra (0° ou 360° =vermelho;
 226 90° =amarelo; 180° =verde; 270° =azul).

227

228 Os valores da luminosidade aumentaram significativamente ($p < 0,05$) nas folhas secas quando
 229 comparadas a folha fresca. A desidratação das folhas provocou aumento da luminosidade do
 230 produto devido à diferença da reflexão da luz entre a água e outros componentes da folha de
 231 cúrcuma. Na folha liofilizada este aumento foi ainda maior devido, provavelmente, ao menor
 232 encolhimento provocado por este método de secagem, onde os espaços antes ocupados pela água
 233 agora são ocupados pelo ar, que possui coeficiente de reflexão diferente.

234 De acordo com Rahimmalek e Goli (2013), estudando folhas de *Thymys daenensis subsp.*
 235 *daenensis* encontraram a coordenada L^* maior para a secagem em forno 50°C , a sombra, em
 236 micro-ondas e solar quando comparada a fresca.

237 Houve uma significativa diferença em a^* ($p < 0,05$) entre a folha fresca e as secas. Todas as folhas
238 apresentaram coloração verde nesse parâmetro onde a folha fresca apresentou maior intensidade e
239 dentre as secas, liofilizada e micro-ondas apresentaram a maior e menor tonalidade verde,
240 respectivamente. A cor verde natural das plantas é resultado da presença clorofilas a e b, que estão
241 diretamente ligados ao magnésio. Durante o processo de secagem, as moléculas de magnésio são
242 convertidos para feofitina e pirofeofitina (Krokida et al., 2001; Buchailot et al., 2009) provocando
243 diminuição da tonalidade verde das amostras.

244 Os valores de b^* das folhas secas foram menores que da folha fresca ($p < 0,05$). Esta diferença
245 indica que as folhas se tornaram menos amarelas. Folhas verdes in natura possuem caroteno, um
246 dos componentes lipossolúveis responsáveis pela cor amarelo e laranja, a degradação destes
247 componentes são, provavelmente a principal causa desta variação do parâmetro.

248 Redução da coloração verde e da amarela também foram observadas durante secagem
249 convectiva da folha de *mellissa officinalis L.* á 60°C (Argyropoulos; Muller, 2014) em que
250 apresentou valores de -15,01 e -0,15, de a^* inicial e a^* final, respectivamente, e 23,19 e 10,15, de
251 b^* inicial e b^* final, respectivamente.

252 Os maiores resultados de croma (C^*) indicam maior intensidade de cor. O processo de secagem
253 provocou diminuição da intensidade da cor da folha de cúrcuma ($p < 0,05$) porque houve redução
254 tanto da coloração verde como amarela. As folhas liofilizadas e micro-ondas apresentaram a maior
255 e menor intensidade, respectivamente.

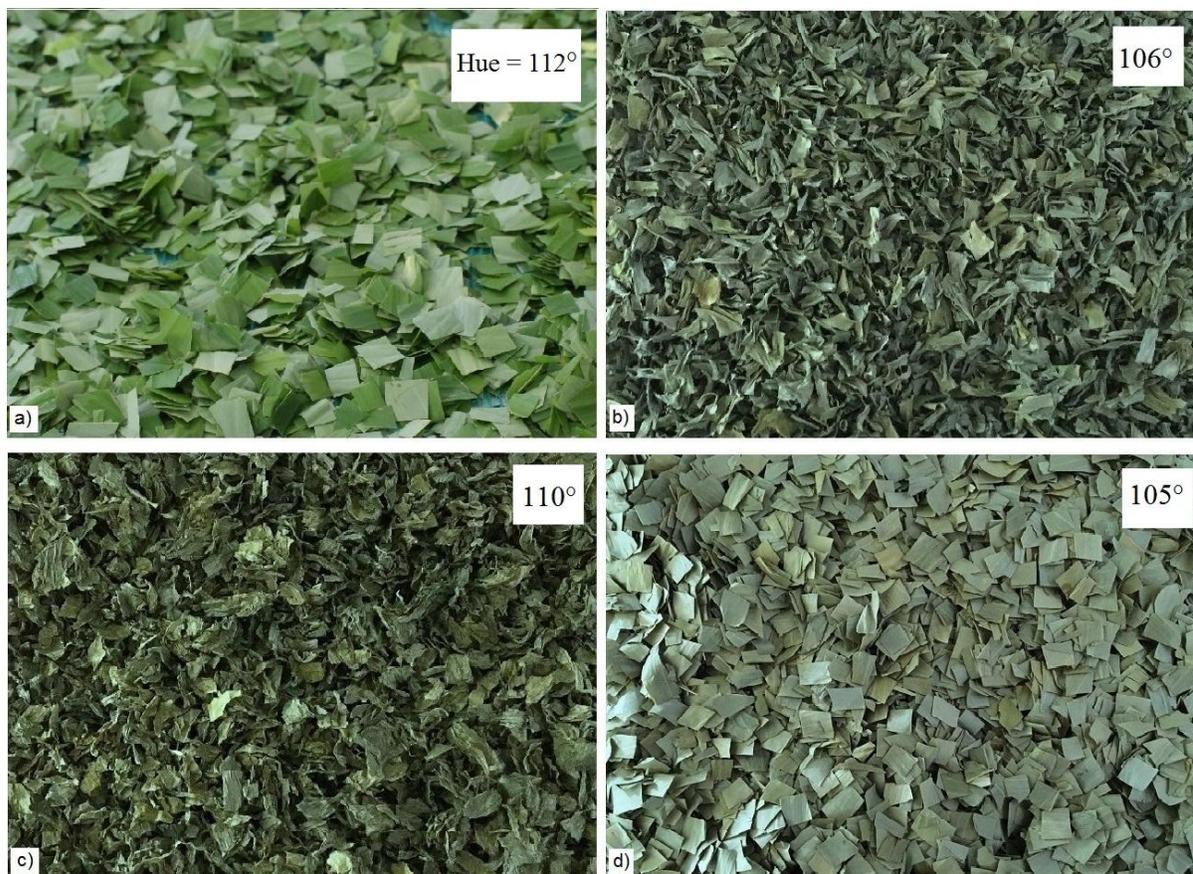


Figura 1. Ângulo hue das folhas de *Curcuma longa* L. fresca (a), seca em estufa (b), em micro-ondas (c) e liofilizada (d)

256
257
258
259

260 O ângulo hue (h°) variam de 0 ou 360 e indicam a tonalidade da amostra, onde 0 ou 360 possui
261 tom vermelho; 90 amarelo; 180 o verde e 270 o azul. As folhas mudaram da tonalidade verde para
262 verde amarelada, isso se deve a uma redução maior na coloração verde do que na coloração
263 amarela como pode ser observado na Figura 1.

264 Estima-se que os produtos são submetidos a altas temperaturas, com o aumento da potência
265 durante o processo de secagem por micro-ondas. Portanto, a cor do produto é adversamente afetada
266 durante o processo de secagem realizado em altas potências (Chua; Chou, 2005). Esse trabalho é
267 consistente com isso já que a secagem por micro-ondas apresentou os piores valores de a^* , b^* , c^*
268 e h° quando comparados aos outros tratamentos. Ozkan *et al.* (2007) comparando os parâmetros

269 de cor de folhas de espinafre também observou que altos níveis de potência (1000W) apresentou
 270 os piores critérios de cor.

271 3.3 Análise de minerais

272 Os valores de minerais da folha de cúrcuma fresca e dos coprodutos submetidos a diferentes
 273 métodos de secagem encontra-se na Tabela 3.

274 **Tabela 3.** Valores de minerais da folha de *Curcuma longa* L fresca e submetida a diferentes métodos de secagem
 275 (mg/g).

	Fresca	Estufa	Micro-ondas	Liofilizada
Na	2,00 ±0,04 ^b	12,21 ±0,12 ^a	11,54 ±0,11 ^a	12,54 ±0,12 ^a
K	0,90 ±0,01 ^b	6,43 ±0,02 ^a	6,40 ±0,01 ^a	6,48 ±0,01 ^a
Ca	1,27 ±0,01 ^b	9,06 ±0,00 ^a	9,05 ±0,00 ^a	9,05 ±0,00 ^a
Fe	0,04 ±0,00 ^b	0,23 ±0,00 ^a	0,26 ±0,00 ^a	0,25 ±0,00 ^a
Mg	1,37 ±0,00 ^b	11,23 ±0,00 ^a	11,26 ±0,00 ^a	11,24 ±0,00 ^a
Mn	0,37 ±0,00 ^b	2,25 ±0,01 ^a	2,33 ±0,01 ^a	2,17 ±0,01 ^a
Zn	0,01 ±0,00 ^b	0,07 ±0,00 ^a	0,07 ±0,00 ^a	0,07 ±0,00 ^a
P	0,75 ±0,00 ^b	5,49 ±0,00 ^a	5,46 ±0,00 ^a	5,46 ±0,00 ^a

276 *Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças (p<0,05) medidas pelo teste de
 277 Tukey HSD.

278
 279 Os diferentes métodos de secagem provocou alteração do conteúdo de minerais (p<0,05)
 280 quando comparado a folha fresca, resultando da concentração dos mesmos presentes na folha pela
 281 retirada da água, entretanto o método de secagem não influenciou os resultados (p>0,05).

282 Nesse estudo, as folhas frescas e secas tiveram maiores valores de Na, Mg, Ca, K, P e
 283 Mn. O sódio (Na) é o principal elemento do fluido extracelular e é um fator chave na retenção de
 284 fluido corporal. Em conjunto com potássio, através da criação de potencial elétrico, impulsos
 285 nervosos são conduzidos e a contração dos músculos é permitida. Participa na facilitação da
 286 absorção de nutrientes tais como glucose e aminoácidos no intestino delgado. No entanto, níveis
 287 elevados de sódio estão associados com a hipertensão e pressão sanguínea elevada. A presença de
 288 Ca, Mg e K em conjunto são conhecidos por reduzir a hipertensão e pressão sanguínea, bem como

289 utilizado na prevenção e do tratamento de pressão arterial elevada (Wardlaw *et al.*, 2004). Portanto,
290 a presença deles na folha dá um aspecto positivo nutricionalmente a folha de cúrcuma.

291 O cálcio (Ca) juntamente com fósforo são necessários para a formação e manutenção dos
292 ossos e dentes. Também são necessários na coagulação do sangue e contração muscular. O
293 magnésio é necessário em mais de 300 enzimas que utilizam adenosina trifosfato. Contribui para
294 a síntese de DNA e RNA durante proliferação celular. É importante para o funcionamento do
295 nervo e do coração assim como para liberação da insulina e ação da insulina final sobre as células
296 e diminui a pressão sanguínea dilatando as artérias e prevenindo ritmo cardíaco anormal (Wardlaw
297 *et al.*, 2004).

