



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

CRISTIAN JOSÉ CRISTOFEL

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SECAGEM E FORMAS DE
FRACIONAMENTO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GENGIBRE
(*Zingiber officinale* ROSCOE) DESIDRATADO**

LARANJEIRAS DO SUL

2018

CRISTIAN JOSÉ CRISTOFEL

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SECAGEM E FORMAS DE
FRACIONAMENTO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GENGIBRE
(*Zingiber officinale* ROSCOE) DESIDRATADO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof.º Dr.º Luciano Tormen

LARANJEIRAS DO SUL

2018

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Cristofel, Cristian José
INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SECAGEM E FORMAS DE
FRACIONAMENTO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GENGIBRE
(Zingiber officinale ROSCOE) DESIDRATADO / Cristian José
Cristofel. -- 2018.
79 f.:il.

Orientador: Doutor Luciano Tormen.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos-PPGCTAL, Laranjeiras do Sul, PR
, 2018.

1. Secagem. 2. Gengibre. 3. Atividade antioxidante.
4. Compostos bioativos. 5. óleos essenciais. I. Tormen,
Luciano, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

CRISTIAN JOSÉ CRISTOFEL

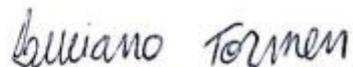
INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SECAGEM E FORMAS
DE FRACIONAMENTO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GENGIBRE
(*Zingiber Officinale* ROSCOE) DESIDRATADO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

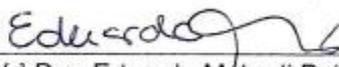
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

22, 11, 2018

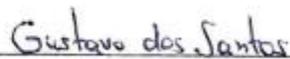
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Tormen
Orientador



Prof.^a Dra. Eduarda Molardi Bainy – UFFS



Prof. Dr. Gustavo Henrique Fidelis dos Santos – UFFS

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por acreditarem em mim e estarem sempre ao meu lado. Obrigado pelo amor, paciência e incentivo, serão meus eternos guias.

Aos meus irmãos João Paulo e Suelen pelo eterno incentivo e exemplos de superação.

À minha companheira Mayara, pessoa com quem amo partilhar a vida. Com você tenho me sentido mais vivo de verdade. Obrigado pelo carinho, a paciência e por sua capacidade de me trazer paz na correria do dia-a-dia. Sou muito grato por ter você ao meu lado.

Ao meu orientador Luciano Tormen por toda a paciência, incentivo e disponibilidade de tempo dedicado no desenvolvimento dos trabalhos. Sentirei-me eternamente grato e definitivamente é e continuará sendo um exemplo de pessoa para mim.

Aos professores membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite para contribuir valiosamente com o trabalho.

Às minhas colegas tanto de graduação quanto de mestrado Naiane e Remili pelo apoio e auxílios nas atividades laboratoriais.

Aos técnicos de Laboratório que sempre se prontificaram e auxiliaram nas necessidades intercorrentes das pesquisas.

A todos os professores do curso de Engenharia de Alimentos e do programa de pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFFS, pela amizade e colaboração.

