



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**THAINARA AMANDA DUARTE VENDRUSCOLO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM E DA TEMPERATURA  
NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO GENGIBRE**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2017**

**THAINARA AMANDA DUARTE VENDRUSCOLO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM E DA TEMPERATURA  
NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO GENGIBRE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado  
como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da  
Fronteira Sul

Orientador: Prof.º Dr.º Luciano Tormen

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2017**

**PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas**

VENDRUSCOLO, THAINARA AMANDA DUARTE  
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM E DA  
TEMPERATURA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO  
GENGIBRE/ THAINARA AMANDA DUARTE VENDRUSCOLO. -- 2017.  
59 f.:il.

Orientador: LUCIANO TORMEN.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Engenharia de Alimentos , Laranjeiras do Sul, PR, 2017.

1. Gengibre. 2. Secagem de alimentos. 3.  
Liofilização. 4. Secagem em Estufa. I. TORMEN, LUCIANO,  
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.  
Título.

**THAINARA AMANDA DUARTE VENDRUSCOLO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM E DA  
TEMPERATURA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO  
GENGIBRE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

Orientador: Professor Dr. Luciano Tormen

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 05 / 12 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Luciano Tormen

Prof. Dr. Luciano Tormen

Eduarda Molardi Bainy

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eduarda Molardi Bainy

Gustavo dos Santos

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, que me ouviu em momentos difíceis, me confortando e me dando forças para chegar onde estou.

A todos os meus familiares, principalmente a tia Oneide, que é minha mãe do coração, obrigada por todas as palavras de incentivo, me ensinando a enfrentar os obstáculos da vida e torcer pelo meu sucesso. A vó Ida que pode prestigiar o começo dessa jornada e, que apesar de não estar mais presente em corpo, está presente em meu coração e sei que olha por mim junto de Deus. Ao meu pai, meus irmãos e a tia Égide que estiveram comigo fornecendo apoio em todos os momentos.

Aos meus colegas e amigos que fiz na graduação: Eduardo Leonarski, Fernanda Menegon Rosário, Mayara Kuasnei e Cintia Uliana, que estiveram sempre comigo e fizeram dos momentos os melhores possíveis e inesquecíveis durante todos os anos. Eles foram fundamentais nessa conquista e levarei para a vida.

Ao Prof. Dr. Luciano Tormen por aceitar a orientação para o desenvolvimento deste trabalho, sempre incentivando e passando palavras de apoio para alcançar o objetivo, esclarecendo dúvidas do mesmo e transmitindo conhecimento.

Ao Prof. Dr. Thiago Bitencourt e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vânia Zanella Pinto, as quais tive a honra de ser orientada em projeto de pesquisa e extensão. Agradeço pelos conhecimentos técnicos, pelos conselhos e sempre estarem dispostos a ajudar os alunos. A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Molardi Bainy que me deu oportunidade de conhecer outro projeto de pesquisa e me ajudado no começo do desenvolvimento do projeto desse trabalho. Ao Prof. Dr. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos pelo apoio e aprendizado. E agradeço a ambos por aceitarem serem membros da banca avaliadora. Aos demais professores do curso de engenharia de alimentos, grandes mestres, que agradeço pelo conhecimento transmitido, sem vocês nada disso seria possível.

Aos professores Vânia Zanella Pinto, Silvia Romão e Henrique Von Hertwig Bittencourt pelo empréstimo de reagentes que viabilizassem este trabalho e aos agricultores de Medianeira – PR pela doação do gengibre. Por fim, agradeço a todos os amigos que fiz durante a graduação e todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista e realização desse trabalho.

**Minha eterna gratidão a todos!**

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar três diferentes métodos de secagem de gengibre (estufa com e sem circulação forçada de ar em temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, além da liofilização) e avaliar a influência do processo de secagem nas características físicas e químicas do gengibre seco. As secagens foram realizadas para o gengibre moído e em cubos. As análises que foram realizadas no trabalho foram: o teor de compostos fenólicos, a acidez titulável total, a oxidação lipídica por meio da análise de TBARS, cor e atividade de água. Para as análises de caracterização do gengibre *in natura* foi obtido 14 miliequivalentes de base/ 100 g para acidez titulável, teor de compostos fenólicos de 536 mg de Ácido Gálico/100 g, umidade de 90% e atividade de água de 0,98. A capacidade de sequestro do radical DPPH foi de 6,5%, o teor de TBARS foi de 4,30 mg de malonaldeído/kg. Para os parâmetros de cor foi obtido 52,8, 28 e 80 para a luminosidade (L\*), saturação (C\*) e tonalidade (H\*), respectivamente. Quanto ao estudo da cinética de secagem nos diferentes equipamentos, a umidade de equilíbrio foi alcançada em menor tempo para a estufa com circulação de ar. Para as estufas o gengibre moído secou mais rapidamente que em cubos. A velocidade de secagem foi maior com o aumento da temperatura. Na liofilização o gengibre moído e em cubo alcançaram a umidade de equilíbrio no mesmo tempo, mas foi maior que para a estufa com circulação de ar. A capacidade de sequestro do radical DPPH tende a aumentar com a temperatura nas estufas, o mesmo foi observado para o processo de liofilização. Com o aumento da temperatura houve aumento na acidez, efeito mais pronunciado para a estufa sem circulação de ar e liofilização. Foi observado que a liofilização preservou mais os compostos fenólicos e a secagem em estufa provocou uma pequena redução nessa característica. Os valores de TBARS aumentaram com a temperatura de secagem e foram maiores para a estufa sem circulação de ar, porém, na liofilização os valores são parecidos ao do gengibre *in natura*. Quanto as análises de cor, o gengibre seco tende a ser bastante luminoso (L\*), cor menos intensa e tem maior tendência a cor amarela. Contudo, não houveram alterações significativas nas características da amostra, assim é recomendada a secagem em estufa com circulação de ar a 80°C por ser um processo mais rápido.

**Palavras chaves:** Secagem em estufa. Composição química. Liofilização. Secagem. *Zingiber officinale* Roscoe.

## ABSTRACT

The objective of this work was to explore three different ginger drying methods (heater with and without forced circulation of air at temperatures of 50, 60, 70 and 80°C, in addition to lyophilization) and to evaluate the influence of the drying process on the physical and chemical characteristics of dry ginger. Dryings were performed for ground and cube ginger. The analyzes carried out in the work were: the content of phenolic compounds, the total titratable acidity, the lipid oxidation through the analysis of TBARS, color and water activity. For characterization analyzes of fresh ginger, 14 milliequivalents of base / 100 g were obtained for titratable acidity, phenolic compounds content of 536 mg of Gallic Acid / 100 g, humidity of 90% and water activity of 0.98. The sequestration capacity of the DPPH radical was 6.5%, the TBARS content was 4.30 mg malonaldehyde / kg. For the color parameters 52.8, 28 and 80 were obtained for the luminosity (L \*), saturation (C \*) and hue (H \*), respectively. As the study of drying kinetics in the different equipments, the equilibrium humidity was reached in less time for the heater with air circulation. For the heater the ground ginger dried faster than in cube. The drying rate was faster with increasing temperature. In the lyophilization the ground and cubed ginger reached equilibrium moisture at the same time, but it was higher than for the heater with air circulation. The sequestration capacity of the DPPH tends to increase with the temperature in the heaters, the same was observed for the lyophilization process. With the temperature increase there was an increase in acidity, a more pronounced effect for the heater without air circulation and lyophilization. It was observed that lyophilization preserved the phenolic compounds more and drying in heater caused a small reduction in this characteristic. The values of TBARS increased with the drying temperature and it were higher for the heater without circulation of air, however, in the lyophilization we have values similar with *in natura*. As for the color analyzes the dry ginger tends to be quite bright (L\*), less intense color and has a greater tendency to yellow color. However, there were no significant changes in the sample characteristics, so it is recommended to dry in an heater with air circulation at 80°C because it is a faster process.

Keywords: Heater, Chemical composition, Lyophilization, Drying, *Zingiber officinale* Roscoe.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Curvas de secagem de gengibre em cubos (A) e moído (B) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C em estufa com circulação de ar forçada.....	24
<b>Figura 2.</b> Curvas de secagem do gengibre em cubos (A) e moído (B) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C em estufa sem circulação de ar forçada.....	26
<b>Figura 3.</b> Curvas de secagem do gengibre em cubos e moído por liofilização.....	28
<b>Figura 4.</b> Curvas de atividade de água dos gengibres em cubos (A) e moído (B) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C em estufa com circulação de ar forçada (1) e sem circulação de ar forçada (2).....	29
<b>Figura 5.</b> Curvas de atividade de água do gengibre em cubos e moído por liofilização.....	31
<b>Figura 6.</b> Amostra de gengibre estufa com circulação (A) e sem circulação forçada de ar (B), liofilização (C) e <i>in natura</i> (D).....	42



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características físicas e químicas do gengibre moído <i>in natura</i> .....	21
<b>Tabela 2.</b> Capacidade de sequestro do radical DPPH expresso em porcentagem de redução de DPPH por grama de amostra tendo como referência 1 g de DPPH. ....	32
<b>Tabela 3.</b> Acidez titulável (miliequivalentes de base/100 g de amostra) das amostras de gengibre secas em estufa. ....	34
<b>Tabela 4.</b> Teor de compostos fenólicos (mg de AG/100 g) em amostras de gengibre. ....	36
<b>Tabela 5.</b> Teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg MDA/ kg) em amostras de gengibre secas. ....	37
<b>Tabela 6.</b> Parâmetros de cor L* (Luminosidade), C* (Saturação) e H (Tonalidade) em amostras de gengibre secas. ....	39

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
2.1. MATERIAL .....	13
2.2. MÉTODOS .....	14
2.2.1. Caracterização do gengibre <i>in natura</i> .....	14
2.2.2. Processamento da matéria prima .....	14
2.2.3. Estudo da cinética de secagem .....	15
2.2.4. Análises físicas e químicas do gengibre .....	16
2.2.5. Determinação da cor .....	17
2.2.6. Determinação dos compostos fenólicos .....	17
2.2.7. Acidez total titulável .....	18
2.2.8. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) .....	18
2.2.9. Capacidade de sequestro do radical DPPH .....	19
2.2.10. Análise estatística .....	20
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
3.1. Caracterização do gengibre <i>in natura</i> .....	21
3.2. Estudo da cinética de secagem .....	23
3.3. Caracterização do gengibre seco.....	32
3.3.1. Capacidade de sequestro do radical DPPH .....	32
3.3.2. Acidez titulável.....	34
3.3.3. Compostos fenólicos .....	35
3.3.4. Análise de oxidação lipídica (TBARS) .....	37
3.3.5. Cor.....	39
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), de acordo com a Embrapa (2001), é planta herbácea de origem asiática e foi introduzida na América logo após o seu descobrimento (LISSA, 1996; NEGRELLE, ELPO, 2004).

Os rizomas do gengibre apresentam de 80 a 90% de água e grande quantidade de amido e fibras (5,4 a 16,2%), além de apresentarem entre 1 a 3% de óleo essencial em relação a massa seca (MAGALHÃES et al., 1997). Extratos de gengibre apresentam elevado teor de compostos antioxidantes (MASUDA et al., 2004) e antibacterianos (MESOMO, 2013). As substâncias que conferem o sabor característico do gengibre são principalmente gingeróis e shogóis, que são responsáveis também pela atividade antioxidante (ZANCAN et al., 2002).