298 O zinco (Zn) é necessário para a função de mais de 200 enzimas e é importante no
299 crescimento e desenvolvimento sexual no homem (Kawadi, 2012). O ferro (Fe) é importante na
300 função imunológica, desenvolvimento cognitivo, regulação da temperatura e metabolismo
301 energético (Asuk *et al.*, 2015). Valores menores foram encontrados para Fe e Zn, variando de
302 (0,01- 0,26) mg/g⁻¹, sugerindo que a folha de *Curcuma Longa* L. não é boa fonte destes minerais.

303 Arslan e Ozcan (2008) que estudaram o conteúdo de minerais do alecrim secos por micro-
304 ondas, encontrou valores menores em mg/g para Mg (1,69), Mn (0,02), Na (2,97), P (2,89) e Zn
305 (0,02) quando comparados com este estudo. Dubey e Sharma (2016) acharam valores
306 expressivamente menores em mg/g para Mg (2,0-3,1), Na (0,21-0,33), Fe (0,11-0,17) e Mn (0,01-
307 0,04) na folha de *Citrus limon* Burn quando comparados com este estudo. Slupski *et al.* (2005) que
308 estudaram o conteúdo de minerais da folha de dill fresca encontrou valores similares em mg/g para
309 Ca (1,29) e Fe (0,04), e valores menores de Na (0,17), Mg (0,40) e P (0,63). Ozcan e Akbulut
310 (2007) que estudaram o conteúdo de minerais de plantas aromáticas e medicinais encontrou que a
311 folha de louro (*Laurusnobilis*) apresentou valor similar em mg/g de K (6,46) e valores inferiores

312 de Na (1,83), Ca (8,94), Fe (0,12), Mg (1,28), Mn (0,05) Zn (0,01) e P (2,57), a folha de hortelã
 313 (*Mentha piperita* L.) apresentou valor similar de Fe (0,23), valores superiores de K (19,29) e P
 314 (6,45), e valores inferiores de Na (3,02), Ca (4,61), Mg (2,69), Mn (0,03) e Zn (0,02), a folha de
 315 manjeriço (*Ocimum minimum*) apresentou valores superiores de Ca (15,75), K (27,66), Fe (0,25)
 316 e P (8,25), e valores inferiores de Na (2,89), Mg (3,13), Mn (0,02) e Zn (0,04), e a erva doce (*F.*
 317 *vulgare*) apresentou valores maiores de k (16,21), Fe (0,31) e P (8,77), e valores inferiores de Na
 318 (3,22), Ca (6,74), Mg (3,39), Mn (0,03) e Zn (0,02).

319 3.4 Fatores antinutricionais

320 Os valores obtidos pela avaliação dos compostos nutricionais estão apresentados na Tabela 4.

321 **Tabela 4.** Avaliação de compostos antinutricionais da folha de *Curcuma longa* fresca e submetida a diferentes
 322 métodos de secagem (mg/g).

	Fresca	Estufa	Micro-ondas	Liofilizada
NO ³	0,05 ±0,00 ^b	0,47 ±0,00 ^a	0,46 ±0,00 ^a	0,46 ±0,00 ^a
Compostos cianogênicos (presença/ausência)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

323 Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença

324 Fatores antinutricionais são fatores que exercem um impacto negativo sobre qualidade
 325 nutricional dos alimentos (Salazar et al., 2006). Os vegetais podem acumular altas concentrações
 326 dessas substâncias em suas folhas, podendo originar reações tóxicas e/ou interferir na
 327 biodisponibilidade e digestibilidade de alguns nutrientes (Santos, 2006).

328 O consumo de substâncias tóxicas ao ser humano, na ingestão de partes não convencionais,
 329 como doses significativas de cianeto, advindas de alimentos ricos em glicosídeos cianogênicos e
 330 pobremente processados, que podem resultar em intoxicações crônicas e agudas, causando
 331 anomalias tais como a doença de Konzo (YEN et al., 1995).

332 A folha de *Curcuma longa* apresentou baixos teores de nitrato variando de (0,46-0,47mg/g)
 333 quando comparado a outras folhas comestíveis não convencionais, como ora-pro-nobis (6,5 mg/g),

334 taioba (5,2mg/g), serralha (5,1mg/g) e mostarda (4,5mg/g) estudadas por Silva *et al.* (2013). No
335 entanto apresentou valores superiores a folha de louro (*Laurusnobilis*) (0,04mg/g), a folha de
336 manjeriço (*Ocimum minumum*) (0,17mg/g) e a erva doce (*F. vulgare*) (0,03mg/g) estudadas por
337 Ozcan e Akbulut (2007).

338 Segundo a OMS (2004), a ingestão diária aceitável de nitrato é de 5 mg/kg, considerando um
339 indivíduo de 70kg, a sua ingestão não deve ultrapassar 350 mg desse antinutriente por dia.

340 A folha de cúrcuma não apresentou compostos cianogênicos em sua composição como pode
341 ser observado na Figura 2, sendo assim, ela é beneficiada, pela ausência de substâncias tóxicas
342 oriundas do ácido cianídrico, aumentando a segurança toxicológica ao consumidor.



343 **Figura 2.** Análise de cianogênicos da folha fresca (a), da folha seca por micro-ondas (b), da folha seca por estufa de
344 circulação de ar (c), folha liofilizada (d) e semente de pêssigo (e).
345
346

347 4. CONCLUSÕES

348
349 De acordo com os resultados obtidos experimentalmente, a folha de *Curcuma longa* L. é uma
350 boa fonte de proteínas, carboidratos, fibras e cinzas, e apresenta teores consideráveis de Na, Mg,
351 Ca, K, P e Mn, contribuindo para a ingestão diária de macronutrientes e micronutrientes. As folhas
352 de cúrcuma frescas e secas apresentaram baixos teores de nitrato e não apresentaram compostos
353 cianogênicos em sua composição, o que torna seu consumo mais seguro para o consumidor. A
354 secagem de folha de cúrcuma pelo método de liofilização se mostrou o processo com menor
355 variação dos parâmetros de cor a^* , b^* e c^* quando comparados a folha fresca e a secagem por

356 micro-ondas, o processo com menor variação dos parâmetros de cor L* e h° quando comparados
357 a folha fresca. Conclui-se que o aproveitamento da folha de cúrcuma poderá ser uma alternativa
358 para utilização deste resíduo, que é descartado pelos agricultores, contribuindo para uma melhor
359 sustentabilidade.

360

361 **AGRADECIMENTOS**

362 A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, Brasil, pela bolsa concedida
363 ao projeto n° 201510267000667 e a Cooperativa de Produtores de Açafrão (Cooperação) de
364 Mara Rosa – GO pela doação das amostras.

365

366 **REFERÊNCIAS**

367 Aberoumand, A. (2011) A review on edible pigments properties and sources as natural
368 biocolorants in foodstuff and food industry. *World Journal of Dairy & Food Science*, 6:71-78.

369

370 Ahmed, J.; Kaur, A.; Shivhare, U. (2002) Color degradation kinetics of spinach, mustard leaves,
371 and mixed puree. *J Food Science*;67:1088-1091.

372

373 Akpınar, E.K.; Bicer, Y.; Yildiz, C. (2003) Thin layer drying of red pepper. *J Food Engineering*,
374 59:99-104.

375

376 Anderson, J. W.; Baird, P.; Davis, R. H. JR.; Ferreri, S.; Knudtson, M.; Koraym, A. (2009) Health
377 benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67:188-205.

378

379 AOAC. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis (19th ed.).
380 Washington, 2012: AOAC.

381

382 Aral, S.; Bese, A. V. (2016) Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect
383 of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food*
384 *Chemistry*, 210:577-584.

385

386 Argyropoulos, D.; Muller, (2014) J.; Kinetics of change in colour and rosmarinic acid equivalents
387 during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Applied Research on*
388 *Medicinal and Aromatic Plants*, 1:15-22.

389

- 390 Arslan, D.; Ozcan, M. (2008) Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content
391 and colour characteristics of rosemary leaves. *Energy Conversion and Management*, 48:1258-1264.
392
- 393 Asuk, A. A.; Agiang, M. A.; Dasofunjo, K. Willie, A. J. (2015) The biomedical significance of the
394 phytochemical, proximate and mineral compositions of the leaf, stem bark and root of *Jatropha*
395 *curcas* Asian Pac J of Trop Biomed, 5:650-657.
396
- 397 Atwater, W. O.; Woods, C. D. The chemical composition of American food materials.
398 Washington: Government Printing Office, 1896. 46p.
399
- 400 Barros, L.; Carvalho, A. M.; Ferreira, I. C. F. R. (2010) The nutritional composition of fennel
401 (*Foeniculum vulgare*): Shoots, leaves, stems and inflorescences. *Food Science and Technology*,
402 43:814-818.
403
- 404 Bertin, R.L., Gonzaga, L.V., Borges, G.S.C., Azevedo, M.S.A., Maltez, H.F., Heller, M., Micke,
405 G.A., Ballod, L.B.B., Fett, R. (2014) Nutrient composition and, identification/quantification of
406 major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC-ESI-MS/MS.
407 *Food Res Int*, 55:404–411.
408
- 409 Bertin, R. L.; Maltez, H. F.; Gois, J. S.; Borges, D. L. G.; Borges, G. S. C.; Gonzaga, L. V.; Fett,
410 R. (2016) Mineral composition and bioaccessibility in *Sarcocornia ambigua* using ICP-MS. *J*
411 *Food Composition and Analysis*, 47:45-51.
412
- 413 Bingham, S. D. N.; Luben, R.; Ferrari, P.; Slimani, N.; Norat, T.; Clavel-chapelon, F.; Kesse, E.;
414 Nieters, A.; Boeing, H.; Tjonneland, A.; Overvad, K.; Martinez, C.; Dorransoro, M.; Gonzalez, C.
415 A.; Key, T. J.; Trichopoulou, A.; Naska, A.; Vineis, P.; Tumino, R.; Krogh, V.; Bueno-de-
416 mesquita, H. B.; Peeters, P. H.; Berglund, G.; Hallmans, G.; Lund, E.; Skeie, G.; Kaaks, R.; Riboli,
417 E. (2003) Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European
418 Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study, 361:1496-
419 1501.
420
- 421 Brasil, Ministério da Saúde. RDC n° 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento
422 Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário da União, Poder Executivo, Brasília,
423 DF, de 13 de novembro de 2012. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 5 de
424 julho de 2016.
425
- 426 Buchailot, A., Caffin, N., Bhandari, B., (2009) Drying of lemon myrtle (*Backhousia citriodora*)
427 leaves: retention of volatives color. *Drying technol*, 27:445-450.
428
- 429 Caidan, R.; Cairang, L.; Liu, B.; Suo, Y. (2014) Amino acid, fatty acid, and mineral compositions
430 of fruit, stem, leaf and root of *Rubus amabilis* from the Qinghai-Tibetan Plateau. *J Food Comp*
431 *and Analysis*, 33:26-31.
432
- 433 Costa, A. F. Fármaco com Heterósidos. In: Farmacognosia. Vol.3., 3. Ed. Ed. Gulbekian, Lisboa:
434 2001. v. 3, pp.700-701.
435