A todos os meus amigos, muito obrigado do fundo do meu coração, pois são os amigos que tornam a vida mais leve e agradável.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O gengibre, rizoma da *Zingiber Officinale* Roscoe, é amplamente comercializado para uso nas indústrias de alimentos, química e farmacêutica, principalmente na forma desidratada e em pó. Para isso, é necessário que a matéria-prima passe por um processo de secagem, o qual pode influenciar significativamente em suas características, sendo assim, durante a secagem é necessário levar em consideração às condições mais desejáveis do produto, do ponto de vista de manutenção de seus constituintes. Este trabalho propôs investigar o processo de desidratação do gengibre sob três diferentes métodos de fracionamento: inteiro, fatiado e ralado; e submetido a três diferentes processos de secagem: estufa com circulação e renovação de ar forçado (CC) e sem circulação e renovação de ar forçado (SC), ambos para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, e liofilização. Os dados obtidos permitiram a construção das curvas de secagem $X_b(t)$: conteúdo de umidade de um material ((kg do produto – kg massa seca) / (kg massa seca)) e das curvas de $A_w(t)$: atividade de água em função do tempo. As amostras desidratadas pelos diferentes processos e *in natura* foram analisadas quanto à cor, compostos fenólicos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), acidez titulável, capacidade de sequestro do radical DPPH, e composição química dos óleos essenciais, obtidos por hidrodestilação. Os resultados mostraram que o tempo de secagem variou de 3,7 a 30,2 horas, e foi dependente da metodologia utilizada e da temperatura de processo, em que as mais altas atingindo umidades mais baixas em menor tempo, como também, que a circulação de ar e o fracionamento da amostra influenciaram na redução do tempo de desidratação do gengibre. O fracionamento da amostra também reduziu o tempo de secagem para todos os processos. Para a análise de cor, as diferentes temperaturas do processo não proporcionaram alterações significativas, entretanto, quanto mais fracionada a amostra, menor a luminosidade (L^*), tendência para a coloração vermelha (H^*) e aumento da intensidade da cor (C^*). Já na liofilização, o fracionamento da amostra não influenciou na cor. Nas análises de compostos fenólicos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, acidez titulável e capacidade de sequestro do radical DPPH, verificou-se que quanto menor a temperatura, menor o fracionamento da amostra e com circulação de ar forçado, geraram resultados mais próximos aos obtidos para a amostra *in natura*, preservando os compostos bioativos. Os resultados do melhor método em estufa foram semelhantes aos obtidos por liofilização. O rendimento na extração dos óleos essenciais do gengibre por hidrodestilação variou de 1,53 a 1,64%. Observou-se que em todos os processos de secagem analisados houve alteração na composição do óleo, quando comparado com a amostra *in natura*, sendo que quanto maior a temperatura e maior o fracionamento da amostra, maior foi a alteração. Houve a concentração e a perda de alguns compostos bem como a formação de outros.

Palavras-chaves: secagem, gengibre, atividade antioxidante, compostos bioativos, óleos essenciais.

ABSTRACT

Ginger, rhizome of *Zingiber Officinale* Roscoe, is widely marketed for use in the food, chemical and pharmaceutical industries, especially in the dried and powder form. For this, it is necessary that the raw material undergoes a drying process, which can influence significantly its characteristics, so, during drying it is necessary to take into account the most desirable conditions of the product, from the standpoint of maintenance of their constituents. This work proposes to investigate the dehydration process of ginger under three different fractionation forms: whole, sliced and grated; and submitted to three different drying processes: heater with forced air circulation (CC) and heater without forced air circulation (SC), both at temperatures of 50, 60, 70 and 80°C, and freeze-drying. The obtained data allowed the construction of drying curves $X_b(t)$: moisture content of material (kg of product - kg dry mass) / (kg dry mass) and curves of $A_w(t)$: activity of water versus time of dehydration. The samples dehydrated by different processes were analyzed for color, phenolic compounds, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), acidity index, DPPH radical sequestration capacity, and chemical composition of the essential oils obtained by hydrodistillation. The results showed that the drying time ranged from 3.7 to 30.2 hours, and was dependent on the methodology used and the process temperature, in with the highest temperatures reaching lower humidity in a shorter time, as well, as the circulation and fractionation of the sample influenced the reduction of ginger dehydration time. Fractionation of the sample also reduced the drying time for all processes. For the color analysis, the different process temperatures did not provide significant changes, however, the more fragmented the sample, the lower the luminosity (L^*), the tendency for red (H^*) and increase in color intensity (C^*). In the freeze-drying, the fractionation of the sample did not influence the color results. In the analysis of phenolic compounds, thiobarbituric acid reactive substances, acidity index and DPPH radical sequestration capacity, it was found that the lower temperature, the lower sample fractionation and the forced air circulation generated results closer for those of the *in natura* sample, that is, thus preserving the bioactive compounds. The results of the best method in heater were similar to those obtained by freeze-drying. The extraction yield of ginger oil by hydrodistillation ranged from 1.53 to 1.64%. It was observed that in all the drying processes analyzed there was a change in the composition of the oil when compared to the *in natura* sample, and the higher temperature and the larger sample fractionation the greater was the change. There was concentration and loss of some compounds as well as the formation of others.