Os rizomas de gengibre podem ser aplicados de várias formas, e sua desidratação é um método de processamento muito utilizado para obter novos produtos, além de ser importante para aumentar a vida útil do produto e inibir o crescimento microbiano e reações bioquímicas (AN, et al. 2016). O gengibre seco pode ser utilizado para a fabricação de especiarias de gengibre, remédios e cosméticos, bem como alimentos com sabor de gengibre: refrigerantes, doces e produtos de confeitaria (SACCHETTI et al., 2005; YADAV et al., 2012; AN et al. 2016). No entanto, o processo de secagem pode causar danos térmicos e mudanças severas nas propriedades físicas, químicas e sensoriais do rizoma. Portanto, a seleção do método de secagem é importante para manter todas as propriedades do gengibre (AN et al. 2016).

O processo de secagem envolve, simultaneamente, a transferência de calor e de massa com o objetivo de remover grande parte da água presente no material por

meio da evaporação e transporte em um meio gasoso insaturado, em condições cuidadosamente controladas, de temperatura, umidade e corrente de ar (FELLOWS, 2006; FOUST, 1986). Existem dois métodos de secagem: natural, realizada pelo sol ou vento (método mais antigo); e artificial, através do fornecimento de energia, em que a fonte não seja o sol (PARK et al., 2001).

Na indústria de alimentos os métodos mais utilizados para a secagem de produtos são os convencionais que consistem na utilização de estufas. No entanto, as altas temperaturas e longos tempos de secagem resultam em degradação de cor, sabor e de compostos importantes. Outro método utilizado é a liofilização/*freeze-drying*, que obtém produtos de alta qualidade, porém apresenta alto custo devido ao elevado consumo de energia (LIPPINCOLT, 2000).

No método convencional por estufas, a transferência de calor ocorre por meio da convecção, que se dá através da troca de calor entre o fluido e um sólido, desta forma o ar (fluido) transfere calor para a superfície sólida do alimento a ser seco, gerando um gradiente de temperatura entre o centro do produto e a superfície aquecida, promovendo a troca de calor, por condução térmica, no alimento. O agente de secagem (ar pré-aquecido) passa sobre ou através do sólido, evaporando a água e transportando-a para fora do secador (PARK et al, 2007). A velocidade de secagem dos alimentos neste tipo de secadores irá depender de diversos fatores, mas em geral, produtos com dimensões menores apresentam maiores velocidades de secagem do que os produtos maiores (FERREIRA, 2004).

A secagem por liofilização ou *freeze-drying* é um processo no qual água é congelada, seguida pela sua remoção da amostra, inicialmente por sublimação (secagem primária) e depois por dessorção (secagem secundária). Por ser realizada em baixa temperatura e na ausência do ar atmosférico, a liofilização permite obter

um produto seco com poucas alterações nas propriedades químicas e sensoriais (IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAZ, 2003; GAVA, 1984).

Muitos autores estudaram as variações nas características físicas, químicas e da capacidade antioxidante do gengibre causadas pelo processo de secagem. Barbosa (2016) teve como enfoque determinar as características físicas e químicas do pó obtido na secagem por camada de espuma: densidade absoluta, densidade aparente, atividade antioxidante, parâmetros de cor, porosidade, solubilidade e umidade. Assim, avaliou modelos matemáticos (Handerson-Pabis, Page e Newton), sendo o que melhor ajustou-se aos dados experimentais foi o de Page. An et al. (2016) explorou a possibilidade da secagem por convecção combinada por microondas intermitente para processamento de gengibre, comparando diferentes métodos de secagem com o intuito de avaliar o consumo de energia e a conservação de qualidade do gengibre.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da temperatura e dos três métodos de secagem (liofilização, secagem em estufa com e sem circulação forçada de ar) com relação as características físicas e químicas do gengibre em pó e realizar um estudo da cinética da secagem do rizoma.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. MATERIAL**

O gengibre utilizado foi adquirido a partir de doações de um agricultor da cidade de Medianeira- Paraná.

Para a realização das análises foram utilizados hidróxido de sódio 99% e álcool etílico 99% ambos adquiridos da Alphatec®, ácido gálico anidro 98% P.A e metanol

P.A ambos adquiridos da Vetec®, reagente Folin Ciocauteau 2 N e carbonato de sódio P.A / ACS 99,5% ambos adquiridos da Dinâmica, 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), ácido tiobarbitúrico P.A e 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TAP) ambos adquiridos da Sigma Aldrich®, acetona P.A adquirido da Êxodo®.

## **2.2. MÉTODOS**

### **2.2.1. Caracterização do gengibre *in natura***

Antes de cada análise foi realizada a moagem da quantidade necessária gengibre com auxílio de processador de alimentos (Cuisinart®) até a amostra ficar homogênea (aproximadamente de 3 - 4 minutos). Com a amostra moída foi determinado o teor de compostos fenólicos, acidez titulável total, oxidação lipídica (determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico TBARS), umidade, atividade de água e cor, de acordo com as metodologias descritas a seguir.

### **2.2.2. Processamento da matéria prima**

Após a limpeza dos rizomas em água corrente, estes foram submersos em solução de hipoclorito de sódio na concentração de 10 mL L<sup>-1</sup> por 15 minutos. A solução de hipoclorito de sódio foi drenada e os rizomas foram imersos em água para a remoção de resíduos de hipoclorito de sódio. Posteriormente a água foi drenada e os rizomas foram embalados em sacos plásticos sob vácuo em embalagens de polietileno transparente contendo 1 kg de produto e, por fim, armazenados em freezer (Electrolux, H500) a -18°C. Os rizomas foram descongelados de acordo com a quantidade necessária para cada ensaio de secagem.

Antes dos ensaios de secagem a quantidade necessária de amostra foi descongelada de maneira lenta em refrigerador (Electrolux, DC49A) a (8°C). Depois de descongelada, parte da amostra foi cortada cubos de aproximadamente 0,5 cm de lado com auxílio de uma faca e outra parte de amostra foi moída com um processador de alimentos até ficar homogênea (aproximadamente de 2 - 3 minutos).

### 2.2.3. Estudo da cinética de secagem

Três processos de secagem para a obtenção de gengibre em pó foram realizados, sendo um em estufa convencional sem circulação de ar forçado (AmericanLab, SL-100-SOLAB), outro em estufa com renovação e circulação de ar forçado (AmericanLab, AL-102/480) e outro por liofilização (Líotop, L101). Antes da secagem por liofilização as amostras de gengibre foram colocadas em *ultrafreezer* (INDREL, IULT -86) por 24 horas.

As curvas de secagem foram obtidas para os três diferentes processos. A perda de umidade das amostras foi acompanhada através da variação de massa das placas e da atividade de água em intervalos de 30 minutos. Os ensaios foram realizados até amostra alcançar massa constante.

A partir dos dados de umidade e de atividade de água foram construídas as curvas de secagem ( $X_{bs}$  x tempo) para os três processos e para as duas formas de apresentação da amostra (em cubos e moída). A base seca foi realizada utilizando a Equação 1.

$$X_{bs} = \frac{M_{úmida} - M_{seca}}{M_{seca}} \quad (1)$$

Em que,  $M_{\text{úmida}}$  = a massa do sólido e  $M_{\text{seca}}$  = a massa seca (g) obtida em estufa.

#### **2.2.3.1. Secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado**

As amostras de gengibre (moída e em cubos) foram espalhadas sobre bandejas de aço inoxidável mantendo uma espessura de 0,5 cm de amostra e desidratadas em estufa nas temperaturas de 50, 60, 70, e 80°C. O procedimento foi realizado simultaneamente nos dois tipos de estufa até a amostra alcançar massa constante. Todas as amostras secas (em cubos e moída) foram adequadamente armazenadas em frascos de vidro envolvidos com papel alumínio mantidas em dessecador até o momento da análise.

#### **2.2.3.2. Secagem por liofilização**

As amostras de gengibre (moído e em cubos) foram acondicionadas em um recipiente de alumínio com uma espessura de 0,5 cm e mantida sob congelamento a -80°C durante 24 horas. Após este período, as amostras foram transferidas para o liofilizador, dando início ao processo de secagem, até a amostra alcançar massa constante.

#### **2.2.4. Análises físicas e químicas do gengibre**

Após a etapa de secagem, as amostras secas em cubo foram trituradas em um processador de alimentos para a obtenção do gengibre em pó para realização da



análise. As amostras moídas antes do processo de secagem foram analisadas diretamente sem qualquer etapa de processamento pós secagem.

Para as amostras de gengibre *in natura* e as amostras em pó obtidas pelos três processos de secagem foram realizadas as seguintes análises: compostos fenólicos, de acidez titulável, cor, TBARS e sequestro do radical DPPH, conforme descrito nos itens seguintes.

#### **2.2.5. Determinação da cor**

A cor das amostras foi determinada com auxílio de colorímetro digital (Konica Minolta, CR400), através do padrão C.I.E. L\*, C e H, no qual a coordenada L\* expressa o grau de luminosidade da cor medida (L\* = 0, preto a 100, branco). O índice H (Hue) representa a tonalidade e C\* (Chroma) é a saturação.

#### **2.2.6. Determinação dos compostos fenólicos**

A determinação dos compostos fenólicos será baseada no método de Folin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-Kojic et al., (2007). Foi medido aproximadamente 1,00 g do gengibre em tubo de polipropileno, adicionado 20 mL de etanol a 50% (v/v) e homogeneizando, em vortex (Marconi, NA162), durante 2 min. A mistura foi centrifugada (Sigma, 3-16KL) durante 20 min a 9500 rpm e uma alíquota de 0,50 mL do extrato foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL, protegido da luz (envoltos em papel alumínio), com 3,0 mL de água destilada, 4,0 mL de solução de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) a 7,5% (m/v). O volume foi complementado com água destilada e a mistura homogeneizada. Os frascos foram mantidos em repouso, na ausência de luz, por 2

horas e posteriormente foi realizada a leitura em espectrofotômetro (Thermo, Evolution 201) a 765 nm, descontando o valor do branco de cada medida. Foi construída uma curva padrão com ácido gálico (AG) nas concentrações de 0; 0,2; 0,5; 1,0 e 2,5 mg de AG/L. Os resultados foram expressos em mg de AG por 100 g de amostra.

### **2.2.7. Acidez total titulável**

Para determinação da acidez total titulável foi utilizada a metodologia descrita por AOAC (2007). Uma porção de 5 g de amostra de gengibre foi homogeneizada em 40 mL de água com aproximadamente 2-3 gotas de indicador fenolftaleína e titulados com solução de hidróxido de sódio (0,01 mol/L) previamente padronizada. A acidez total titulável foi expressa em miliequivalentes de base por 100 g da amostra.

### **2.2.8. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)**

O método de TBARS foi adaptado de IAL (1995). Foi medido em tubo de ensaio aproximadamente 0,25 g da amostra previamente triturada e adicionado 5,0 mL de cloreto de potássio 1% (m/v). A mistura foi homogeneizada, em vortex, por 2 minutos. A mistura foi centrifugada por 20 minutos a 9500 rpm. Uma alíquota de 1,0 mL do sobrenadante foi transferida para tubo de ensaio com 250 µL de ácido tricloroacético 30% (m/v), 500 µL de ácido tiobarbitúrico 0,8% (m/v) e água destilada suficiente para completar o volume final de 2,0 mL. Após a adição de cada componente, a mistura foi homogeneizada em vortex. Os tubos foram aquecidos em banho-maria fervente por 30 min. Após o processo de aquecimento foi adicionado na

mistura 5,0 mL de 1-butanol, homogeneizando em vortex durante 2 min e centrifugado a 4000 rpm durante 15 min. Foi realizada a leitura de absorvância da fase orgânica em espectrofotômetro a 535 nm. O resultado foi expresso em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra de gengibre.