- 436 Chan, E. W. C., Lim, Y.Y., Wong, S. K, Lim, K. K.; Tan, S. P.; Lianto, F. S.; Wong, M. Y. (2009)
437 Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger
438 species. *Food Chemistry*, 113:166-172.
439
- 440 Chua, J. K.; Chou, K. S. (2005) A comparative study between intermittent microwave and infrared
441 drying of bioproducts. *Int. J. Food Sci. Technol*, 40:23-39.
442
- 443 Dubey, A.; Sharma, R. M. (2016) Effect of rootstocks on tree growth, yield, quality and leaf
444 mineral composition of lemon (*Citrus limon* (L.) *Burm.*) *Scientia Horticulturae*, 200:131-136.
445
- 446 Ehiabhi, O. S.; Omoregie, E. H.; Comfort, O. E.; Folashade, K. O. (2012) Phytochemical and
447 proximate analyses and thin layer chromatography fingerprinting of the aerial part of
448 *Chenopodium ambrosioides* Linn. (*Chenopodiaceae*). *J Med Plant Res*, 6:2289-2294.
449
- 450 Hu, W.; Huang, C.; Wang, M. (2012) Chemical composition, nutritional value, and antioxidant
451 constituents of *Kalopanax pictus* leaves. *Food Chemistry*, 131:449-455.
452
- 453 Kawade, R. (2012) Zinc status and its association with the health of adolescents: a review of studies
454 in India. *Glob Health Action*, 5:7353.
455
- 456 Krokida, M. K., Maroulis, Z. B., Saravacos, G. D. (2001) The effect of the method of drying on
457 the colour of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36:53-59.
458
- 459 Melo, C. M. T.; Faria, J. V. (2014) Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade
460 antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. *Biosci. J*, 30:93-100.
461
- 462 Nwinuka, N. M.; Ibeh, G. O.; Ekeke, G. I. (2005) Proximate composition and levels of some
463 toxicants in four commonly consumed spices. *Journal of Applied Science and Environmental*
464 *Manegement*, 9:150-155.
465
- 466 Organização Mundial da Saúde. Manual das necessidades nutricionais humanas. São Paulo:
467 Atheneu, 2004.
468
- 469 Ozkan, I.; Akbudak, B.; Akbudak, N. (2007) Microwave drying characteristics of spinach. *J Food*
470 *Engineering*, 78:577—583.
471
- 472 Ozcan, M. M.; Akbulut, M. (2007) Estimation of minerals, nitrate and nitrite contents of medicinal
473 and aromatic plants used as spices, condiments and herbal tea. *Food Chemistry*, 106:852-858.
474
- 475 Paucar-menacho, L. M.; Barreto, P. A. A.; Mazal, G.; Fakhouri, F. M.; Steel, C. J.; Collares-
476 queiroz, F. P. (2008) Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de
477 isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. *Cienc e Tecnol de*
478 *Alimentos*, 28:767-778.
479

- 480 Priya, R.; Prathapan, A.; Raghu, K. G.; Nirmala menon, A. (2012) Chemical composition and in
481 vitro antioxidative potential of essential oil isolated from *Curcuma longa* L. leaves. *Asian Pac J of*
482 *Trop Biomed*, S695-S699.
- 483
- 484 Rahimmalek, M.; Goli, S. A. H. (2013) Evaluation of six drying treatments with respect to
485 essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis subsp. daenensis*.
486 Celak leaves. *Industrial Crops and Products*, 42:613-618.
- 487
- 488 Salazar, J.; Valàsquez, R.; Quesada, S; Piccinelli, A, L.; Rastrelli, L. (2006) Chemical composition
489 and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). *Food Chemistry*, 97:343-
490 348.
- 491
- 492 Santos, M. A. T. (2006) Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de
493 brócoli, couve-flor e couve. *Ciênc e Agrotec*, 30:294-301.
- 494
- 495 Severini, C.; Baiano, A.; De pilli, T.; Carbone, B. F.; Derossi, A. (2005) Combined treatments of
496 blanching and dehydration: study on potato cubes. *J Food Engineering* 68:289-296.
- 497
- 498 Silva, M. R.; Rocha, C. R.; Silva, T. M.; Silva, M. C.; Paes, M. C. D.; Pinto, N. A. V. D. (2013)
499 Caracterização química e antinutricional de farinhas de hortaliças não-convencionais. *Tecnol e*
500 *Ciênc Agropec*, 7:51-57.
- 501
- 502 Skoog, D.A., Holler, F.J. & Timothy, A.N.; Principles of Instrumental Analysis, 5^a Edition,
503 Harcourt Brace, Philadelphia, 1998.
- 504
- 505 Slupski, j.; Lisiewska, Z.; Kmiecik,W.(2005)Contents of macro and microelements in fresh and
506 frozen dill (*Anethum graveolens* L.). *Food Chemistry*, 91:737-743.
- 507
- 508 Therdthai, N., Zhou, W. (2009) Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying
509 of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). *J Food Engineering*, 91:482-489.
- 510
- 511 Viera, A. P.; Nicoletti, J. F.; Telis, V. R. N. (2012) Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da
512 cinética de secagem e da qualidade do produto. *Braz J Food Technol*, 15:50-58.
- 513
- 514 Wardlaw, G. M; Hampl, J. S.; Disilvestro, R. A. Perspectives in nutrition. 6th ed. New York:
515 McGraw Hill; 2004.
- 516
- 517 Zielinska, M., Markowski, M. (2016) The influence of microwave-assisted drying techniques on
518 the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 196:1188-
519 1196.
- 520
- 521 Yen, D.; Tsai, J.; Wang, L. M. (1995) The clinical experience of acute cyanide poisoning. *The*
522 *American Journal of Emergency Medicine*, 13:524-528.
- 523

ANEXO A – Normas de publicação *Food Chemistry*

GUIDE FOR AUTHORS

PREPARATION

Use of word processing software

General: Manuscripts must be typewritten, double-spaced with wide margins. Each page must be numbered, and lines must be consecutively numbered from the start to the end of the manuscript. Good quality printouts with a font size of 12 or 10 pt are required. The corresponding author should be identified (include a Fax number and E-mail address). Full postal and email addresses must be given for all co-authors. Authors should consult a recent issue of the journal for style if possible. The Editors reserve the right to adjust style to certain standards of uniformity. Authors should retain a copy of their manuscript since we cannot accept responsibility for damage or loss of papers.

Article structure

Follow this order when typing manuscripts: Title, Authors, Affiliations, Abstract, Keywords, Main text, Acknowledgements, Appendix, References, Vitae, Figure Captions. Do not import the Figures or Tables into your text, figures and tables should be submitted as separate files. The corresponding author should be identified with an asterisk and footnote. All other footnotes (except for table footnotes) should be identified with superscript Arabic numbers. The title of the paper should unambiguously reflect its contents. Where the title exceeds 70 characters a suggestion for an abbreviated running title should be given.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not exceed 150 words.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See

<http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Chemical compounds

You can enrich your article by providing a list of chemical compounds studied in the article. The list of compounds will be used to extract relevant information from the NCBI PubChem Compound database and display it next to the online version of the article on ScienceDirect. You can include up to 10 names of chemical compounds in the article. For each compound, please provide the PubChem CID of the most relevant record as in the following example: Glutamic acid (PubChem CID:611). The PubChem CIDs can be found via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>. Please position the list of compounds

immediately below the 'Keywords' section. It is strongly recommended to follow the exact text formatting as in the example below:

Chemical compounds studied in this article

Ethylene glycol (PubChem CID: 174); Plitidepsin (PubChem CID: 44152164); Benzalkonium chloride (PubChem CID: 15865)

More information is available at: <http://www.elsevier.com/PubChem>.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Temperatures should be given in degrees Celsius. The unit 'billion' is ambiguous and should not be used.

Artwork

Electronic artwork General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG):

Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Please insert the following text before the standard text - Photographs, charts and diagrams are all to be referred to as "Figure(s)" and should be numbered consecutively in the order to which they are referred. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. All illustrations should be clearly marked with the figure number and the author's name. All figures are to have a caption. Captions should be supplied on a separate sheet.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Example: CTAHR (College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii). Tea (*Camellia sinensis*) a New Crop for Hawaii, 2007. URL http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/tea_04_07.pdf . Accessed 14.02.11.

Reference management software

Most Elsevier journals have a standard template available in key reference management packages. This covers packages using the Citation Style Language, such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and also others like EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/downloads/styles>). Using plug-ins to word processing packages which are available from the above sites, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style as described in this Guide. The process of including templates in these packages is constantly ongoing. If the journal you are looking for does not have a template available yet, please see the list of sample references and citations provided in this Guide to help you format these according to the journal style.

If you manage your research with Mendeley Desktop, you can easily install the reference style for this journal by clicking the link below:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/food-chemistry>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice. For more information about the Citation Style Language, visit <http://citationstyles.org>.

All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. See Types of Paper for reference number limits. In the text refer to the author's name (without initials) and year of publication (e.g. "Steventon, Donald and Gladden (1994) studied the effects..." or "...similar to values reported by others (Anderson, Douglas, Morrison & Weiping, 1990)..."). For 2-6 authors all authors are to be listed at first citation. At subsequent citations use first author et al..

When there are more than 6 authors, first author et al. should be used throughout the text. The list of references should be arranged alphabetically by authors' names and should be as full as possible, listing all authors, the full title of articles and journals, publisher and year. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of authors' names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from <http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51-59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281-304). New York: E-Publishing Inc.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary material

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

CAPÍTULO IV

ARTIGO III

Influência do método de desidratação nos compostos bioativos de folha de *Curcuma longa* L.