Keywords: drying, ginger, antioxidant activity, bioactive compounds, essential oils.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1: Ilustração da <i>Zingiber officinale</i> Roscoe..	16
Figura 2: Principais componentes do óleo essencial de gengibre..	19
Figura 3: Curva típica de secagem..	26
Figura 4: Mapa de estabilidade. Velocidade de diferentes reações de acordo com a atividade de água do alimento.....	29
Figura 5: Equipamento Clavenger para a obtenção de óleos essências por hidrodestilação....	31
Figura 6: Gengibre ralado.....	33
Figura 7: Gengibre fatiado.....	34
Figura 8: Gengibre inteiro	34
Figura 9: Representação gráfica $X_{bs}(t)$ para os diferentes métodos de desidratação em estufa e diferentes temperaturas: (CC – estufa com circulação e renovação de ar; SC – estufa sem circulação e renovação de ar).	43
Figura 10: Representação gráfica $X_{bs}(t)$ das diferentes formas de fracionamento do gengibre desidratados em liofilizador.....	45
Figura 11: Representação gráfica da A_w para as diferentes formas de fracionamento do gengibre desidratado nas diferentes temperaturas e na secagem em estufa CC e SC.	48
Figura 12: Representação de A_w para as diferentes formas de fracionamento do gengibre desidratados em liofilizador.....	50
Figura 13: Gengibre em pó obtido após a secagem das diferentes formas de fracionamento das amostras na estufa com circulação de ar (CC), estufa sem circulação de ar (SC) e por liofilização.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1: Características físicas e químicas do gengibre moído <i>in natura</i>	41
Tabela 2: Tempo, em horas, para a obtenção de massa constante para os métodos de desidratação em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC).....	44
Tabela 3 - Tempo, em horas, para a obtenção do valor de atividade de água (Aw) abaixo de 0,3 para os métodos de desidratação em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)	49
Tabela 4: Parâmetros de cor L* (Luminosidade), C* (Saturação) e H (Tonalidade) em amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)	51
Tabela 5: Teor de compostos fenólicos (mg de AG/100 g) em amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)	55
Tabela 6: Percentual de perda de compostos fenólicos para as amostras de gengibre secas, quando comparadas com o valor obtido para a amostra <i>in natura</i>	55
Tabela 7: Teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg MDA/ kg) em amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)	58
Tabela 8: Acidez titulável (mEq/100 g) das amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)	59
Tabela 9: Capacidade de sequestro do radical DPPH dos estratos de gengibre desidratado em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC), expressos pelo coeficiente de eficiência EC50. (g de amostra/g de DPPH).	62
Tabela 10: Rendimento e composição do óleo essencial de gengibre obtidos por Hidrodestilação determinada por cromatografia à gás (CG), para as amostras de gengibre <i>in natura</i> e desidratadas em liofilizado (inteiro), estufa CC (inteiro, fatiado e ralado) na temperatura de 50°C e estufa CC (inteiro) na temperatura de 80°C	64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANOVA	Análise de variância
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
Aw	Atividade de água
BHA	Butilhidroxianisol
BHT	Butilhidroxitolueno
C*	Croma
CC	Estufa com circulação e renovação forçada de ar
CG-MS	Cromatografia em fase gás com espectrofotômetro de massas
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EC ₅₀	[g de amostra (g de DPPH) ⁻¹]
GP	Galato de propila
H*	Ângulo Hue
L*	Luminosidade
LDL	Lipoproteínas de baixa densidade
mEq	Miliequivalentes de base
SC	Estufa sem circulação e renovação forçada de ar
t	Tempo, [min ou h]
T	Temperatura, [°C]
TBHQ	Terc- butilhidroquinona
TBA	Ácido Tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas ao ácido Tiobarbitúrico
Xbs	Umidade em base seca, [g-água (g-matéria seca) ⁻¹]

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL	16
3.1. Gengibre definição e origem.....	16
3.1.1. Comercialização e uso do gengibre	17
3.1.2. Gengibre e seus componentes.....	17
3.1.2.1. Atividade Antioxidante	19
3.1.2.2. Propriedades medicinais e terapêuticas.....	21
3.2. Conservação de Alimentos	24
3.3. Secagem	25
3.3.1. Cinética de Secagem.....	26
3.4. Atividade de água	28
3.5. Extração de Óleos Essenciais.....	30
3.5.1. Extração por hidrodestilação	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1. Matéria-prima	32
4.1.1. Preparo da matéria-prima	32
4.2. Metodologia	35
4.2.1. Caracterização do gengibre <i>in natura</i>	35
4.2.2. Estudo da cinética de secagem e elaboração do gráfico “Xbs x t”	35
4.2.2.1. Secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado	36
4.2.2.2. Secagem por liofilização	36
4.2.3. Determinação da atividade de água (Aw) e elaboração do gráfico “Aw x t”	36
4.2.4. Obtenção do gengibre em pó	37
4.2.5. Análises físicas e químicas do gengibre	37
4.2.5.1. Análise de cor.....	37
4.2.5.2. Determinação dos compostos fenólicos	37
4.2.5.3. Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) ...	38
4.2.5.4. Acidez total titulável	38
4.2.5.5. Capacidade de sequestro do radical DPPH	38
4.2.6. Hidrodestilação.....	39
4.2.7. Análise do Óleo Essencial	40
4.3. Análise Estatística	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1. Caracterização do Gengibre “ <i>In natura</i> ”	41
5.2. Estudo da Cinética de Secagem.	43
5.3. Obtenção das Curvas de “Aw x t”	47
5.4. Caracterização do Gengibre Seco	51
5.4.1. Cor	51
5.4.2. Compostos Fenólicos.....	54