### **2.2.9. Capacidade de sequestro do radical DPPH**

Foi medido 10 g da amostra úmida *in natura* ou 0,5 g da amostra seca com 20 mL de metanol 50% (v/v), homogeneizado em vortex por 1 minuto e deixado em repouso por 60 minutos. A mistura foi centrifugada a 9500 rpm por 15 minutos e transferido o sobrenadante para um balão volumétrico de 50 mL. Sobre o resíduo da primeira extração foi adicionado 20 mL de acetona 70% (v/v), homogeneizado e deixado em repouso novamente por 60 minutos. Foi realizada uma segunda centrifugação, a 9500 rpm, por 15 minutos e transferido o sobrenadante para o mesmo balão volumétrico de 50 mL contendo o extrato metanólico, completando o volume do balão com água destilada. Essa metodologia foi realizada de acordo com o proposto pela Embrapa (2007).

O extrato da amostra foi diluído com solução extratora (acetona 70% (v/v) e metanol 50% (v/v)) na proporção de 1:1 e uma alíquota de 0,1 mL da diluição do extrato foi transferida para tubo de ensaio, com 3,9 mL de solução do radical DPPH e homogeneizado. Foi monitorada a absorvância em 517 nm a cada minuto até a estabilização do sinal. A medida de absorvância para a obtenção dos resultados foi realizada somente após a estabilização do sinal. Foi preparada uma curva de calibração com radical DPPH (10, 20, 30, 40, 50  $\mu\text{mol/L}$ ), e uma solução controle transferido 0,1 mL de solução acetona 70% (v/v) e metanol 50% (v/v) sobre 3,9 mL

da solução de DPPH. Essa metodologia foi realizada de acordo com o da Embrapa (2007) com adaptações para o cálculo do resultado final. A capacidade de seqüestro do radical DPPH foi calculada em porcentagem utilizando a Equação (2).

$$AA(\%) = \frac{(C_2 - C_1) \times V_1 \times V \times MM}{m_a \times V_2} \quad (2)$$

Em que,  $C_1$ = concentração molar de DPPH na solução da amostra,  $C_2$ = concentração molar de DPPH na solução controle,  $V$ = volume da solução controle e da amostra (L),  $V_1$ = volume de extrato total obtido (mL),  $V_2$ = volume de extrato usado no preparo da solução da amostra (mL),  $MM$ = massa molar do DPPH e  $m_a$ = massa de amostra (g) utilizada no preparo do extrato.

#### **2.2.10. Análise estatística**

Todas as análises de caracterização foram realizadas em triplicata, os resultados foram expressos em base seca como o valor médio  $\pm$  intervalo de confiança com 95% de confiabilidade e teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização do gengibre *in natura*

A Tabela 1 abaixo apresenta a composição do gengibre moído *in natura* (úmido) quanto a acidez titulável, compostos fenólicos, teor de umidade, atividade antioxidante, TBA e cor, sendo esses resultados apresentados em base seca para posterior comparação com os das amostras após os diferentes processos de secagem.

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do gengibre moído *in natura*.

Análises	Resultados
Acidez titulável (miliequivalentes de base/100g)	14,0 ± 0,4
Compostos fenólicos (mg de AG/100 g)	536 ± 19
Umidade (% m/m)	90 ± 2
Atividade de água (Aw)	0,98 ± 0,01
Sequestro de DPPH (%)	6,5 ± 0,2
TBA (mg MDO/ kg)	4,30 ± 0,01
L*	58 ± 1
C*	28 ± 1
H*	80 ± 1

Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Fonte: Elaborada pelos autores. AG = Ácido Gálico; MDO = Malonaldeído.

A umidade do gengibre *in natura* foi de 90% (m/m), sendo esse resultado semelhante ao apresentado por Leonel, Sarmiento e Ferrari (2005) e Magalhães et al. (1997) e Prato (2010), que obtiveram valores de 84,37%, 80-85% e de 83-90%, respectivamente. Essa umidade foi utilizada para expressar os resultados das outras análises em base seca. A atividade de água de gengibre foi de 0,98, considerada uma alta atividade de água.

A acidez do gengibre in natura foi de 14 miliequivalentes de base/100 g. De acordo com Beal (2006) o ácido salicílico, cafeico, gálico e ferúlico são os principais ácidos fenólicos presentes no gengibre.

Os compostos fenólicos do gengibre podem ser encontrados em alta quantidade, sendo o valor obtido neste trabalho 536 mg ácido gálico (AG) por 100 gramas de amostra. Esse resultado foi maior do que o encontrado por Sousa et al. (2013) e Maizura et al. (2011), que obtiveram valores de 250 e 102 mg de AG/100 g, respectivamente. Essa diferença entre os valores pode ser resultante do tipo de solo que o gengibre foi cultivado, época de colheita e também as condições climáticas durante cultivo da planta.

Quanto a capacidade de sequestro do radical DPPH, foi obtido 6,5% (m/m). Andreo, Jorge (2010), Kaur e Kapoor (2002), obtiveram valores de atividade antioxidante de grande diferença comparando com o do presente trabalho, de 79,1% e 71,8%, respectivamente. Essa diferença se deve ao método utilizado por esses autores na obtenção do resultado. Neste trabalho o resultado foi calculado considerando a diluição das amostras.

Quanto ao nível de TBARS, foi obtido 4,3 mg de MDO/kg de amostra. O teste de TBARS é importante, pois fornece informações a respeito do estado conservação de lipídeos e nível de rancidez do alimento. Este teste quantifica um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos-graxos insaturados, que é o malonaldeído (PEREIRA, 2009).

Na análise de cor do gengibre foi obtido 58 para o parâmetro L\* (Luminosidade), 28 para a C\* (Saturação) e 80 para H\* (Tonalidade). Não foi encontrado em literatura trabalhos com o estudo da cor do gengibre. O parâmetro H\* (ângulo Hue) teve valor coerente com a amostra de gengibre, uma vez que a

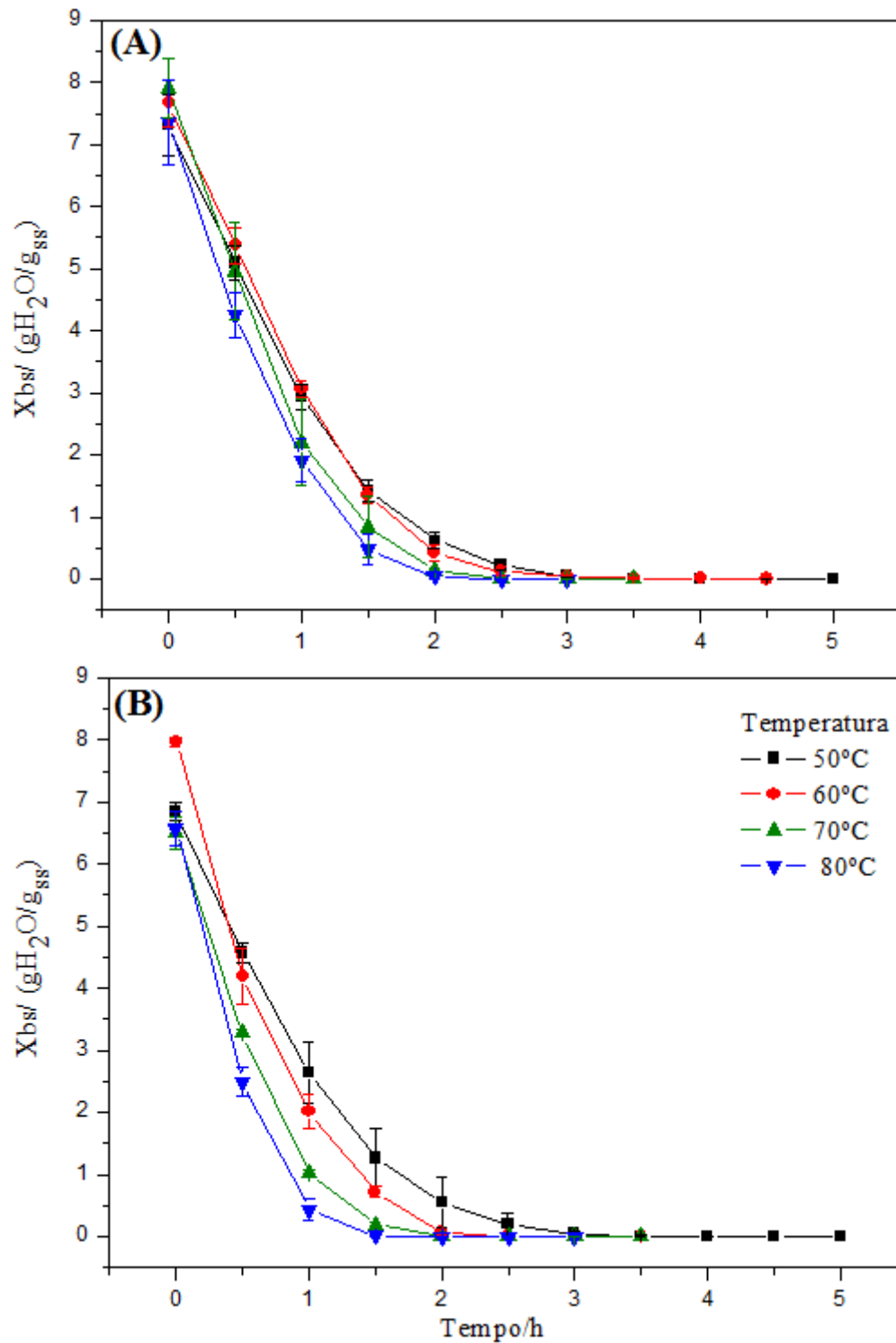
tonalidade varia de entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , sendo que quanto mais próximo de  $90^\circ$ , mais intensa será a cor amarela e quanto mais próxima de  $0^\circ$  mais intensa será a cor vermelha, portanto a coloração do gengibre in natura tem uma cor que tende para o amarelo.

O parâmetro  $C^*$  corresponde a intensidade de cor de uma amostra, ou seja, quanto maior for esse parâmetro, mais intensa é a cor. Contudo, a saturação do gengibre é de 28, sendo considerada uma amostra com baixa intensidade de cor. Da mesma forma, a Luminosidade ( $L^*$ ), que varia de 0 (preto) a 100 (branco), o valor encontrado foi 58, observando uma cor mais clara.

### **3.2. Estudo da cinética de secagem**

A partir dos dados da cinética de secagem foram construídas as curvas de umidade (base seca,  $X_{bs}$ ) em função do tempo. Esse estudo foi realizado para o gengibre em cubos e moído em diferentes temperaturas, com e sem circulação forçada de ar. Através dessas curvas foi identificado o tempo necessário para a secagem de cada amostra, em cada temperatura e equipamento, considerando a umidade de equilíbrio, sendo essa alcançada quando a taxa de secagem se anula (massa da amostra é constante). Na Figura 1 são mostradas as curvas de secagem em estufa com circulação forçada de ar para o gengibre moído e em cubos.