Monick Cristina Braga^{a*}, Tatianne Ferreira de Oliveira^a

^aEscola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás- UFG Campus Samambaia, Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Km 0- Caixa Postal 131, CEP 74690-900, Goiânia, Brasil.

monickbraga@hotmail.com. ferreira.tatianne@yahoo.com.br

*Corresponding author

Resumo

A utilização da folha de *Curcuma longa* L. no Brasil não é difundida. Este trabalho objetivou estudar o efeito de diferentes métodos de secagem (secagem em estufa, em micro-ondas e liofilização) no conteúdo de compostos bioativos e na capacidade antioxidante de folhas de cúrcuma. Folhas de *Curcuma longa* L. foram desidratadas por secagem em estufa (60°C), em micro-ondas (900 W) e liofilização (vácuo de 300 mmHg) até umidade de equilíbrio (0,030 kg_{água}.kg_{sólido seco}⁻¹). O conteúdo de fenólicos totais, taninos hidrolisados e condensados e atividade antioxidante (sequestradora de DPPH, redução e quelação de ferro) de folhas cúrcuma secas e fresca foram avaliados. Os métodos de secagem provocaram redução de todas as características avaliadas, em base seca (2,77 a 73,86%). A liofilização foi o método que provocou as maiores reduções no conteúdo de compostos bioativos em base seca (33,12 a 73,86%) e capacidade antioxidante em relação à folha fresca (67 a 98%). A secagem por micro-ondas foi o método de conservação estudado que produziu as melhores folhas secas, com base no conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante (sendo superior de 0,9 a 612% em relação aos outros métodos utilizados). Conclui-se que a desidratação em micro-ondas é o método, avaliado neste trabalho, que produz folhas desidratadas de *Curcuma longa* L. com as melhores características de compostos bioativos e atividade antioxidante.

Palavras-chave: *Curcuma longa* L., secagem em estufa; secagem em micro-ondas; liofilização; compostos bioativos.

1. INTRODUÇÃO

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.) é uma planta altamente difundida no Brasil, mas seu aproveitamento está limitado ao rizoma. Em países como a Malásia e Índia, as folhas da planta também são aproveitadas na alimentação humana como especiaria. Há indícios de que estas folhas são excelente fonte de compostos bioativos, que ajudam na prevenção de doenças como o câncer e o envelhecimento precoce (Chan *et al.*, 2009; Liu; Nair, 2012; Priya *et al.*, 2012; Sindhu *et al.*, 2011).

Os compostos bioativos são constituintes naturais dos produtos de origem vegetal que favorecem a saúde, contribuem para o bom funcionamento do organismo e atuam na prevenção e/ou combate de doenças (Bastos; Rogero; Arêas, 2009). Compostos fenólicos, como flavonoides, antocianinas e taninos, ácidos orgânicos e vitaminas são considerados os principais compostos bioativos (Magro *et al.*, 2016; Najafabadi *et al.*, 2017). O consumo destes compostos favorece nosso organismo seja por sua ação antioxidante e citotóxica, ou pela ação no sistema imunológico, diabetes, câncer ou doenças coronárias (Quagliariello *et al.*, 2016).

A desidratação é um método de conservação aplicado a alimentos que consiste na retirada da água livre do alimento, promovendo redução da atividade de água (Yang *et al.*, 2016). A desidratação da folha de cúrcuma é uma excelente forma de processamento, pois, além de aumentar a vida útil do produto, reduz os custos com transporte e armazenamento do mesmo. Dentre os métodos de desidratação um dos mais comuns é a secagem em estufa, que é um método simples e barato para ser implementado, mas que provoca grandes alterações sensoriais nos produtos (Zielinska; Markowinki, 2016).

A investigação de outros métodos de conservação é uma prática comum para se evitar perda de qualidade (Najafabadi *et al.*, 2017). Outros métodos de desidratação que podem oferecer menores alterações sensoriais são a secagem em micro-ondas, que apesar das altas temperaturas de trabalho ocorre em um tempo inferior à secagem em estufa, e a liofilização, que mesmo sendo uma técnica mais demorada provoca menores alterações que o método já citado (Broeckx *et al.*, 2016; Therthai; Zhou, 2009; Zielinska; Markowski, 2016).

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes métodos de secagem (secagem em estufa, liofilização e micro-ondas) na concentração dos compostos bioativos da folha de

61 *Curcuma longa* L. e sua capacidade antioxidante, verificando assim a influência do método na
62 qualidade das folhas de cúrcuma desidratadas.

63

64 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

65

66 **2.1 Coleta e preparo das amostras**

67

68 As folhas de cúrcuma *Curcuma longa* L. foram coletadas (fevereiro de 2015) na
69 Cooperativa de Produtores de Açafrão (Cooperaçãofrão) de Mara Rosa - GO (14°00'10.9"S
70 49°07'11.8"O). As folhas de plantas de 15 meses foram colhidas ao amanhecer, armazenadas em
71 sacos de náilon e transportadas até o Departamento de Engenharia de Alimentos, na Escola de
72 Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia – GO, sob temperatura controlada de
73 20°C. O período de colheita da folha de cúrcuma foi determinado em experimentos preliminares
74 prévios para obtenção de conteúdo máximo de compostos fenólicos totais.

75 As folhas foram selecionadas quanto à aparência visual (coloração verde típica e
76 integridade), lavadas em água potável corrente, sanificadas em solução de hipoclorito de sódio 0,1
77 mL.L⁻¹ por 15 min e centrifugadas (CE410 Incalfer, São Paulo, Brasil) para a retirada do excesso
78 de umidade superficial. As folhas tiveram os talos retirados e foram cortadas em quadrados de dois
79 cm, para o processo de secagem.

80

81 **2.2. Secagem das folhas de *Curcuma Longa* L.**

82

83 Foram utilizados três métodos de desidratação, sendo eles, estufa de circulação de ar,
84 micro-ondas e liofilização, para verificar a influência do método na qualidade das folhas de
85 *Curcuma longa* L. desidratadas. Para efeito de padronização, todos os processos de desidratação
86 foram realizados com densidade de produto em um kg.m⁻², uniformemente distribuídos em camada
87 fina nos equipamentos. Na estufa de circulação de ar (TE-394/3, Tecnal, Piracicaba, Brasil), as
88 folhas de *Curcuma longa* L. foram distribuídas nas bandejas de aço inox perfuradas e submetidas
89 à secagem convectiva à 60°C. A secagem em micro-ondas foi realizada em equipamento digital
90 doméstico de 900 W de potência e 23 L de capacidade (MEF 33, Electrolux, Estocolmo, Suécia),
91 sobre bandeja (300 mm de diâmetro). Para liofilização, as folhas de *Curcuma longa* L. foram

92 congeladas com nitrogênio líquido antes da liofilização e a secagem foi realizada em liofizador
93 (LP510, Liotop, São Carlos, Brasil) sob vácuo de 300 mmHg.

94 O tempo de processo para cada método foi determinado através da avaliação da cinética de
95 desidratação de cada método e definido como o tempo mínimo necessário para atingir a umidade
96 de equilíbrio, que foi de $0,030 \text{ kg}_{\text{água}} \cdot \text{kg}_{\text{sólido seco}}^{-1}$. Do material desidratado foram retiradas alíquotas
97 para elaboração dos extratos.

98

99 **2.3 Obtenção dos extratos**

100

101 Para avaliação do conteúdo de compostos bioativos nas folhas fresca e desidratadas foram
102 elaborados extratos a partir de um grama de amostra, no qual foram adicionados 50 mL de metanol,
103 agitando-se por uma hora, seguida de repouso por uma hora. Os extratos foram filtrados e
104 armazenados em frasco âmbar a -18°C até o momento da análise. Os extratos foram elaborados
105 com todo o cuidado para evitar a exposição dos mesmos à luz e ao oxigênio. De acordo com
106 metodologia proposta por Chan et al. (2009). As análises foram realizadas em triplicata.

107

108 **2.4 Conteúdo de fenólicos total**

109

110 Os compostos fenólicos totais foram determinados de acordo com o método proposto por
111 Chang et al. (2007) com modificações. Para reação colorimétrica, uma alíquota de 300 μL de
112 extrato de folha de cúrcuma foi misturado com 1,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (10 % v/v)
113 e 1,2 mL de solução de bicarbonato de sódio (7,5% w/v), em seguida, incubada no escuro à
114 temperatura ambiente. Após incubação durante 30 min, foi efetuado a leitura em espectrofotômetro
115 (2.000 UV/Visível, Ultrospec, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 765 nm
116 (infravermelho). Uma curva padrão de ácido gálico foi construída ($y = 0,0053x + 0,0381$, $R^2 =$
117 $0,9999$) e conteúdo de fenólicos total foi expresso como mg de equivalente de ácido gálico (EAG)
118 por 100 gramas de material.

119

120 **2.5 Conteúdo de taninos hidrolisados**

121

122 O conteúdo de taninos hidrolizados foi estimado, espectrofotometricamente, pelo método
123 de Brune, Halberg e Skanberg (1991), com adaptações. Uma alíquota de dois mL de extrato foi
124 adicionada de oito mL de solução FAS (89%, uréia:acetato 1:1; 10%, goma arábica 1% em água
125 deionizada; e 1%, sulfato férrico de amônio 5% em ácidoclorídrico 1M), deixando-se reagir por
126 15min. Após foi efetuada leitura da absorbância em espectrofotômetro (2.000 UV/Visível,
127 Ultrospec, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda 680nm (vermelho), utilizando
128 metanol para zerar o equipamento (branco). A quantificação foi baseada no estabelecimento de
129 curva padrão de ácido gálico na faixa de 1 a 360 mg.L⁻¹ ($y = 0,0024x + 0,0238$, $R^2 = 0,9984$) e os
130 resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 gramas
131 de material.

132

133 **2.6 Conteúdo de taninos condensados**

134

135 O conteúdo de taninos condensados foi estimado, espectrofotometricamente, pelo método
136 de Price, Scoyoc e Butler (1978), com adaptações. Um mL do extrato, e adicionado cinco mL de
137 solução vanilina 1:1 (vanilina 1% em metanol; ácido clorídrico 4% em metanol), deixando-se
138 reagir por 15min. Após esse procedimento, foi efetuada leitura da absorbância em
139 espectrofotômetro (2.000 UV/Visível, Ultrospec, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda
140 de 500nm (ciano/verde), usando metanol para zerar o equipamento (branco). A quantificação foi
141 baseada no estabelecimento de uma curva padrão de catequina com 300 a 1200 mg L⁻¹ ($y = 0,0006x$
142 $+ 0,0865$, $R^2 = 0,9989$). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de catequina
143 (EC) por 100 gramas de material.