5.4.3.	Análise da Oxidação Lipídica (TBARS).....	57
5.4.4.	Acidez titulável.....	59
5.4.5.	Capacidade de Sequestro do Radical DPPH.....	61
5.4.6.	Composição dos Extratos de Gengibre.....	63
6.	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS:	72

1. INTRODUÇÃO

O gengibre (*Zingiber Officinale* Roscoe) é um cultivar da família das Zingiberáceas, que inclui cerca de 1300 espécies distribuídas em 53 gêneros. É extremamente difundido na medicina popular, havendo relatos de seu cultivo e processamento na China há mais de três mil anos (PRATO 2010). De origem Oriental, sua difusão para os outros continentes se deu com o advento das grandes navegações quando era trazido das Índias juntamente com outras especiarias (MENDES, 2005).

O uso comercial do gengibre se limita aos seus rizomas e abrange os setores alimentício, sendo usado como condimento, na fabricação de bebidas, conservas, molhos e em produtos de padaria e confeitaria, além de também ser usado na indústria de cosméticos, perfumaria e farmacêutico (DABAGUE et al., 2011).

O rizoma do gengibre contém óleos essenciais, composto de monoterpenos, sesquiterpenos e derivados, substância que dão aroma e sabor característico do gengibre e oleoresinas, formado por gingeróis e shogaóis, compostos responsáveis pela pungência. Além de outros constituintes como água, carboidratos, lipídios, ácidos carboxílicos, vitaminas e minerais (MAGALHÃES et al., 1997).

Os compostos presentes nos óleos voláteis apresentam diversas propriedades que os tornam altamente valiosos, seja para fins medicinais, para fins alimentícios, como aromatizantes e corantes, ou para a fabricação de perfumes. (MESOMO, 2013).

Cerca de 2-3% do rizoma de gengibre é de óleo essencial, que é responsável por sua fragrância (ALI et al., 2008). A obtenção de óleos essenciais, extratos e concentrados de gengibre a partir dos rizomas tem despertado o interesse da indústria farmacêutica e cosmética por seus princípios ativos (SASIDHARAN; VENUGOPAL; MENON, 2012).

A desidratação é um processo que proporciona a redução na massa e do volume do alimento processado diminuindo assim os custos de transporte e armazenamento, oferecendo um produto conveniente para o consumidor ou ingredientes mais facilmente manuseáveis para os processadores de alimentos. Além disso, a remoção da água promove a concentração de nutrientes e prolonga a vida de prateleira do produto pela consequente redução da atividade de água (FELLOWS, 2006).

Logo, a desidratação do gengibre constitui uma alternativa de conservação, uma vez que é um alimento com alto teor de água *in natura* (umidade variando entre 80 e 95%) tornando-o suscetível à degradação por ação microbiana (MAGALHÃES et al., 1997). A secagem de alimentos tem também como objetivo a agregação de valor ao produto, entretanto

pode demandar tempo e elevado custo industrial, devido ao elevado consumo de energia. Não só isso, segundo Foust et al. (2008), é necessário levar em consideração às condições mais desejáveis do produto, do ponto de vista do mercado e vendas.

Toda via, é de conhecimento que a secagem envolve o uso de ar a temperaturas relativamente elevadas, que pode introduzir mudanças nas propriedades do produto desidratado, tais como perda de compostos voláteis, degradação e formação de novos compostos, sendo fundamental a execução de estudos a respeito do tema.