**Figura 1.** Curvas de secagem de gengibre em cubos (A) e moído (B) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C em estufa com circulação de ar forçada.



Média  $\pm$  intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 1 mostra que o aumento da temperatura proporcionou uma redução no teor de água em menor tempo, isso ocorre devido ao aumento de potencial de

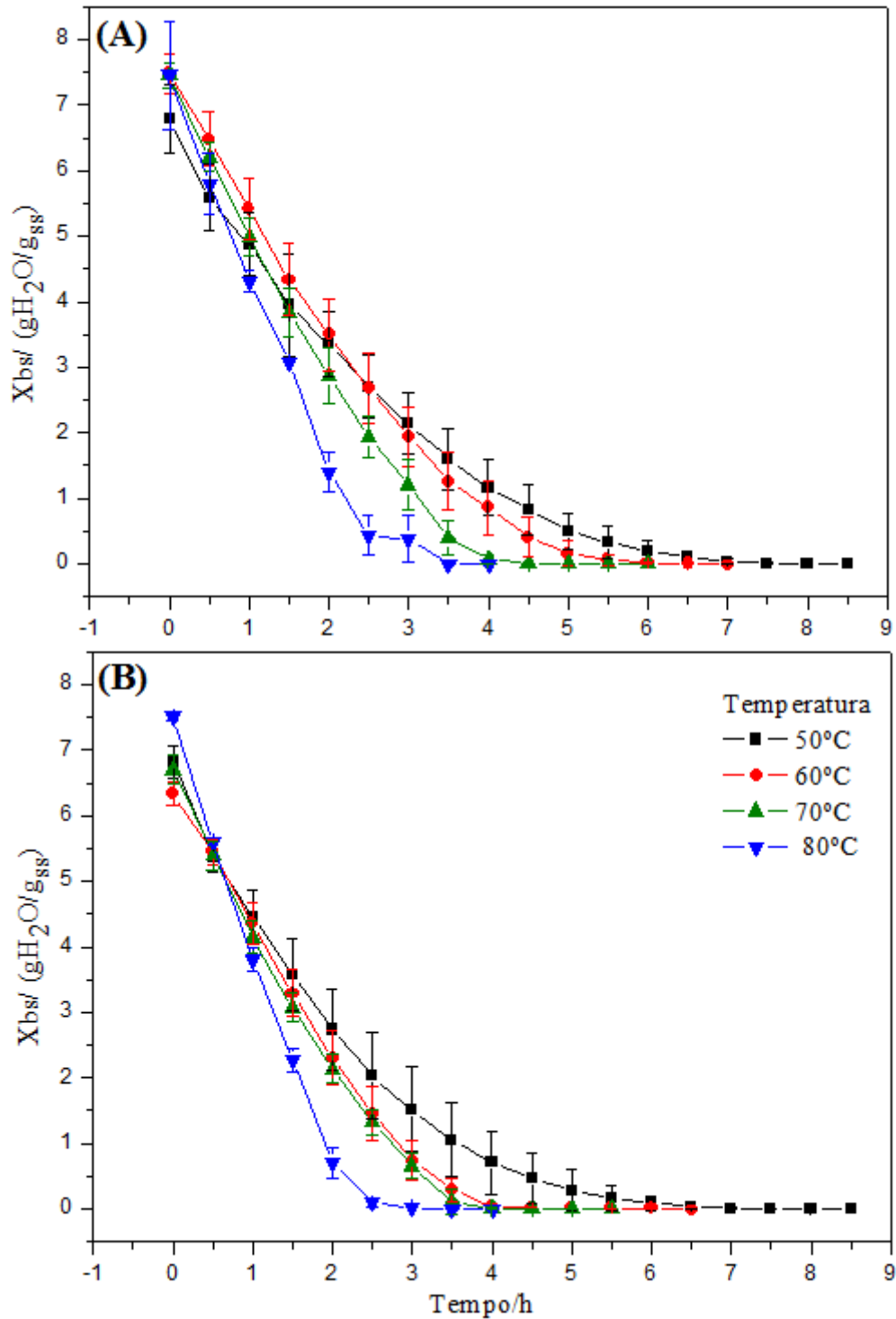


secagem, ou seja, aumento da energia fornecida. Isso causa a elevação da temperatura do ar e, conseqüentemente, a redução da umidade relativa do ar de secagem. Portanto, como prevê a literatura, a taxa de secagem é proporcional a temperatura usada no processo. Nos gráficos apresentados na Figura 1 é observado que foram necessárias 3,5, 3,5, 2,5 e 2,5 horas para a secagem das amostras em cubos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente. Para o gengibre moído, foram necessárias 3,5, 2,5, 2,5 e 2 horas para as mesmas condições de temperatura para alcançar massa constante.

Com isso, observa-se que para o gengibre em cubos foi necessário o aumento de 20°C de temperatura, para uma redução significativa no tempo de secagem, pois na temperatura de 50 e 60°C não houve diferença. Para as temperaturas de 70 e 80°C também não houve diferença de tempo para a secagem. Para o gengibre moído, o aumento de 10°C, ou seja, de 50°C para 60°C, acarretou na redução de uma hora no tempo de secagem. Posteriormente, observou-se a diminuição do tempo na maior temperatura. Contudo, é nítido que a velocidade de secagem do gengibre moído foi maior, o que era esperado devido a superfície de contato entre a amostra e o ar de secagem ser maior, diminuindo o tempo de secagem.

Na Figura 2 são mostradas as curvas de secagem do gengibre moído e em cubos em estufa sem circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. Essa secagem não é muito adequada para alimentos, pois pode provocar a saturação do ar durante o processo, dificultando a retirada de água e , aumentando o tempo de secagem.

**Figura 2.** Curvas de secagem do gengibre em cubos (A) e moído (B) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C em estufa sem circulação de ar forçada.



Média  $\pm$  intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. **Fonte:** Elaborada pelos autores.

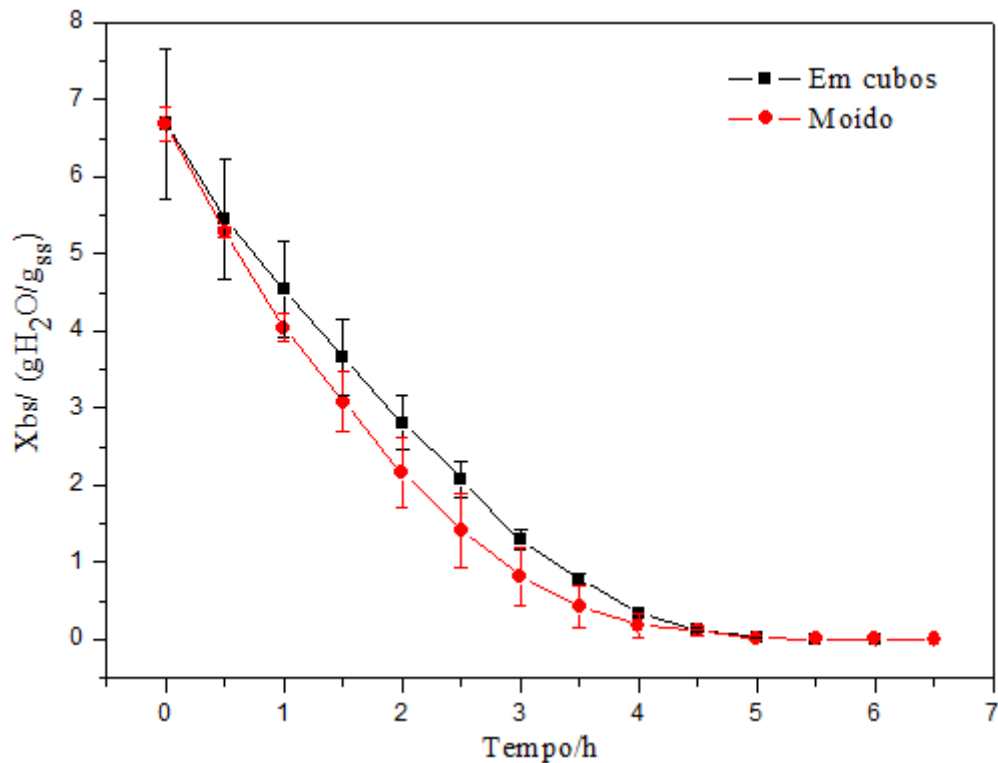
Nesse processo, sem a circulação de ar na estufa foram necessárias 7,5, 6,5, 5 e 4 horas para a estabilização da massa do gengibre em cubos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente (Figura 2-A). Observa-se que houve grande

diferença no tempo de secagem com o aumento da temperatura. O aumento de 10°C ocasionou na diminuição de 13% no tempo de secagem, para o aumento de 20°C houve uma diminuição de 33% e comparando a menor e a maior temperatura houve uma redução de 53% no tempo de secagem. Sendo assim, observa-se que o aumento da temperatura apresenta maior efeito no tempo de secagem para a estufa sem circulação de ar.

Para o gengibre moído, como mostrado na Figura 2-B, também é observada uma diminuição considerável no tempo de secagem com o aumento da temperatura. Neste caso as amostras alcançaram massa constante nos tempos de 7, 5, 4,5 e 3,5 horas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente. Também podemos concluir que para este tipo de estufa (sem circulação de ar) existe uma pequena diferença no tempo de secagem entre as diferentes formas de apresentação da amostra, sendo que a amostra moída é seca em menor tempo. Entretanto esta diferença é da mesma ordem de grandeza daquela existente no processo de secagem em estufa com circulação de ar.

Na Figura 3 é mostrada a curva de secagem do gengibre em cubos e moído por liofilização. Os resultados indicam que foram necessárias 5,5 horas para alcançar a umidade de equilíbrio na amostra moída e em cubos, mostrando que neste equipamento, o processo de secagem é menos dependente da forma de apresentação da amostra. Com o tempo as curvas de secagem tendem a se igualar alcançando a umidade de equilíbrio ao mesmo tempo. Possivelmente isso se deve a maior facilidade na transferência de massa de água através da matriz da amostra devido o processo ocorrer sob vácuo.

**Figura 3.** Curvas de secagem do gengibre em cubos e moído por liofilização.



Média  $\pm$  intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. **Fonte:** Elaborada pelos autores.

Como explicado anteriormente, a diferença de tempo de secagem em cada processo é devido a transferência de massa e calor que é característico de cada processo. No caso das estufas a transferência de calor se dá por convecção, a principal resistência provém de uma camada fina de fluido inerente a superfície do produto, também chamado camada-limite, que é constante durante os ensaios de secagem. No interior dessa camada-limite, a transferência de calor ocorre por meio de convecção, e da mesma maneira ocorre no interior do produto, independentemente do processo de secagem.