144

145 **2.7 Capacidade antioxidante**

146

147 *2.7.1 Atividade sequestradora de radicais DPPH*

148

149 A atividade antioxidante foi determinada pelo método do DPPH (atividade sequestradora
150 do radical 2,2 difenil-1-picrilhidrazil), segundo Chan *et al.* (2007), com modificações. Alíquotas
151 de um mL dos extratos das folhas foram adicionados a dois mL de solução DPPH (0,059 mg.mL⁻¹
152 em metanol), deixando-se reagir por 30 min. Após foi efetuada leitura da absorbância em
153 espectrofotômetro (2.000 UV/Visível, Ultrospec, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda
154 517 nm (verde), utilizando metanol para zerar o equipamento. O radical DPPH pode ser reduzido
155 ao reagir com um composto antioxidante capaz de doar um hidrogênio como o ácido ascórbico. A
156 habilidade de eliminação de radicais foi calculada como IC₅₀ e expressa como atividade
157 antioxidante equivalente de ácido ascórbico (AEAA) em mg de ácido ascórbico 100 gramas de
158 material, de acordo com a Equação 1.

159
160

$$161 \text{ AEAA (mg AA. } 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{\text{IC}_{50}(\text{ácido ascórbico})}{\text{IC}_{50}(\text{amostra})} \times 10^5 \quad (\text{Eq. 1})$$

162

163 onde IC₅₀ é a massa da substância necessária para reduzir a concentração de íons DPPH a 50%. O
164 valor de IC₅₀ do ácido ascórbico utilizado para o cálculo de AEAC foi de 0,027 mg.mL⁻¹.

165

166 2.7.2 Poder antioxidante ferro redutor

167

168 O teste do poder redutor baseia-se na redução do íon ferricianeto a ferrocianeto que, na
169 presença de íon férrico (proveniente do FeCl₃), forma o azul da Prússia. A avaliação do poder
170 redutor foi realizada de acordo com o método proposto por Chan *et al.* (2009) com modificações.
171 Diferentes diluições dos extratos (um ml) foram adicionadas a 2.5 ml de tampão fosfato (0.2 M;
172 pH 6.6) e 2.5 ml de ferricianeto de potássio (1% w/v). A mistura foi incubada a 50°C durante 20
173 min. Solução de ácido Tricloroacético (2.5 ml; 10% w/v) foi adicionada para parar a reação. Da
174 mistura, em seguida, foram separadas alíquotas de 2.5 ml e diluiu-se com 2.5 ml de água. A cada
175 alíquota diluída, 0,5 ml de solução de cloreto de férrico (0.1% w/v) foram adicionados. Após 30
176 min, foi efetuada leitura em espectrofotômetro (2.000 UV/Visível, Ultrospec, Cambridge,
177 Inglaterra), no comprimento de onda de 700 nm (vermelho). A avaliação do poder redutor foi

178 expressa em mg de ácido gálico por grama de material, através da construção de curva padrão de
179 ácido gálico ($y = 0,001x + 1,172$, $R^2 = 0,999$).

180

181 2.7.3 Habilidade de quelação de íons ferro

182

183 Na avaliação da atividade quelante, a ferrozina, um reagente cromogênico, torna a solução
184 rósea de acordo com a quantidade de ferro disponível em solução. Assim, quanto menor a quelação
185 de íons pela amostra, maior o número de íons disponíveis para a reação com a ferrozina e maior
186 será a absorvância. A atividade quelante de íons Fe^{+2} foi realizada de acordo com o método
187 proposto por Chan et al. (2008) com modificações. Soluções de 2 mM de $FeSO_4$ e 5 mM de
188 ferrozina foram diluídas 20 vezes. $FeSO_4$ (um mL) foi misturado com diferentes diluições dos
189 extratos (um mL), seguido por ferrozina (um mL). A absorvância foi medida em espectrofotômetro
190 (2.000 UV/Visível, Ultrospec, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 562 nm (verde)
191 depois de 10 min. A capacidade dos extratos para quelar íons ferrosos foi calculada de acordo com
192 a Equação 2.

193

$$194 \quad \text{Efeito quelante (\%)} = \left(1 - \frac{A_{amostra}}{A_{controle}}\right) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

195

196 onde $A_{amostra}$ é a absorvância da amostra e $A_{controle}$ é a absorvância do controle.

197

198 2.8 Análise estatística

199

200 Os dados experimentais foram verificados estatisticamente por ANOVA. A significância
201 das diferenças entre tratamentos foi determinada por one-way ANOVA com o teste de Tukey
202 ($p \leq 0,05$). Os cálculos foram realizados utilizando Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

203

204 1. RESULTADOS E DISCUSSÃO

205

206 3.1 Compostos bioativos da folha de *Curcuma longa* L. fresca

207

208 A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos da caracterização de compostos bioativos e
 209 capacidade antioxidante da folha fresca de *Curcuma Longa* L. De acordo com estes resultados, as
 210 folhas de cúrcuma frescas avaliadas neste estudo apresentaram um baixo conteúdo de fenólicos
 211 totais quando comparadas com folhas de *Curcuma longa* cultivadas na Malásia. Chan *et al* (2008)
 212 encontraram um conteúdo de 230 mgEAG.100⁻¹.g⁻¹, cerca de 420% do conteúdo encontrado neste
 213 trabalho (54,88 mgEAG.100⁻¹.g⁻¹). Esta diferença no conteúdo de fenólicos totais pode ser
 214 justificada pela diferença de solo, condições climáticas, condições de cultivo entre os dois países.
 215 Kahkonen *et al.* (1999) também identificaram esta diferença quando avaliaram o conteúdo de
 216 fenólicos totais de morango e casca de batata cultivados em diferentes regiões da Europa. Connor
 217 *et al.* (2002), avaliando frutos de mirtilo, também observaram diferenças significativas no teor de
 218 antocianinas e atividade antioxidante entre as mesmas cultivares cultivadas em locais diferentes.
 219

220 **Tabela 1.** Caracterização dos compostos bioativos e capacidade antioxidante de folhas de *Curcuma longa*
 221 L. frescas

Componente	Conteúdo (mg .100 g ⁻¹)
Conteúdo de fenólicos total (EAG)	54,88 ±0,76
Conteúdo de taninos hidrolisados (EAG)	43,90 ±0,79
Conteúdo de taninos condensados (EC)	233,43 ±1,16
Atividade antioxidante equivalente de ácido ascórbico (AA)	1522,15 ±1,41

222 *Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças (p<0,05) medidas pelo
 223 teste de Tukey HSD.

224

225 **Tabela 2.** Caracterização da capacidade antioxidante de folhas de *Curcuma longa* L. frescas

Componente	Conteúdo (mg . g ⁻¹)			
	0,001 mg.mL ⁻¹ extrato	0,005 mg.mL ⁻¹ extrato	0,1 mg.mL ⁻¹ Extrato	0,5 mg.mL ⁻¹ Extrato
Poder antioxidante ferro redutor (EAG)	21,67 ^a	57,38 ^b	107,14 ^c	161,43 ^d
	0,1 mg.mL ⁻¹ extrato	0,5 mg.mL ⁻¹ extrato	1,0 mg.mL ⁻¹ Extrato	5,0 mg.mL ⁻¹ Extrato
Habilidade de quelação de íons ferro (%)	53,73 ^a	59,35 ^b	63,37 ^c	64,53 ^d

226 *Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças (p<0,05) medidas pelo
 227 teste de Tukey HSD.

228

229 No que diz respeito à capacidade antioxidante equivalente de ácido ascórbico as folhas de
230 cúrcuma cultivadas na Malásia apresentaram 7% ($113 \text{ mg AA} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$) da capacidade antioxidante
231 apresentada pela folha fresca deste estudo. Era esperado que a capacidade antioxidante equivalente
232 de ácido ascórbico neste estudo fosse inferior ao encontrado por Chan *et al.* (2008) devido a seu
233 superior conteúdo de fenólicos totais. As diferenças entre os percentuais de fenólicos totais e
234 capacidade antioxidante equivalente de ácido gálico das folhas cultivadas na Malásia em relação
235 a este estudo indicam uma diferença na composição dos compostos bioativos entre as folhas
236 cultivadas nos dois países. É provável que as folhas cultivadas no Brasil possuam uma maior
237 concentração de compostos fenólicos de capacidade antioxidante de doação de hidrogênio.

238 Ao estudarem a habilidade de quelação do íon ferro em folhas e rizoma de *Curcuma longa*
239 frescas, Chan *et al.* (2008) identificaram maior capacidade antioxidante que a identificada neste
240 trabalho. A habilidade quelante do extrato de folha de cúrcuma de concentração $5,0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$
241 (poder quelante de 90%) foi 67% superior à encontrada neste trabalho. Este resultado corrobora a
242 hipótese de diferente composição de compostos bioativos nas folhas cultivadas nos dois países. O
243 trabalho citado apresentou habilidade quelante proporcional à concentração do extrato avaliado,
244 de maneira similar a este trabalho.

245 Priya *et al.* (2012) estudando o óleo essencial da folha de cúrcuma cultivada na Índia
246 encontraram uma capacidade antioxidante de redução do ferro inferior a $100 \text{ mgEAG} \cdot 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ para
247 um extrato de $800 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. Este valor é inferior ao encontrado neste estudo, onde a capacidade
248 antioxidante de redução do ferro é diretamente proporcional à concentração do extrato. No trabalho
249 indiano os resultados em diferentes concentrações não apresentaram variação. Estas diferenças
250 podem ser explicadas pelos fatores geográficos e climáticos já citados anteriormente e pelo fato
251 de se tratar de um óleo essencial. O processo de extração do óleo essencial não é capaz de extrair
252 todos os compostos presentes na folha. Este resultado indica que grande parte dos compostos de
253 capacidade antioxidante de redução do ferro não possam ser extraídos na obtenção do óleo
254 essencial.

255 Tan & Chan (2014) avaliando a capacidade antioxidante de folhas não convencionais
256 utilizadas na alimentação encontrou menor capacidade de redução do ferro em folhas frescas de
257 caju ($32,6 \text{ mgAG} \cdot \text{g}^{-1}$ em extrato de $0,05 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) e de betel ($4,54 \text{ mgAG} \cdot \text{g}^{-1}$ em extrato de $0,05$

258 mg.mL⁻¹) que o encontrado neste estudo para folha de *Curcuma longa* L. fresca. Esta diferença
 259 indica maior capacidade antioxidante da folha deste estudo.

260 Melo & Faria (2014) avaliando o conteúdo de fenólicos totais de partes comestíveis não
 261 convencionais de olerícolas encontrou menores conteúdos de fenólicos totais nas folhas de
 262 beterraba (5,36 mg_{AG}.100⁻¹g⁻¹) e de cenoura (3,54 mg_{AG}.100⁻¹g⁻¹) que na folha deste estudo,
 263 indicando maior conteúdo de fenólicos totais em folhas de *Curcuma longa* L.

264

265 3.2 Compostos bioativos na folha seca

266

267 O processo de secagem provocou alteração do conteúdo total de fenólicos ($p < 0,05$) nas
 268 folhas de *Curcuma longa* L. secas (Tabela 3). O conteúdo de fenólicos nas folhas secas foi superior
 269 ao da folha fresca, devido à concentração dos mesmos pela saída de água (aumento de 216 a
 270 238%), no entanto, foi inferior à concentração do extrato seco da folha (cerca 850%), implicando
 271 em uma redução do conteúdo de fenólicos total. Esta redução deve-se, provavelmente, à
 272 degradação parcial destes compostos pela oxidação enzimática causada pelas polifenóis oxidases,
 273 que estão naturalmente presentes nos tecidos das folhas (Ahmad-Qasem *et al.* 2013).

274

275 **Tabela 3.** Conteúdo de fenólicos total (CFT), conteúdo de taninos hidrolisados (CTH), conteúdo de taninos
 276 condensados (CTC) e capacidade antioxidante equivalente de ácido ascórbico (AEAA) de folhas de
 277 *Curcuma longa* L. seca em estufa, em micro-ondas e liofilizada

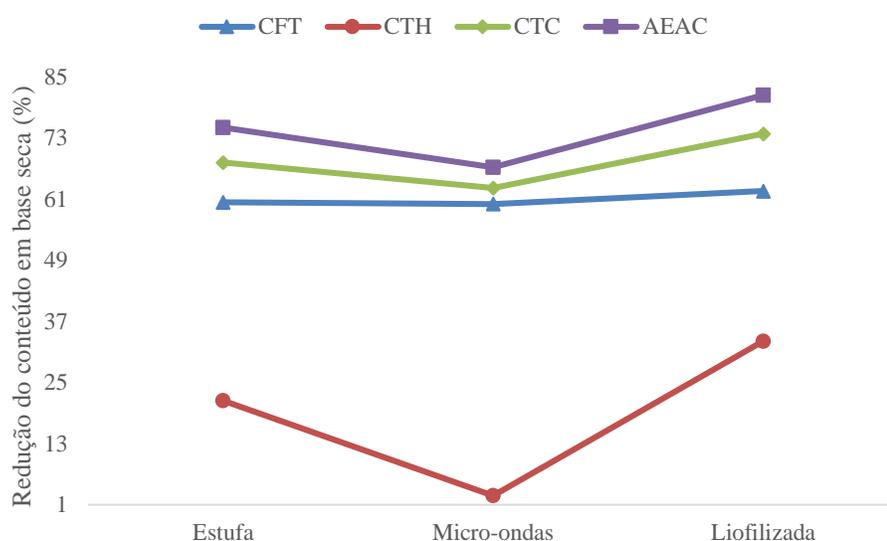
Folha de cúrcuma	CFT (mg _{EAG} .100 ⁻¹ g ⁻¹)	CTH (mg _{EAG} .100 ⁻¹ g ⁻¹)	CTC (mg _{EC} .100 ⁻¹ g ⁻¹)	AEAA (mg _{AA} .100 ⁻¹ g ⁻¹)
Estufa	183,76 ±0,60 ^b	291,59 ±1,33 ^b	626,57 ±0,64 ^b	3203,54 ±1,00 ^b
Micro-ondas	185,43±0,65 ^c	360,85 ±0,35 ^c	726,33 ±0,64 ^c	4213,65 ±0,76 ^c
Liofilizada	173,46 ±0,74 ^a	248,23 ±1,66 ^a	516,00 ±0,44 ^a	2389,31 ±0,93 ^a

278 *Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma coluna indicam diferenças ($p < 0,05$) medidas pelo
 279 teste de Tukey HSD.

280

281 Dentre as folhas secas, a secagem por micro-ondas foi o método que promoveu menor
 282 degradação dos compostos fenólicos (cerca de 60%, Figura 2), enquanto a liofilização apresentou
 283 comportamento oposto (cerca de 62%). Este resultado deve-se, provavelmente, ao alto coeficiente
 284 de transferência de massa do processo de secagem por micro-ondas, que levou ao menor tempo de

285 secagem dentre os métodos estudados. Após as folhas serem cortadas enzimas e substratos são
 286 colocados em contato em um ambiente com alta atividade de água. À medida que as folhas são
 287 secas a atividade de água diminui, levando a uma diminuição da velocidade de reação, diminuindo
 288 a degradação dos compostos fenólicos. O aquecimento das folhas nos processos de secagem por
 289 micro-ondas e estufa provocaram uma provável inativação das polifenóis oxidases, responsáveis
 290 pela degradação destes compostos (Ahmad-Qasem et al., 2013). O longo tempo de desidratação
 291 da liofilização aliado a temperaturas do processo que não provocam inativação enzimática
 292 contribuíram para a atuação destas enzimas nas folhas após o corte das mesmas.
 293



294
 295 **Figura 2.** Redução percentual do conteúdo de fenólicos total (CFT), conteúdo de taninos hidrolisados (CTH),
 296 conteúdo de taninos condensados (CTC) e capacidade antioxidante equivalente de ácido ascórbico (AEAA) de folhas
 297 de *Curcuma longa* L. seca em estufa, em micro-ondas e liofilizada em relação à folha fresca em base seca

298
 299 Os resultados aqui apresentados estão de acordo com os obtidos por Ahmad-Qasem *et al.*
 300 (2013), em estudo com folhas de oliveira liofilizadas, onde obtiveram resultados menores de
 301 conteúdo total de fenólicos que as secas por ar quente (cerca de 17%).

302 Os conteúdos de taninos hidrolisados e condensados apresentaram comportamento similar
 303 ao conteúdo de fenólicos totais e também foram afetados pelo método de secagem ($p < 0,05$). De
 304 maneira similar, a secagem provocou concentração e degradação do conteúdo de taninos presentes
 305 na folha de cúrcuma. A secagem por micro-ondas foi o método de secagem que provocou menor
 306 degradação do conteúdo de taninos, sendo o conteúdo de taninos hidrolisáveis o que sofreu menor

307 degradação, visto que sua concentração foi similar (820%) à concentração dos sólidos totais da
308 folha seca em relação à fresca.

309 O conteúdo de taninos condensados encontrados neste trabalho é inferior ao encontrado
310 por Deng *et al.* (2016) para folhas de *Ficus altíssima* liofilizadas (4122 mg.100⁻¹g⁻¹). Esta diferença
311 era esperada, uma vez que o conteúdo de fenólicos totais da folha de *Ficus altíssima* também foi
312 superior (11840 mg_{ácido gálico}/100g), indicando menor conteúdo de compostos bioativos na folha
313 de *Curcuma longa* L.

314 Tan & Chang (2014), estudando o tratamento das folhas frescas de caju e betel por
315 branqueamento e secagem em micro-ondas, também encontraram que a secagem por micro-ondas
316 causou menor degradação do conteúdo de fenólicos e da capacidade antioxidante.

317

318

319 **3.2 Atividade antioxidante das folhas secas**

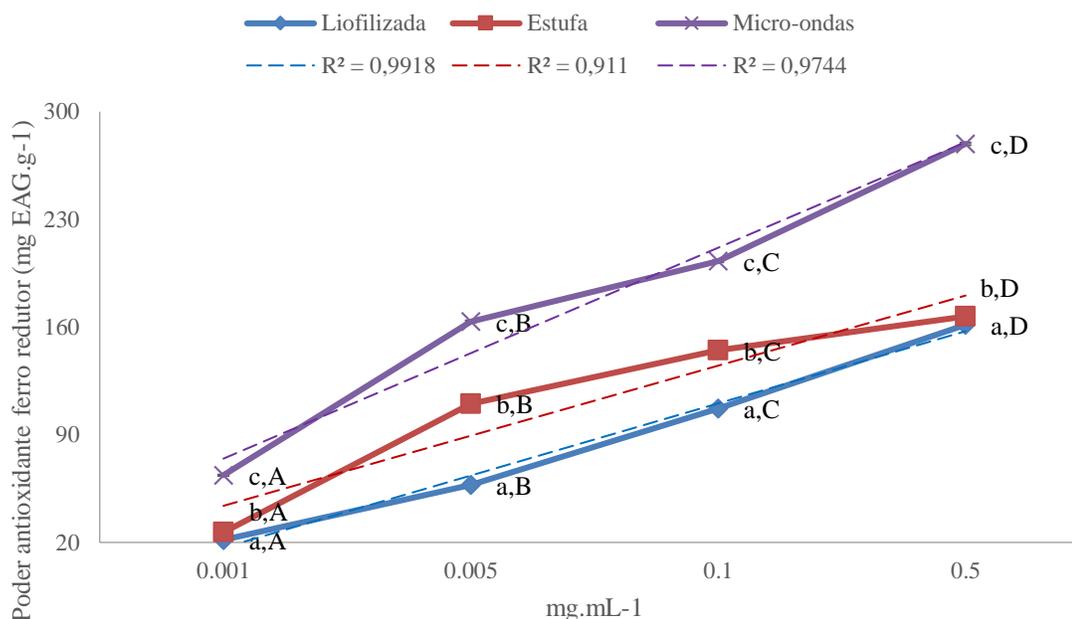
320

321 O teste de sequestro do radical DPPH (Tabela 3), expresso em atividade equivalente de
322 ácido ascórbico, foi utilizado para quantificar a capacidade antioxidante primária das folhas de
323 cúrcuma pelos diferentes métodos de conservação. Observa-se que o comportamento da atividade
324 antioxidante equivalente de ácido ascórbico das folhas de cúrcuma também foi afetado pelo
325 método de secagem (p<0,05). O processo de secagem provocou concentração dos compostos
326 antioxidantes primários. Este comportamento já era esperado, visto que, os compostos fenólicos
327 possuem capacidade antioxidante. Quando comparada, em base seca, com a folha fresca, é possível
328 observar que a capacidade antioxidante equivalente em ácido ascórbico das folhas secas foi
329 reduzida em até 81% (pela liofilização), sendo a secagem em micro-ondas o método que provocou
330 menor redução nesta capacidade (67%) (Figura 2).

331 Esparza-Martínez, Miranda-López & Guzman-Maldonado (2016) avaliando a capacidade
332 antioxidante de resíduos (casca, bagaço e semente) da extração do suco de lima também
333 identificaram que a capacidade de sequestro do radical DPPH aumenta com o aumento da taxa de
334 transferência de calor, que leva à diminuição do tempo de secagem.