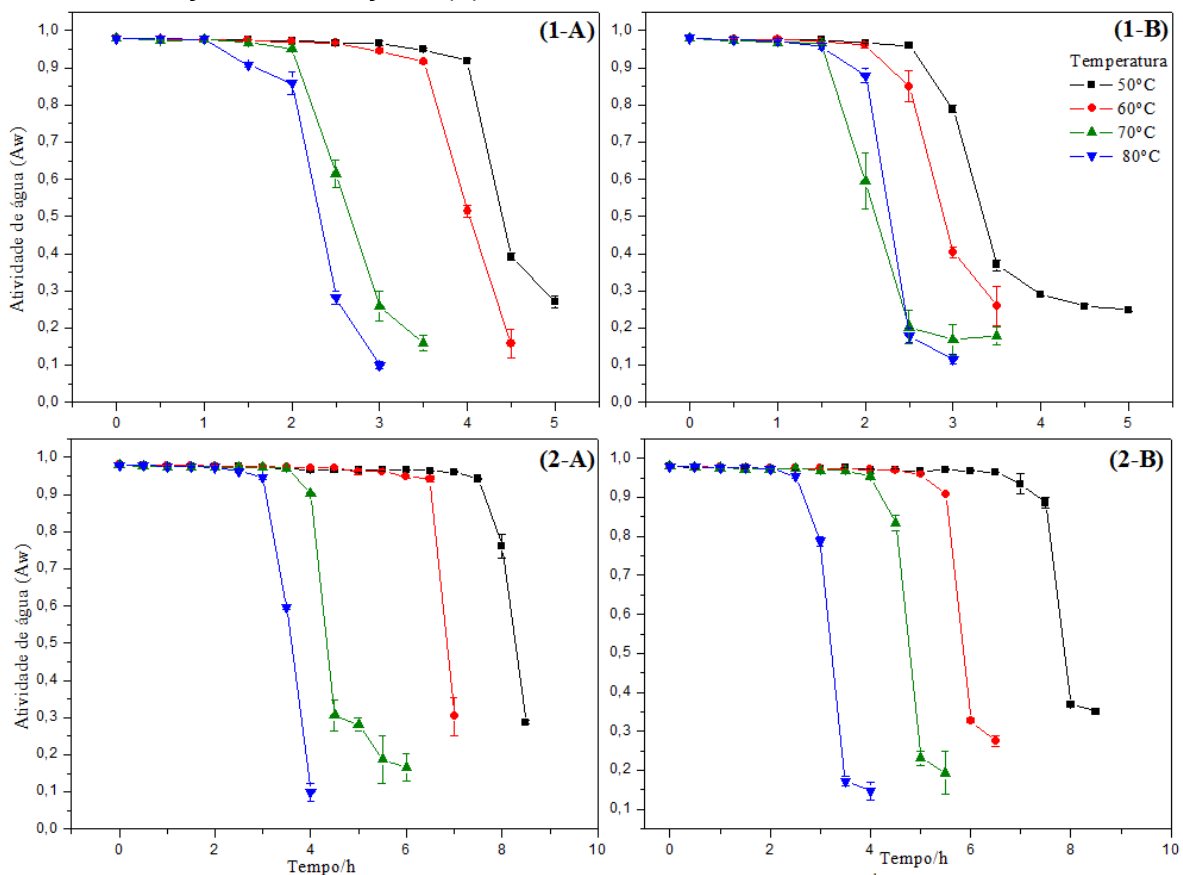
Na condição em que não se tem circulação forçada do ar, a velocidade de secagem se anula num intervalo de tempo maior devido à resistência da transferência de massa devido à dificuldade de convecção por causa da baixa velocidade do ar. Porém, no caso da secagem realizada em estufa com circulação de ar, quando o ar quente passa sobre a amostra úmida, o vapor d'água se transfere

através da camada-limite ao redor do alimento sendo levada com a corrente de ar em movimento.

Essa camada-limite, ou filme estagnado atua como uma barreira na transferência de calor e de massa, e sua espessura pode ser controlada pela velocidade do ar, portanto, mais uma vez é explicada a diferença de tempo de secagem entre as duas diferentes estufas.

O comportamento da atividade de água ( $A_w$ ) foi bastante diferente do que era esperado. Esse comportamento é observado na Figura 4 para os dois tipos de estufas (com circulação de ar e sem circulação de ar), formas da amostra e temperaturas. O mesmo se repetiu para o processo de liofilização como mostrado na Figura 5.

**Figura 4.** Curvas de atividade de água dos gengibres em cubos (A) e moído (B) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C em estufa com circulação de ar forçada (1) e sem circulação de ar forçada (2).



Média  $\pm$  intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. **Fonte:** Elaborada pelos autores.

A atividade de água é um parâmetro que está relacionado com a estabilidade e vida de prateleira de qualquer produto através da disponibilidade de água existente no mesmo, por isso, tem relação com a conservação de alimentos. Alimentos com alta atividade de água (acima de 0,90) favorecem a atividade microbiológica, já os alimentos com atividade de água entre 0,4 e 0,8 as reações enzimáticas e químicas ficam favorecidas devido ao aumento da concentração de solutos. Sendo que acima de 0,60 tem-se pequeno crescimento de microrganismos (apenas algumas leveduras ou fungos). Já em atividades de 0,30 ou menos, ocorre a diminuição da velocidade das reações, exceto a oxidação lipídica que acontece em qualquer atividade de água, mas é favorecida quando a atividade de água for menor do que 0,2 e maior do que 0,5 (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

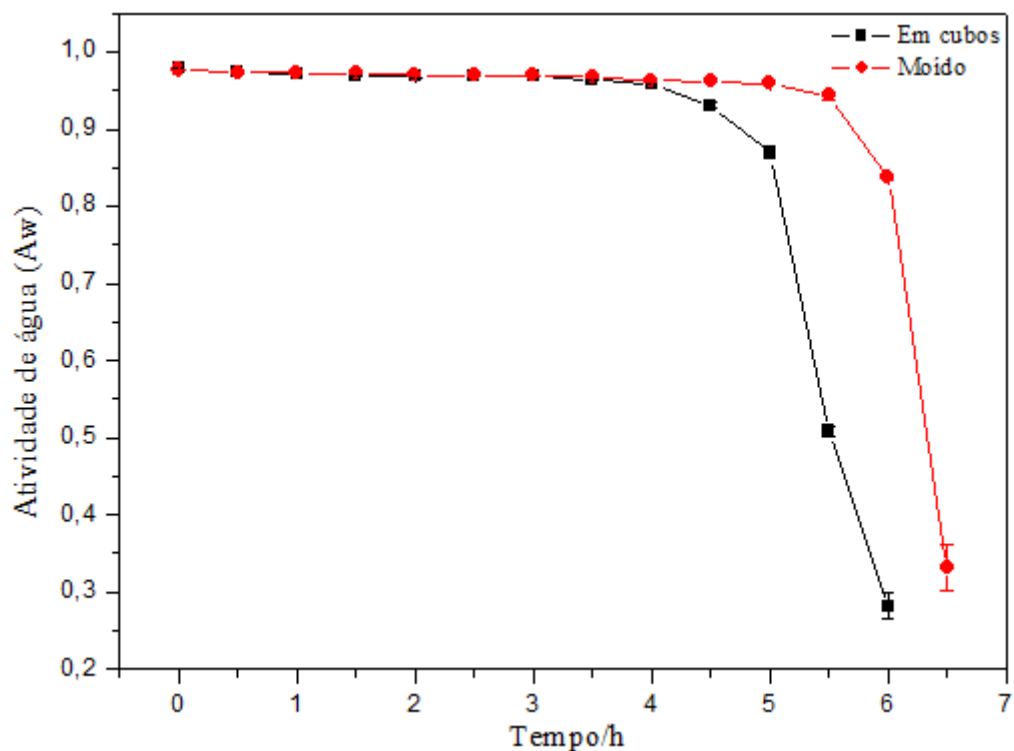
Pode ser observado na Figura 4 e 5 que ao final da secagem, as atividades de água variaram entre 0,15 e 0,35 para todos os ensaios.

O comportamento das curvas não seguiu como relatado na literatura para a maioria das amostras, onde a atividade de água, como as curvas de Xbs, decrescem desde as primeiras medidas, mantendo-se constante no final do processo (SILVA et al., 2008; KOTOVICZ, 2011; LIMA et al., 2008). Contudo, temos que em todos os ensaios realizados, a atividade de água praticamente não se alterou por um longo período, mesmo que a umidade tenha diminuído. Somente nas últimas medidas, ou seja, quando se estava alcançando a umidade de equilíbrio (massa da amostra já estava se mantendo constante), a atividade de água diminuiu bruscamente alcançando valores entre 0,15 e 0,35.

Esse comportamento diferenciado da atividade de água com o tempo de secagem ocorre porque neste tipo de amostra a água se encontra menos ligada, disposta em macrocapilares (diâmetro superior a 1  $\mu\text{m}$ ) e sua retenção é

determinada pelo pH da amostra e pelas forças iônicas entre a água e solutos nela dissolvidos. Assim a água é mais disponível, mais fácil de congelar e de evaporar e sua eliminação reduz a atividade até 0,80 (REID, 2007). Desta maneira enquanto a água é eliminada durante a secagem, a atividade de água não é alterada, pois a água remanescente é praticamente toda água livre e por isso a atividade de água quase não se altera. Como somente no momento final do processo de secagem a atividade de água cai abaixo de 0,8, isso nos mostra que é pequena porção de água de hidratação e que está ligada por pontes de hidrogênio e interações dipolo-dipolo nas camadas mais estruturadas da amostra de gengibre (REID, 2007).

**Figura 5.** Curvas de atividade de água do gengibre em cubos e moído por liofilização.



Média  $\pm$  intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. **Fonte:** Elaborada pelos autores.

### 3.3. Caracterização do gengibre seco

#### 3.3.1. Capacidade de sequestro do radical DPPH

Na Tabela 2 são mostrados os resultados da capacidade de sequestro do radical DPPH para as amostras de gengibre seco.

**Tabela 2.** Capacidade de sequestro do radical DPPH expresso em porcentagem de redução de DPPH por grama de amostra tendo como referência 1 g de DPPH.

Temperatura (°C)	Com circulação forçada de		Sem circulação forçada de	
	Cubos	Moído	Cubos	Moído
50	10,0 ± 1,1 <sup>aA</sup>	7,9 ± 0,9 <sup>bB</sup>	9,8 ± 0,1 <sup>bAB</sup>	8,4 ± 0,1 <sup>bAB</sup>
60	11,2 ± 0,2 <sup>aA</sup>	10,4 ± 0,4 <sup>aA</sup>	10,5 ± 0,1 <sup>bA</sup>	7,0 ± 1,1 <sup>bB</sup>
70	10,7 ± 0,8 <sup>aB</sup>	11,0 ± 0,7 <sup>aB</sup>	10,7 ± 0,1 <sup>bB</sup>	12,9 ± 0,5 <sup>aA</sup>
80	12,0 ± 0,3 <sup>aA</sup>	12,1 ± 0,4 <sup>aA</sup>	11,9 ± 0,7 <sup>aA</sup>	12,4 ± 0,3 <sup>aA</sup>

Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma coluna e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

Como mostrado na Tabela 2, a capacidade de sequestro de DPPH não se diferiu estatisticamente entre as amostras em cubo, secas em estufa com circulação de ar nas diferentes temperaturas. Entretanto, para amostra moída foi obtido um valor menor na temperatura de 50°C do que nas demais.

Para a estufa sem circulação de ar, o aumento da temperatura permitiu que as amostras apresentassem maior capacidade de sequestro de DPPH independente da forma da amostra. Esses resultados também foram maiores quando comparados com a amostra *in natura*, que tem valor de 6,5% (Tabela 1).

Para a amostra em cubos, independente da secagem com ou sem circulação de ar, os resultados nas diferentes temperaturas oscilam menos. Os resultados obtidos na maior temperatura, para todas as amostras e processos foi estatisticamente igual, assim a variação da capacidade de sequestro do radical



DPPH se deve exclusivamente aos baixos valores obtidos quando as amostras foram secas em menores temperaturas, principalmente para as amostras moídas.