335 O Fe²⁺ em solução, mesmo em concentração muito baixa, induz a geração de peróxido,
336 através da reação de Fenton, causando injúria ou morte celular. Portanto, sua eliminação se torna
337 de extrema importância. Avaliando os resultados obtidos de capacidade de reduzir íons Fe⁺², foi

338 possível observar (Figura 3) que em maiores concentrações do extrato a capacidade antioxidante
 339 foi maior, de maneira linear. Em todas as situações avaliadas o método de secagem foi significativo
 340 ($p < 0,05$). Como nas demais análises, a folha seca por micro-ondas apresentou a maior capacidade
 341 antioxidante.

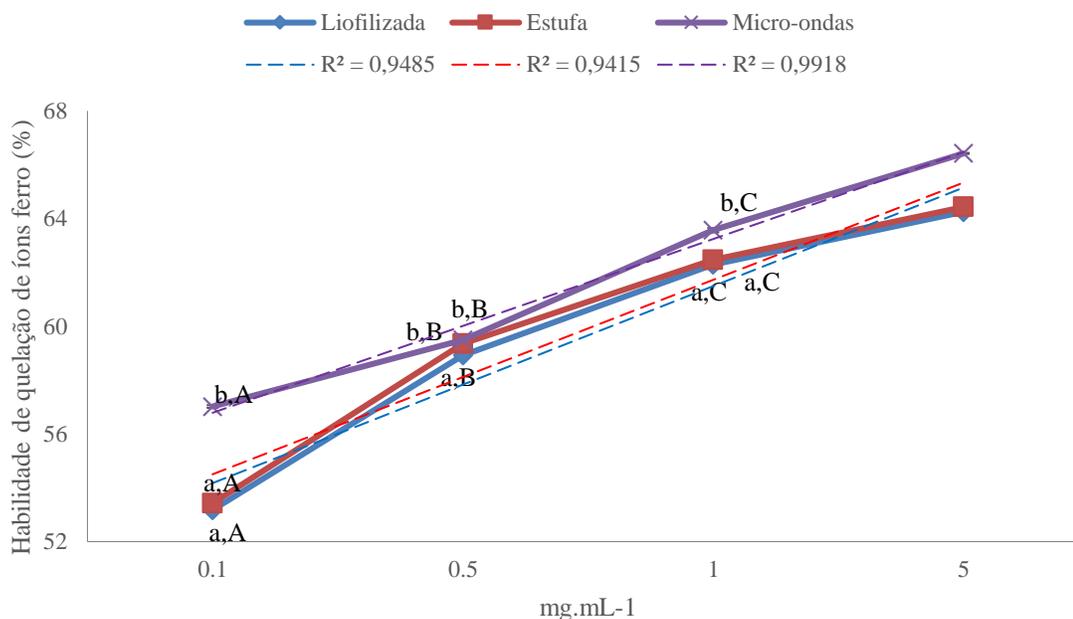


342
 343 **Figura 3.** Poder antioxidante ferro redutor de extratos de folha de *Curcuma longa* L. seca em estufa, em micro-ondas
 344 e liofilizada. Dados expresso média \pm DP. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças ($p < 0,05$) entre tratamentos
 345 medidas pelo teste de Tukey HSD. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças ($p < 0,05$) entre concentrações
 346 medidas pelo teste de Tukey HSD
 347

348 Comparando os resultados obtidos com a folha fresca de *Curcuma Longa* L. (Tabela 2)
 349 observa-se que houve grande degradação desta capacidade nas folhas submetidas ao processo de
 350 secagem em estufa e liofilização, variando de 95 a 98%. Chan *et al.* (2009) avaliando a capacidade
 351 antioxidante de quelação do ferro em folha de *Curcuma longa* também encontraram que a secagem
 352 em estufa a 50 °C provoca redução desta capacidade antioxidante em relação à folha fresca. Como
 353 esperado e em acordo com as demais análises realizadas, a folha seca por liofilização apresentou
 354 a menor capacidade antioxidante de redução do ferro, indicando grande degradação das
 355 substâncias que apresentam esta capacidade.

356 Observa-se que a capacidade antioxidante de quelação de íons ferro aumenta com o
 357 aumento da concentração dos extratos (Figura 4), de maneira quase linear. Em relação aos métodos

358 de secagem a capacidade antioxidante de quelação dos íons ferro apresentou o mesmo
359 comportamento que a redução do ferro, provavelmente, por razões similares.



360
361 **Figura 4.** Habilidade de quelação de íons ferro de extratos de folha de *Curcuma longa* L. seca em estufa, em micro-
362 ondas e liofilizada. Dados expresso média ± DP. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças ($p < 0,05$) entre
363 tratamentos medidas pelo teste de Tukey HSD. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças ($p < 0,05$) entre
364 concentrações medidas pelo teste de Tukey HSD
365

366 Através dos resultados aqui expressos pode-se considerar que a folha de cúrcuma possui alta
367 capacidade antioxidante e que sua ingestão na forma de especiaria pode contribuir para a quelação
368 de metais de transição, que em excesso podem levar a peroxidação lipídica, com consequente lesão
369 às membranas plasmáticas e à oxidação do DNA (Magro *et al.*, 2016).

370 O rizoma de *Curcuma longa* L. é a parte da planta usualmente consumida, especialmente por
371 sua concentração de pigmentos e compostos aromáticos que o fazem um condimento de uso
372 difundido (Chan *et al.* 2011a). Chan *et al.* (2008, 2011a,b) estudando o conteúdo de fenólicos totais
373 e capacidade antioxidante em folhas e rizomas de diferentes gengibres identificaram um maior
374 conteúdo de fenólicos e maior capacidade antioxidante nos rizomas que nas folhas de *Curcuma*
375 *longa*. Apesar de apresentar menor conteúdo de compostos bioativos que os rizomas, as folhas de
376 *Curcuma longa* podem ser consideradas uma fonte viável destes compostos por seu baixo custo,
377 visto que usualmente são descartadas na produção do rizoma.

378

379 4 CONCLUSÃO

380

381 Através deste estudo foi possível concluir que as folhas de cúrcuma seca por micro-ondas
382 e fresca possuem boa capacidade antioxidante. Dentre os métodos de secagem estudados, a
383 secagem por micro-ondas produz folhas de cúrcuma secas com as melhores características
384 antioxidantes e é a mais adequada para a produção de folha de cúrcuma seca. A secagem em estufa
385 e liofilização não produzem folhas secas com boa capacidade antioxidante, pois causam uma
386 redução de até 21% nesta capacidade, quando comparadas com a secagem por micro-ondas.

387

388 AGRADECIMENTOS

389 À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) pelo apoio financeiro bolsa de
390 pesquisa. concedida ao projeto n° 201510267000667 e Cooperativa de Produtores de Açafrão
391 (Cooperaçãfrão) de Mara Rosa – GO pela doação das amostras.

392

393 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

394

395 Ahmad-Qasen, M.H.; Barrajon-Catalán, E.; Micol, V.; Mulet, A.; Garcis-Pérez (2013). Influence
396 of freezing and dehydration of olive leaves (var. Serrana) on extract composition and antioxidant
397 potential. *Food Research International*, 50,189–196.

398

399 Bastos, D. H. M.; Rogero, M. M.; Arêas, J. A. (2009). Mecanismos de ação de compostos
400 bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade.
401 *Arquivo brasileiro de endocrinologia e metabolismo*, 53, 646-656.

402

403 Broeckxa, G.; Vandenheuvél, D.; Claesb, I. J. J.; Lebeerb, S.; Kiekens, F. (2016). Drying
404 techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel
405 pharmabiotics. *International Journal of Pharmaceutics*, 505, 303-318.

406

407 Brune, M.; Hallberg, L.; Skanberg, A. (1991). Determination of iron-binding Phenolic groups in
408 Foods. *Journal of Food Science*, 56, 128-131.

409

410 Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K. (2011a). Antioxidant properties of ginger leaves: an
411 overview. *Free radicals and antioxidants*, 1, 6-16.

412

413 Chan, E. W. C.; Ng, V. P.; Tan, V. V.; Low, Y. Y. (2011b). Antioxidant and antibacterial
414 properties of *Alpinia galanga*, *Curcuma longa*, and *Etingera elatior* (Zingiberaceae).
415 *Pharmacognosy Journal*, 3, 54-61.

416

- 417 Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K.; Tan, S. P.; Lianto, F. S.; Wong, M. Y.
418 (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of
419 ginger species, *Food Chemistry*, 113, 166-172.
420
- 421 Chan, E. W. C.; Lim, Y. Y.; Wong, L. F.; Lianto, F. S.; Wong, S. K.; Lim, K. K.; Joe, C. E.;
422 Lim, T. Y. (2008). Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of
423 ginger species. *Food Chemistry*, 109, 477-483.
424
- 425 Chan, E. W. C.; Lim, Y. Y.; Omar, M. (2007). Antioxidant and antibacterial activity of leaves of
426 *Etilingera* species (Zingiberaceae) in Peninsular Malaysia. *Food Chemistry*, 104, 1586-1593.
427
- 428 Connor, A.M.; Luby, J. J.; Hancock, J. F.; Berkheimer, S.; Hanson, E. J. (2002). Changes in fruit
429 antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of*
430 *Agricultural and Food Chemistry*, 50, 893-898.
431
- 432 Deng, Y. T.; Liang, G.; Shi, Y.; Li, H. L.; Zhang, J.; Mao, X. M.; Fu, Q. R.; Peng, W. X.; Chen,
433 Q. X.; Shen, D. Y. (2016). Condensed tannins from *Ficus altissima* leaves: Structural,
434 antioxidant, and antityrosinase properties. *Process Biochemistry*, 51, 1092-1099.
435
- 436 Esparza-Martínez, F. J.; Miranda-López, R.; Guzman-Maldonado, S. H. (2016). Effect of air-
437 drying temperature on extractable and non-extractable phenolics and antioxidant capacity of lime
438 wastes. *Industrial Crops and Products*, 84, 1-6.
439
- 440 Kahkonen, M. P.; Hopia, A. I.; Vuorel, H. J.; Rauha, J. P.; Pihlaja, K.; Kujals, T. S.; Heinonen,
441 M. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *Journal of*
442 *Agriculture and Food Chemistry*, 47, 3954-3962.
443
- 444 Liu, Y.; Nair, M. G. (2012). *Curcuma longa* and *Curcuma mangga* leaves exhibit functional food
445 property. *Food Chemistry*, 135, 634-640.
446
- 447 Magro, L. D.; Dalagnol, L. M. G.; Manfroi, V.; Hertz, P. F.; Klein, M. P.; Rodrigues, R. C.
448 (2016). Synergistic effects of Pectinex Ultra Clear and Lallzyme Beta on yield and bioactive
449 compounds extraction of Concord grape juice. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 157-
450 165.
451
- 452 Melo, C. M. T.; Faria, J. V. (2014). Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade
453 antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. *Bioscience Journal*, 30,
454 93-100.
455
- 456 Najafabadi, N. S.; Sahari, M. A.; Barzegar, M.; Esfahani, Z. H. (2017). Effect of gamma
457 irradiation on some physico chemical properties and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus*
458 *jujuba var vulgaris*) fruit. *Radiation Physics and Chemistry*, 130, 62-68.
459
- 460 Price, M. L.; Scoyoc, S. V.; Butler, L. G. (1978). A critical evaluation of the Vanillin Reaction as
461 an Assay for Tannin in Sorghum Grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 26, 1214-
462 1218.

- 463
464 Priya, R.; Prathapan, A.; Raghu, K. G.; Nirmala-Menon, A. (2012). Chemical composition and in
465 vitro antioxidative potential of essential oil isolated from *Curcuma longa* L. leaves. *Asian Pacific*
466 *Journal of Tropical Biomedicine*, S695, S695-S699.
467
- 468 Quagliariello, V.; Iaffaioli, R. V.; Falcone, M.; Ferrari, G.; Pataro, G.; Donsì, F. (2016). Effect of
469 pulsed electric fields – assisted extraction on anti-inflammatory and cytotoxic activity of brown
470 rice bioactive compounds. *Food Research International*, 87, 115-124.
471
- 472 Sindhu, S.; Chempakam, B.; Leela, N. K.; Suseela-Bhai, R. (2011). Chemoprevention by
473 essential oil of turmeric leaves (*Curcuma longa* L.) on the growth of *Aspergillus flavus* and
474 aflatoxin production. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 1188-1192.
475
- 476 Tan, Y. P.; Chan, E. W. C.; (2014). Antioxidant, antityrosinase and antibacterial properties of
477 fresh and processed leaves of *Anacardium occidentale* and *Piper betle*. *Food Bioscience*, 6, 17-
478 23.
479
- 480 Therdthai, N.; Zhou, W. (2009). Characterization of microwave vacuum drying and hot air
481 drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). *Journal of Food Engineering*, 91, 482–
482 489.
483
- 484 Yang, W.; Yu, J.; Pei, F.; Mariga, A. M.; Ma, N. Fang, Y.; Hu, Q. (2016). Effect of hot air
485 drying on volatile compounds of *Flammulina velutipes* detected by HS-SPME–GC–MS and
486 electronic nose. *Food Chemistry*, 196, 860-866.
487
- 488 Zielinska, M.; Markowski, M. (2016). The influence of microwave-assisted drying techniques on
489 the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 196,
490 1188-1196.

491	ANEXO A – Normas de publicação Food Research International
492	
493	
494	GUIDE FOR AUTHORS
495	PREPARATION
496	Use of word processing software It is important that the file be saved in the native format of the word
497	processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as
498	possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do
499	not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face,
500	italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid
501	for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns.
502	The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also
503	the Guide to Publishing with Elsevier: http://www.elsevier.com/guidepublication). Note that source files of
504	figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also
505	the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-
506	check' and 'grammar-check' functions of your word processor.
507	All pages of the manuscript must be numbered. All lines must be numbered continuously throughout the
508	manuscript.
509	Article structure
510	Subdivision - numbered sections
511	Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then
512	1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for
513	internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each
514	heading should appear on its own separate line.
515	Introduction
516	State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey
517	or a summary of the results.
518	Material and methods
519	Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated
520	by a reference: only relevant modifications should be described.
521	Experimental
522	Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated
523	by a reference: only relevant modifications should be described.
524	Theory/calculation
525	A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the
526	Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical
527	development from a theoretical basis.
528	Authors are encouraged to read the helpful notes on statistics applied in the planning of experiments and
529	assessment of results in the field of food science and technology. The more important univariate and
530	bivariate parametric and non-parametric methods, their advantages and disadvantages are presented in
531	"Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology by Granato
532	(http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913005723).
533	Results
534	Results should be clear and concise.
535	Discussion
536	This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and
537	Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.
538	Conclusions
539	The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone
540	or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.
541	Appendices

542 If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in
543 appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq.
544 (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

545 Essential title page information

546 • Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations
547 and formulae where possible.

548 • Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author
549 and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual
550 work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter 30 immediately
551 after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each
552 affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

553 • Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and
554 publication, also post-publication. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept
555 up to date by the corresponding author.

556 • Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or
557 was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that
558 author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation
559 address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

560 Abstract

561 A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the
562 principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must
563 be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s)
564 and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must
565 be defined at their first mention in the abstract itself.

566 Highlights

567 Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the
568 core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission
569 system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters,
570 including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

571 Keywords

572 Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding
573 general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with
574 abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be
575 used for indexing purposes.

576 Chemical compounds

577 You can enrich your article by providing a list of chemical compounds studied in the article. The list of
578 compounds will be used to extract relevant information from the NCBI PubChem Compound database and
579 display it next to the online version of the article on ScienceDirect. You can include up to 10 names of
580 chemical compounds in the article. For each compound, please provide the PubChem CID of the most
581 relevant record as in the following example: Glutamic acid (PubChem CID:611). The PubChem CIDs can
582 be found via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>. Please position the list of compounds immediately
583 below the 'Keywords' section. It is strongly recommended to follow the exact text formatting as in the
584 example below:

585 Chemical compounds studied in this article

586 Ethylene glycol (PubChem CID: 174); Plitidepsin (PubChem CID: 44152164); Benzalkonium chloride
587 (PubChem CID: 15865)

588 More information is available at: <http://www.elsevier.com/PubChem>.

589 Abbreviations

590 Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the
591 article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there,
592 as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

593 Acknowledgements

594 Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not,
595 therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals
596 who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading
597 the article, etc.).

598 Units

599 Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other
600 units are mentioned, please give their equivalent in SI.

601 Math formulae

602 Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal
603 text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y.
604 In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by
605 exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to
606 explicitly in the text).

607 Footnotes

608 Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word
609 processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the 31
610 position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not
611 include footnotes in the Reference list.

612 Artwork

613 Image manipulation

614 Whilst it is accepted that authors sometimes need to manipulate images for clarity, manipulation for
615 purposes of deception or fraud will be seen as scientific ethical abuse and will be dealt with accordingly.
616 For graphical images, this journal is applying the following policy: no specific feature within an image may
617 be enhanced, obscured, moved, removed, or introduced. Adjustments of brightness, contrast, or color
618 balance are acceptable if and as long as they do not obscure or eliminate any information present in the
619 original. Nonlinear adjustments (e.g. changes to gamma settings) must be disclosed in the figure legend.

620 Electronic artwork General points

- 621 • Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- 622 • Embed the used fonts if the application provides that option.
- 623 • Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use
624 fonts that look similar.
- 625 • Number the illustrations according to their sequence in the text.
- 626 • Use a logical naming convention for your artwork files.
- 627 • Provide captions to illustrations separately.
- 628 • Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- 629 • Submit each illustration as a separate file.

630 A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

631 <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

632 You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

633 Formats

634 If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then
635 please supply 'as is' in the native document format.

636 Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized,
637 please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for
638 line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

639 EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

640 TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

641 TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

642 TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500
643 dpi.

644 Please do not:

645 • Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low
646 number of pixels and limited set of colors;

647 • Supply files that are too low in resolution;

648 • Submit graphics that are disproportionately large for the content.

649 Color artwork

650 Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS
651 Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color
652 figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g.,
653 ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the
654 printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from
655 Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online
656 only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see
657 <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

658 Figure captions

659 Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption
660 should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the
661 illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

662 Tables

663 Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text
664 in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their
665 appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and
666 ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please
667 avoid using vertical rules.

668 References

669 Citation in text

670 Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any
671 references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are
672 not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in
673 the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a
674 substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation
675 of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

676 Web references

677 As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further
678 information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be
679 given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if
680 desired, or can be included in the reference list.

681 References in a special issue

682 Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text)
683 to other articles in the same Special Issue.

684 Reference management software

685 Most Elsevier journals have a standard template available in key reference management packages. This
686 covers packages using the Citation Style Language, such as Mendeley
687 (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and also others like EndNote
688 (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager
689 (<http://refman.com/downloads/styles>). Using plug-ins to word processing packages which are available
690 from the above sites, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their
691 article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style as
692 described in this Guide. The process of including templates in these packages is constantly ongoing. If the
693 journal you are looking for does not have a template available yet, please see the list of sample references
694 and citations provided in this Guide to help you format these according to the journal style. If you manage

695 your research with Mendeley Desktop, you can easily install the reference style for this journal by clicking
696 the link below: <http://open.mendeley.com/use-citation-style/food-research-international> When preparing
697 your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word
698 or LibreOffice. For more information about the Citation Style Language, visit <http://citationstyles.org>.

699 Reference style Text:

700 Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association.
701 You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN
702 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from <http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or
703 APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E
704 8LU, UK.

705 List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary.
706 More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b',
707 'c', etc., placed after the year of publication.

708 Examples:

709 Reference to a journal publication: Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of
710 writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51-59.

711 Reference to a book: Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York:
712 Longman, (Chapter 4).

713 Reference to a chapter in an edited book: Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an
714 electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age*
715 (pp. 281-304). New York: E-Publishing Inc.

716 Video data Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific
717 research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly
718 encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a
719 figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be
720 placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content.
721 In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of
722 our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files
723 supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, 33
724 including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can
725 choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of
726 standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit
727 our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and
728 animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic
729 and the print version for the portions of the article that refer to this content.

730 AudioSlides

731 The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article.
732 AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on
733 ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to
734 help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at
735 <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail
736 to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

737 Supplementary material

738 Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the
739 author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background
740 datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are
741 submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint
742 slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise
743 and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any
744 stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections
745 on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft

746 Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please
747 visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.
748 Database linking
749 Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving readers access to relevant
750 databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant
751 database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020;
752 CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a
753 full list of supported databases.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento da folha de cúrcuma é uma alternativa para utilização deste resíduo, que é descartado pelos agricultores, contribuindo para uma melhor sustentabilidade agroindustrial.

A folha de *Curcuma longa* L. é uma boa fonte de proteínas, carboidratos, fibras e cinzas, e apresenta teores consideráveis de minerais, contribuindo para a ingestão diária de macronutrientes e micronutrientes.

Dentre os métodos de secagem estudados, a secagem por micro-ondas produz folhas de cúrcuma secas com menor tempo e com as melhores características antioxidantes sendo a mais adequada para a produção de folha seca.

Sugere-se a realização de outros estudos que complementem a avaliação da capacidade antioxidante por outras metodologias, assim como a análise sensorial de preparações ou produtos desenvolvidos com a folha de cúrcuma desidratada.