Na literatura é relatado que em temperaturas elevadas, os compostos antioxidantes tendem a degradar-se (DECKER et al., 2005), porém, os resultados na Tabela 2 mostraram o contrário. Este fenômeno ocorre devido o produto secar mais rapidamente em temperaturas maiores, diminuindo a exposição dos compostos antioxidantes ao oxigênio da atmosfera e diminuindo o tempo de exposição ao calor. Além disso, é possível que os compostos com atividade antioxidante presentes no gengibre sejam mais sensíveis ao oxigênio (oxidação) do que a temperatura.

De acordo com Borguini (2006), existem relatos que os procedimentos de preservação de alimentos podem ser responsáveis pelo decréscimo ou aumento da atividade antioxidante, e isso depende de vários fatores como: estrutura química e potencial de oxirredução de compostos antioxidantes, sua localização na matriz da amostra, possíveis interações com outros compostos. O tratamento térmico, embora seja considerado um das causas da redução de antioxidantes naturais, pode induzir à formação de compostos antioxidantes, como por exemplo, aqueles que são formados durante a reação de Maillard. Além disso, o tratamento térmico pode induzir a ruptura da parede celular aumentando a biodisponibilidade de compostos com atividade antioxidante (BORGUINI, 2006). Para as amostras liofilizadas foi observado um potencial de sequestro do radical DPPH de  $13,5 \pm 0,2$  e  $12,3 \pm 0,2\%$  para amostras em cubos e moídas, respectivamente. Houve uma tendência de aumento para amostras em cubos, pois neste caso o interior da amostra fica mais protegido da atmosfera. Essa diferença na capacidade de sequestro de DPPH das amostras secas em estufa e liofilizadas se deve a maior preservação dos compostos com atividade antioxidante devido o processo de liofilização ter sido realizado em

baixa temperatura e sob vácuo (sem oxigênio). É importante ressaltar que mesmo sob baixas temperaturas a liofilização consegue aumentar a disponibilidade de compostos antioxidantes a ponto de que a combinação de aumento de disponibilidade e preservação faz das amostras secas sob este processo ter maior capacidade de sequestro de DPPH.

### 3.3.2. Acidez titulável

Na Tabela 3 são mostrados os resultados de acidez titulável das amostras moídas e em cubo secas em estufa com e sem circulação forçada de ar. Os dados foram expressos em miliequivalente de base por 100 g de amostra.

**Tabela 3.** Acidez titulável (miliequivalentes de base/100 g de amostra) das amostras de gengibre secas em estufa.

Temperatura	Com circulação forçada de ar		Sem circulação forçada de ar	
	Cubos	Moído	Cubos	Moído
50	14,3 ± 0,7 <sup>ba</sup>	15,0 ± 0,4 <sup>ba</sup>	15,6 ± 0,2 <sup>ba</sup>	13,0 ± 0,5 <sup>bb</sup>
60	16,6 ± 0,6 <sup>aa</sup>	15,6 ± 1,0 <sup>abAB</sup>	15,4 ± 0,3 <sup>bb</sup>	14,2 ± 0,8 <sup>bb</sup>
70	14,0 ± 0,4 <sup>ba</sup>	15,7 ± 0,2 <sup>abA</sup>	12,9 ± 0,9 <sup>ca</sup>	16,2 ± 3,1 <sup>abA</sup>
80	16,2 ± 0,3 <sup>ac</sup>	16,8 ± 0,3 <sup>aBC</sup>	24,0 ± 1,1 <sup>aa</sup>	20,5 ± 2,6 <sup>aAB</sup>

Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma coluna e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

Como mostrado na Tabela 3, a acidez das amostras de gengibre secas tendem aumentar com a temperatura de secagem, isso é observado tanto para a amostra moída. Porém, na estufa sem circulação de ar, a acidez é maior quando comparada com a estufa com circulação de ar. Acredita-se que isso acontece devido ao processo de oxidação de compostos orgânicos na amostra, principalmente de moléculas alifáticas com grupo OH (álcool primário). Os grupos OH em moléculas alifáticas são oxidados à aldeído e pôr fim em ácido carboxílico, sendo esse o estado mais oxidado de compostos orgânicos (MCMURRY, 2008). Tendo isso em

vista, essa pode ser uma explicação do aumento da acidez das amostras após secas. Além disso, a ruptura das paredes celulares no processo de secagem também pode ter causado um aumento da disponibilidade de compostos com características ácidas (BORGUINI, 2006). Para as amostras liofilizadas em cubo e moída foram obtidos  $18,1 \pm 0,3$  e  $15,0 \pm 0,3$  miliequivalentes de base para 100 g de amostra, respectivamente. Para os três métodos de secagem aplicados, as amostras em cubos apresentaram maior valor de acidez. Entretanto esse parâmetro somente foi muito diferente da amostra *in natura* ( $14,0 \pm 0,4$ ) para a amostra seca em estufa sem circulação forçada de ar. A diferença de acidez da amostra *in natura* com relação as amostras secas aos outros processos de secagem ocorre devido a maior exposição da amostra ao calor e ao vapor de água, pois as amostras mais ácidas são aquelas secas em maior temperatura, principalmente em estufa sem circulação forçada de ar.

### **3.3.3. Compostos fenólicos**

Durante o processamento de alimentos, geralmente ocorre a degradação de nutrientes lábeis e compostos bioativos levando a alterações na composição nutricional dos alimentos. Os principais fatores que contribuem para essas alterações são a temperatura, luz, oxigênio, umidade, pH, agentes oxidantes e redutores e a presença de íons metálicos, sendo que esses fatores dependem do tipo de processo que o alimento é submetido (CORREIA et al., 2008).

Na Tabela 4 são mostrados os resultados da determinação de compostos fenólicos realizados nas amostras moídas e em cubo secas em estufa com e sem circulação forçada de ar.

**Tabela 4.** Teor de compostos fenólicos (mg de AG/100 g) em amostras de gengibre.

Temperatura (°C)	Com circulação forçada de ar		Sem circulação forçada de ar	
	Cubos	Moído	Cubos	Moído
50	486 ± 10 <sup>aAB</sup>	492 ± 1 <sup>aA</sup>	497 ± 1 <sup>aA</sup>	468 ± 11 <sup>bB</sup>
60	494 ± 4 <sup>aA</sup>	441 ± 26 <sup>bB</sup>	496 ± 3 <sup>aA</sup>	487 ± 8 <sup>abA</sup>
70	489 ± 6 <sup>aA</sup>	497 ± 5 <sup>aA</sup>	478 ± 9 <sup>aA</sup>	501 ± 14 <sup>aA</sup>
80	480 ± 37 <sup>aA</sup>	474 ± 6 <sup>abA</sup>	486 ± 11 <sup>aA</sup>	477 ± 6 <sup>abA</sup>

Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. AG = ácido gálico. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma coluna e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

Já as amostras liofilizadas apresentaram compostos fenólicos nas concentrações de 515 ± 29 e 507 ± 14 mg de AG/100 g de amostra para o gengibre em cubos e moído respectivamente. Estes valores são maiores, se comparados com os das amostras secas em estufa e também a amostra *in natura* (536 ± 19). Isso acontece devido a amostra liofilizada não ter sido exposta ao calor excessivo e nem ao oxigênio devido a secagem sob vácuo e baixa temperatura, logo, previne a perda dos compostos fenólicos. De acordo com Patras et al. (2011), a redução do teor de compostos fenólicos totais pode ocorrer principalmente devido a ruptura celular e exposição de polifenóis ao oxigênio levando a oxidação não enzimática destes.

É observado na Tabela 4, que o processo de secagem promoveu a perda de compostos fenólicos, apesar de não ser uma perda significativa. De acordo com Damodaran, Parkin e Fennema (2010), o composto fenólico com maior presença no gengibre é o gingerol, sendo esse sensível ao calor, entretanto foi observado neste estudo, que o aumento de temperatura não teve influência definida sobre o teor de polifenóis. As concentrações de compostos fenólicos variaram de forma aleatória em torno de um valor médio, ligeiramente inferior ao da amostra *in natura*. Essa observação pode estar relacionada a temperatura e ao tempo de exposição que não tenham sido suficientes para sua degradação ou a matriz da amostra, que devido as suas características tenha preservado estes compostos.

### 3.3.4. Análise de oxidação lipídica (TBARS)

Os radicais livres resultantes da peroxidação lipídica são substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), dentre as principais tem-se o malonaldeído. A formação de malonaldeído ocorre por meio da quebra de ácidos graxos insaturados, sendo que a dosagem deste composto é um método muito importante para determinar o grau de decomposição lipídica e uma ferramenta para verificar propriedades antioxidantes de determinadas substâncias (PATOCKOVA, et al., 2003).

Na Tabela 5 são mostrados os resultados da análise de oxidação lipídica, representados através do teor de TBARS pela análise da amostra moída e em cubos após secagem em estufa com e sem circulação forçada de ar.

**Tabela 5.** Teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg MDA/ kg) em amostras de gengibre secas.

Temperatura (°C)	Com circulação forçada de		Sem circulação forçada de	
	Cubos	Moído	Cubos	Moído
50	4,8 ± 0,2 <sup>ba</sup>	3,4 ± 0,2 <sup>bb</sup>	4,5 ± 0,2 <sup>ba</sup>	3,3 ± 0,2 <sup>bb</sup>
60	4,9 ± 0,2 <sup>ba</sup>	3,6 ± 0,5 <sup>bb</sup>	4,4 ± 0,2 <sup>baB</sup>	3,6 ± 0,3 <sup>bb</sup>
70	4,8 ± 0,2 <sup>bb</sup>	4,8 ± 0,3 <sup>ab</sup>	6,2 ± 0,7 <sup>ab</sup>	8,6 ± 0,9 <sup>aA</sup>
80	5,6 ± 0,1 <sup>ab</sup>	5,6 ± 0,2 <sup>ab</sup>	6,7 ± 0,5 <sup>ab</sup>	8,2 ± 0,9 <sup>aA</sup>

Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. MDO = malonaldeído. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma coluna e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com Magalhães et al. (1997), na composição química do rizoma de gengibre pode ser encontrado de 3 a 8% de lipídios, além de 1 a 3% de óleos essenciais quando secos, logo, isso mostra a necessidade de avaliar a oxidação de lipídios e explica os resultados obtidos.

A partir dos resultados apresentados pela Tabela 5 é observado que a oxidação lipídica no gengibre aumenta com a temperatura, pois em altas temperaturas o mecanismo de oxidação lipídica apresenta alterações significativas,

levando a ocorrência de reações laterais (polimerização, ciclização e cisão), normalmente irrelevantes em temperatura normal de armazenamento (SILVA, BORGES e FERREIRA, 1998).

É observado que para a estufa com circulação forçada de ar a oxidação de lipídios é menor comparada com a estufa sem a circulação de ar. Uma hipótese é que durante a secagem parte do malonaldeído formado seja perdido devido sua volatilização, efeito mais intenso na estufa com circulação de ar. Contudo, para a estufa sem circulação de ar o malonaldeído fica retido dentro da estufa, concentrando essas substâncias na amostra e, por consequência, aumentando o nível de TBARS.

Outra observação importante foi que para a amostra moída o nível de TBARS nas temperaturas de 50 e 60°C foi menor comparado com a amostra *in natura*. Esse fato pode ser consequência da maior exposição da amostra a atmosfera quente, maior tempo de aquecimento o que pode ter ocasionado maior volatilização das TBARS.

Ao contrário do que foi recém exposto como explicação para o aumento de TBARS, existe a possibilidade de que o aumento da temperatura acelere a oxidação de lipídeos e que na estufa sem circulação forçada de ar, a atmosfera saturada de vapor de água acelere o processo. Entretanto são necessários mais estudos a fim de comprovar qual destas suposições seja responsável pelos resultados obtidos.

Para as amostras de gengibre liofilizadas foram obtidos valores de  $4,51 \pm 0,1$  e  $4,54 \pm 0,28$  mg de MDA/kg para a amostra em cubo e moída, respectivamente. Logo, observamos que para este processo de secagem praticamente não houve diferença no nível de TBARS devido a forma da amostra. Além disso, se comparado com o nível de TBARS da amostra *in natura* ( $4,30 \pm 0,01$ ) com as amostras secas, o

processo de liofilização, ao contrário da secagem em estufas, não promoveu um aumento significativo de TBARS.

### 3.3.5. Cor

A cor é um atributo muito importante quando se refere aos alimentos desidratados. Por isso foram realizadas análises de cor da amostra moída e em cubo, seca em estufa com e sem circulação forçada de ar e assim observar as mudanças decorridas do processo de secagem. Serão apenas apresentados os resultados para a temperatura mínima e máxima avaliada. Na Tabela 6 são mostrados os resultados para o parâmetro L\*, que representa a luminosidade da amostra, que varia de 0 a 100.

**Tabela 6.** Parâmetros de cor L\* (Luminosidade), C\* (Saturação) e H (Tonalidade) em amostras de gengibre secas.

Temperatura (°C)	Com circulação de ar		Sem circulação de ar	
	Cubos	Moído	Cubos	Moído
<b>Parâmetro L*</b>				
50	54,2 ± 0,1 <sup>aB</sup>	60,5 ± 0,3 <sup>aA</sup>	55,5 ± 1,0 <sup>aB</sup>	61,5 ± 0,2 <sup>aA</sup>
80	49,7 ± 0,6 <sup>bB</sup>	59,5 ± 1,0 <sup>aA</sup>	53,4 ± 3,0 <sup>aB</sup>	58,6 ± 0,6 <sup>bA</sup>
<b>Parâmetro C*</b>				
50	19,2 ± 1,6 <sup>bB</sup>	21,5 ± 1,0 <sup>bAB</sup>	21,9 ± 1,0 <sup>bAB</sup>	23,7 ± 0,5 <sup>bA</sup>
80	23,2 ± 0,4 <sup>aB</sup>	25,7 ± 0,5 <sup>aAB</sup>	23,4 ± 1,5 <sup>aAB</sup>	26 ± 0,7 <sup>aA</sup>
<b>Parâmetro H</b>				
50	70,7 ± 1,6 <sup>aB</sup>	75,1 ± 1,0 <sup>aA</sup>	71,0 ± 0,4 <sup>aB</sup>	74,9 ± 0,2 <sup>aA</sup>
80	70,0 ± 0,4 <sup>aC</sup>	76,0 ± 0,5 <sup>aA</sup>	71,0 ± 0,4 <sup>aC</sup>	74,0 ± 0,4 <sup>aB</sup>

Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma coluna e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 6 é possível observar que em geral houve uma variação aleatória do parâmetro L\* quando a temperatura foi aumentada de 50°C para 80°C. Porém quando comparando com amostra *in natura* (58,0 ± 0,7) observamos que as

amostras secas sob o formato de cubos apresentaram luminosidade menor do que a amostra *in natura* e a seca já moída.

Quando comparada a luminosidade das amostras *in natura* e secas em estufa com aquelas secas por liofilização foi observado o aumento significativo deste parâmetro o qual foi de  $75,1 \pm 1,0$  e  $75,2 \pm 0,6$  para o gengibre em cubo e moído, respectivamente quando seco por liofilização. Essa característica do gengibre seco por liofilização pode estar associada ao congelamento prévio da amostra, visto que as amostras secas nas estufas foram ao equipamento na temperatura ambiente, já a amostra liofilizada foi resfriada a  $-80^{\circ}\text{C}$  e todo o processo de secagem foi realizado com a amostra congelada. Além disso, na secagem por estufa, a ação da temperatura e oxigênio pode ter favorecido a reação de Maillard a qual leva a formação de melanoidinas, que tem coloração marrom e provocam a diminuição da luminosidade (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Quando seco por liofilização, a baixa temperatura diminui consideravelmente a velocidade de reações como a de Maillard, e assim há um aumento da luminosidade da amostra quando seca comparada com a amostra *in natura*. O aumento da luminosidade do gengibre seco pode ser visualizada na Figura 6.

É observada a tendência de aumento do parâmetro C com o aumento da temperatura de secagem. Contudo, quando estes resultados são comparados com o da amostra *in natura* ( $28,0 \pm 1,4$ ), foi observado que as amostras secas apresentaram valores menores. Sendo assim, é possível concluir que nas amostras *in natura* a cor é mais intensa do que as amostras secas, isso pode ser confirmado na Figura 6.



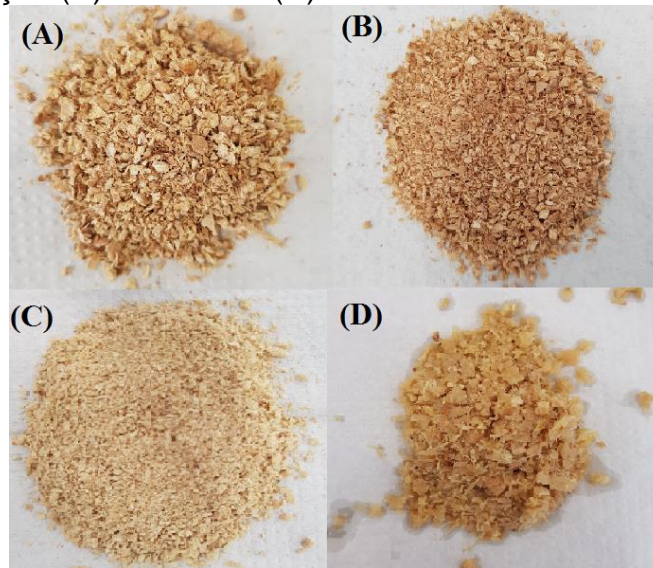
Quanto ao tipo de estufa utilizada, não houve diferença significativa nos resultados, mostrando que a cor final é aproximadamente a mesma independente do método de secagem.

Para as amostras liofilizadas os valores do parâmetro  $C^*$  foram de  $24,0 \pm 0,2$  e  $26,6 \pm 0,4$  para a amostra em cubo e moída, respectivamente. Com isso é possível observar que a saturação do gengibre seco por liofilização é intermediária a do gengibre seco por estufa e *in natura*. Também foi observado que as amostras secas moídas apresentaram maior saturação, o que provavelmente está relacionado a exposição a atmosfera, oxidação e reação de Maillard.

A tonalidade varia de entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , quanto mais próximo de  $90^\circ$ , mais intensa será a cor amarela e quanto mais próxima de  $0^\circ$  mais intensa será a cor vermelha. Neste caso não houve alteração significativa da tonalidade ( $H^*$ ) com o aumento da temperatura de secagem. Porém, o parâmetro  $H^*$  tende a diminuir com o aquecimento, isso é comprovado quando comparamos a amostra seca e *in natura* ( $80,0 \pm 1,0$ ).

Para as amostras liofilizadas houve um aumento do parâmetro  $H^*$ , sendo esse de  $88,6 \pm 1,2$  e  $84,1 \pm 1,6$  para a amostra em cubo e moída, respectivamente, sendo que estes valores maiores do que a amostra *in natura*. Com isso, pode-se concluir que a tonalidade do gengibre está mais relacionada com a cor amarela, podendo ser observada nitidamente na Figura 6, o que era o esperado devido o gengibre não possuir nenhuma tendência para a cor vermelha.

**Figura 6.** Amostra de gengibre estufa com circulação (A) e sem circulação forçada de ar (B), liofilização (C) e *in natura* (D).



**Fonte:** Elaborada pelos autores.

#### 4. CONCLUSÃO

O processo de secagem foi eficiente para facilitar o armazenamento, pois reduz o volume, a massa e o custo para manutenção da qualidade. No estudo da cinética de secagem nos diferentes equipamentos, foi verificado que a umidade de equilíbrio foi alcançada em menor tempo para a estufa com circulação forçada de ar. Para ambas as estufas houve diferença nos tempos de secagem quando comparada a forma de apresentação da amostra, sendo que o gengibre moído secou mais rapidamente que o gengibre em cubos. Foi observado o aumento da velocidade de secagem com o aumento da temperatura. Na liofilização o tamanho das partículas da amostra não influenciou o tempo de secagem, ambos alcançaram a umidade de equilíbrio no mesmo tempo.

A capacidade de sequestro do radical DPPH tende a aumentar com a temperatura nas amostras secas em estufa sem circulação de ar. Para as amostras liofilizadas observou-se maior capacidade de sequestro do radical DPPH comparado tanto com as amostras secas nas estufas e com a amostra *in natura*.

O processo de liofilização não degradou os compostos fenólicos. Além disso, para as amostras secas em estufas, observou-se que as amostras em cubos preservaram mais essa característica, contudo, os resultados foram muito semelhantes ao das amostras moídas. Os valores de TBARS aumentaram com a temperatura de secagem, sendo que foram maiores para a estufa sem circulação de ar. Além disso, a amostra liofilizada apresentou valores semelhantes ao da amostra *in natura*. Após o processo de secagem, a amostra de gengibre apresentou maior luminosidade, menor saturação e maior tendência a cor amarela em relação a amostra *in natura*. Contudo foi observado que independente do processo de secagem, não houve tantas alterações nas características da amostra. Assim o processo de secagem em estufa com circulação de ar a 80°C é recomendado por ser mais rápido.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

AN, K.; ZHAO, D.; WANG, Z.; WU, J. XU, Y.; XIAO, G. Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure. **Food Chemistry**, v. 197, pp. 1292-1300, 2016.

ANDREO, D.; JORGE, N. Capacidade Antioxidante e Estabilidade Oxidativa de Gengiber officinale. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**. v.1, p.33-7, 2011.

BARBOSA, E. D. **Secagem do extrato aquoso de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) pelo método de camada de espuma**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Alimentos, Campo Mourão, PR, 2016.

BEAL, B. H. **Atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos do gengibre (*Zingiber Officinale* Roscoe)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Ciência dos Alimentos, 2006.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas aracterísticas físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. Tese de Doutorado, São Paulo – SP, 2006.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. **Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe)**. Porto Velho- RO, 2001.

BUCIC-KOJIC, A.; PLANINIC, M.; TOMAS, S.; BILIC, M.; VELIC, D. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grapes seeds. **Journal of Food Engineering**, Davis, v.81, n.1, p.236-242, 2007.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**; 4 ed. – Porto Alegre: Artmed, 2010.

DECKER, E. A.; WARNER, K.; RICHARDS, M. P.; SHAHIDI, F. Measuring Antioxidant Effectiveness in Food. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 53, n.10, 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Artmed, 2006.

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

FOUST, A.S.; CLUMP, C.W.; WENZEL, L.A. **Princípios de Operações Unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 1982. 670 p

GAVA, A. J **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984.

GRANDO, R. C. **Caracterização química de diferentes partes da fruta de guabiroba (*Campomanesia Xanthocarpa* Berg) e viabilidade de utilização em produtos alimentícios**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2015.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Unit operations in food engineering**. Press LCL: Washington, 2003.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. São Paulo. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, I.O.E., p.245-266, 1985.

KAUR C, KAPOOR H. C. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science & Technology** v. 37 p. 53-61.

KOTOVICZ, V. **Otimização da desidratação do Yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Fronteira Sul, Curitiba - PR, 2011.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; FERRARI, T. B. Aproveitamento do gengibre (*Zingiber Officinale*) de qualidade inferior como matéria-prima amilácea. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu, v. 1, p. 9-18, outubro, 2005.

LIMA, E. E.; SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Estudo das isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.163-170, 2008 2008.

LIPPINCOLT, W. K. R., **The Science & Practice of Pharmacy**, Parenteral Preparation, 20th ed, ISE publication, Philadelphia. 2000, 1, 804-819.

LISSA, S.L. Cultura do Gengibre. **EMATER/PR**, Curitiba, p. 12. 1996.

MAIZURA, M.; AMINAH, A.; WAN AIDA, W. M. Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. **International Food Research Journal**, v. 18, n. 2, 2011.

MASUDA, Y. et al. Antioxidant properties of gingerol related compounds from ginger. **Bio Factors**, n. 21, p. 293-296, 2004.

MCMURRY, J., **Química Orgânica**, v. 2, 6<sup>o</sup> ed: Thomson, 2005.

MESOMO, M. C. **Obtenção de extrato de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) usando CO<sub>2</sub> supercrítico e propano comprimido: cinética de extração e atividade biológica**. 2013. 79 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba, 2013.

NEGRELLE, R. R. B.; ELPO, E. R. S. ***Zingiber officinale* Roscoe: Aspectos botânicos e ecológicos**. Visão Acadêmica, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 27-32, 2004.

PARK, K. J., ANTONIO, G. C., OLIVEIRA, R. A., PARK, K. J. B. **Conceitos de Processo e Equipamentos de Secagem**. Campina: UNICAMP, março 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, Dec. 2001.

PATOCKOVA, J; KRIAK, M.; MARHOL, P.; TUMOVA, E. Cerebrolysin Inhibits Lipid Peroxidation Induced by Insulin Hypoglycemia in the Brain and Heart of Mice. **Physiological Research**, vol. 52, n. 4 p. 455-460, 2003.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; TIWARI, B. K.; BUTLER, F. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 7, p. 1245-1252, 2011.

PEREIRA, M. G. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2009.

PRATO, T. S. **Influência da secagem sobre compostos medicinais e de pungência do gengibre**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2010.

REID, D. S. **Water Activity: Fundamentals and Relationships**. In: Water activity in foods. BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. 1ª Ed., Editora Blackwell Publishing Ltd: Iowa USA, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2007.

SACCHETTI, G. et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of diferente origin as functional antioxidants, antiradical sand antimicrobials in foods. **Food Chemistry**, n. 91, p. 621-632, 2005.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Quimica Nova**, v. 1, p. 22, 1999.

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, M. M. Demanda energética envolvida no processo de desorção de umidade em polpa de manga. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, p. 107, 2002.

SOUSA, M. M. D.; RODRIGUES, L. L.; SILVA, J. N.; LIMA, A. Compostos fenólicos e atividade antioxidante in vitro do extrato seco do gengibre (*Zingiber officinale*). **Sociedade brasileira para o progresso da ciência**. 2013.

MAGALHÃES, T. M.; KOKETSU, M. GONÇALVES, S. L. CORNEJO, F. E. P.; MARQUES, L. M. R. Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) brasileiro: aspectos gerais, óleo essencial e oleoresina. Parte 2 – Secagem, óleo essencial e oleoresina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, p. 132-136, mai./ago., 1997.



YADAV, S. et al. *Zingiber officinale* Roscoe: A Monographic Review Research & Reviews: **Journal of Botany**, v. 1, n. 1, p. 45-50, 2012.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the association of the official analytical chemists**. 18.ed. Washington: AOAC, 2007. 1750p.

ZANCAN, K. C. et al. Extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) oleoresin with CO<sub>2</sub> and co-solvents: a study of the antioxidante action of the extracts. **Journal of Supercritical Fluids**, n. 24, p. 57-76, 2002.

## **ANEXO 1. Normas da Revista Brazilian Journal of Food Technology.**

### **INSTRUÇÃO AOS AUTORES**

#### **1. ESTILO E FORMATAÇÃO**

##### **1.1. FORMATAÇÃO.**

- Editor de Textos Microsoft WORD 2010 ou superior, não protegido.
- Fonte Arial 12, espaçamento duplo entre linhas. Não formate o texto em múltiplas colunas.
- Página formato A4 (210 x 297 mm), margens de 2 cm.
- Todas as linhas e páginas do manuscrito deverão ser numeradas sequencialmente.
- A itemização de seções e subseções não deve exceder 3 níveis.
- O número de páginas, incluindo Figuras e Tabelas no texto, não deverá ser superior a 20 para Artigos Científicos Originais e de Revisão e a 9 para os demais tipos de documento. Sugerimos que a apresentação e discussão dos resultados seja a mais concisa possível.
- Use frases curtas.

**1.2. UNIDADES DE MEDIDAS:** Deve ser utilizado o Sistema Internacional de Unidades (SI) e a temperatura deve ser expressa em graus Celsius.

**1.3. 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. Fotografias devem ser designadas como Figuras. A localização das Tabelas e Figuras no texto deve estar identificada.

As TABELAS devem ser editadas utilizando os recursos próprios do editor de textos WORD para este fim, usando apenas linhas horizontais. Devem ser autoexplicativas e de fácil leitura e compreensão. Notas de rodapé devem ser indicadas por letras

minúsculas sobrescritas. Demarcar primeiramente as colunas e depois as linhas e seguir esta mesma sequência para as notas de rodapé.

As FIGURAS 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 (300 dpi), para que sejam facilmente interpretadas. As fotos devem estar na forma de arquivo JPG ou TIF. As Figuras devem ser enviadas (File upload) em arquivos individuais, separadas do texto principal, na submissão do manuscrito. Estes arquivos individuais devem ser nomeados de acordo com o número da figura. Ex.: Fig1.jpg, Fig2.tif etc.

1.4. EQUAÇÕES: As equações devem aparecer em formato editável e apenas no texto, ou seja, não devem ser apresentadas como figura nem devem ser enviadas em arquivo separado.

Recomendamos o uso do MathType ou Editor de Equações, tipo MS Word, para apresentação de equações no texto. Não misture as ferramentas MathType e Editor de Equações na mesma equação, nem tampouco misture estes recursos com inserir símbolos. Também não use MathType ou Editor de Equações para apresentar no texto do manuscrito variáveis simples (ex.,  $a=b^2+c^2$ ), letras gregas e símbolos (ex.,  $\alpha$ ,  $\infty$ ,  $\Delta$ ) ou operações matemáticas (ex.,  $x$ ,  $\pm$ ,  $\geq$ ). Na edição do texto do manuscrito, sempre que possível, use a ferramenta “inserir símbolos”.

Devem ser citadas no texto e numeradas em ordem sequencial e crescente, em algarismos arábicos entre parênteses, próximo à margem direita.

1.5. ABREVIATURAS e SIGLAS: As abreviaturas e siglas, quando estritamente necessárias, devem ser definidas na primeira vez em que forem mencionadas. Não use abreviaturas e siglas não padronizadas, a menos que apareçam mais de 3 vezes no texto. As abreviaturas e siglas não devem aparecer no Título, nem, se possível, no Resumo e Palavras-chave.

## 2.6 NOMENCALTURA:

Reagentes e ingredientes: preferencialmente use o nome internacional não-proprietário (INN), ou seja, o nome genérico oficial.

Nomes de espécies: utilize o nome completo do gênero e espécie, em itálico, no título (se for o caso) e no manuscrito, na primeira menção. Posteriormente, a primeira letra do gênero seguida do nome completo da espécie pode ser usado.

## 2. ESTRUTURA DO ARTIGO.

PÁGINA DE ROSTO: título, título abreviado, autores/filiação (deverá ser submetido como Title Page).

2.1. TÍTULO: Deve ser claro, preciso, conciso e identificar o tópico principal da pesquisa. Usar palavras úteis para indexação e recuperação do trabalho. Evitar nomes comerciais e abreviaturas. Se for necessário usar números, esses e suas unidades devem vir por extenso. Gênero e espécie devem ser escritos por extenso e itálico; a primeira letra em maiúscula para o gênero e em minúscula para a espécie. Incluir nomes de cidades ou países apenas quando os resultados não puderem ser generalizados para outros locais. Deve ser escrito em caixa alta e não exceder 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.

2.2. TÍTULO ABREVIADO (RUNNING HEAD): Deve ser escrito em caixa alta e não exceder 50 caracteres, incluindo espaços.

2.3. 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 completa (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.

Para o autor de correspondência:

Nome completo (\*autor correspondência)

Instituição/Departamento (Nome completo da Instituição de filiação quando foi realizada a pesquisa)

Endereço postal completo (Logradouro/CEP / Cidade / Estado / País)

Telefone

e-mail (não utilizar os provedores hotmail e uol no cadastro do autor de correspondência, pois o sistema de submissão online ScholarOne, utilizado pela revista, não confirma a solicitação de envio de e-mail feita por estes provedores)

Para co-autores:

Nome completo

Instituição/Departamento (Nome completo da Instituição de filiação quando foi realizada a pesquisa)

Endereço (Cidade / Estado / País)

e-mail

DOCUMENTO PRINCIPAL: título, resumo, palavras-chave, texto do artigo com a identificação de figuras e tabelas

Artigo científico original, nota científica e relato de caso deverão conter os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões; Agradecimentos (se houver) e Referências.

Artigo de revisão bibliográfica deverá conter os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Introdução e Desenvolvimento (livre); Conclusão; Agradecimentos (se houver) e Referências.

A estruturação dos demais tipos de documentos é livre.

2.4. 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 2.000 caracteres (incluindo espaços). Não usar abreviaturas e siglas. Os artigos em português ou espanhol devem também apresentar Resumo em inglês e os artigos em inglês devem incluir também o Resumo em português.

2.5. PALAVRAS-CHAVE: Devem ser incluídas no mínimo 6, logo após o Resumo e Abstract, até no máximo 10 palavras indicativas do conteúdo do trabalho, que possibilitem a sua recuperação em buscas bibliográficas. Não utilizar termos que apareçam no título. Usar palavras que permitam a recuperação do artigo em buscas abrangentes. Evitar palavras no plural e termos compostos (com "e" e "de"), bem como abreviaturas, com exceção daquelas estabelecidas e conhecidas na área. 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..

2.6. 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.

2.7. 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.

2.8. 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.

2.9. 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.

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

## 2.11. REFERÊNCIAS.

### 2.11.1 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).

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:

“[...] 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 EGATTO, 1995).

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

### 2.11.2 Referência.

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.
- Citar o nome de todos os autores nas Referências, ou seja, não deve ser usada a expressão “et al.”
- 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](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 olerícolas. 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 EUROPÉIA. 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