O estudo apresentado neste trabalho refere-se a uma pesquisa quantitativa e qualitativa explicativa, acompanhado de um estudo bibliográfico e processamento experimental, com o objetivo de avaliar a viabilidade de algumas metodologias no processo de secagem do gengibre com foco à aplicação industrial. O processo de secagem foi associado com o tempo demandado para desidratação e a degradação dos compostos bioativos, além de uma avaliação da composição dos óleos essenciais obtidos através da extração por hidrodestilação. Com base nesse estudo espera-se contribuir para a adequação das condições operacionais que permitam a obtenção de produtos derivados do gengibre com melhores características sensoriais e medicinais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Levando em consideração o aspecto econômico e a produção nacional de gengibre, matéria-prima largamente utilizada na indústria alimentícia e de fármacos, o objetivo do presente trabalho foi identificar o melhor método de secagem para os rizomas de gengibre, avaliando os diferentes fracionamentos da matéria-prima associado a diferentes métodos de secagem, com o intuito de identificar as características singulares de cada método, do ponto de vista de tempo de secagem e degradação de compostos bioativos.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar a melhor metodologia de secagem entre secagem em estufa com e sem circulação de ar e também por liofilizador.

Comparar os métodos de fragmentação da matéria-prima associados aos diferentes procedimentos de secagem.

Determinar as curvas cinéticas de secagem para as diferentes formas de fragmentação da matéria-prima associado aos métodos de secagem.

Monitorar a atividade de água (A_w) do gengibre durante os procedimentos de secagem e para as diferentes formas de fragmentação da matéria-prima.

Caracterizar o gengibre *in natura*.

Caracterizar o gengibre para os diferentes métodos de secagem associado aos diferentes fracionamentos da matéria-prima, avaliando e quantificando os teores de compostos bioativos no gengibre após a desidratação.

Extrair os óleos essenciais do gengibre *in natura* e após os diferentes processos de secagem.

Analisar os óleos essenciais por cromatografia gasosa (CG - MS).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

3.1. Gengibre definição e origem

O gengibre ou *Zingiber officinale* Roscoe (Figura 1) é uma planta herbácea e perene da família das Zingiberáceas e foi primeiramente descrito, em 1807, pelo botânico inglês William Roscoe (1753-1813) (ELPO e NEGRELLE, 2004). Sua estrutura varia de 30 cm até 150 cm, seus ramos e folhas de coloração verde-escura partem de um caule grosso, duro, tuberoso, articulado e vivaz, denominado rizoma, raiz de gengibre, mangaratá ou mangarataia (MENDES, 2005). Os rizomas têm distribuição horizontal, com ramificações situadas no mesmo plano, embora cresçam subterrâneos, não são considerados como raízes e sim hastes inchadas. As flores acham-se dispostas em espigas presas a hastes especiais que saem diretamente dos rizomas, sendo tubulares, roxas e amarelo-claras. Nem sempre presentes, os frutos têm coloração vermelha e diversas sementes pretas e pequenas (EMBRAPA, 2001; SILVA, 2008; PRATO 2010).



Figura 1: Ilustração da *Zingiber officinale* Roscoe. Fonte: Richard (1992).

O gengibre é originário do Oriente, mais precisamente do sudoeste da Ásia e do Arquipélago Malaio, sendo conhecido na Europa desde a época das grandes navegações. No Brasil, o gengibre foi introduzido pelos holandeses no século XVI (MENDES, 2005; PRATO 2010). Atualmente o gengibre é cultivado principalmente na faixa litorânea de Santa Catarina, do Paraná, no sul de São Paulo e também no Espírito Santo (LEONEL, SARMENTO e FERRARI 2005; SILVA, 2008).

3.1.1. Comercialização e uso do gengibre

O rizoma do gengibre é mundialmente comercializado devido ao seu emprego na indústria, sendo que os setores de cosmético, farmacêutico e alimentício são os principais utilizadores desta matéria-prima (MENDES, 2005). Na área alimentícia seu emprego se dá na produção de bebidas, produtos de confeitaria como pães, bolos, biscoitos e geleias, na produção de condimentos, conservas e picles. No ramo de cosméticos é usado basicamente na produção de shampoo, sabonetes e cremes para massagear. (NEGRELLE, ELPO e RUCKER, 2005; DABAGUE et al., 2011).

Segundo a Embrapa (2001) as principais formas de uso do gengibre são: decocção, infusão, desidratado, em pó, extrato e xarope. Já os dados de comercialização informam que o rizoma *in natura* é ofertado ao mercado consumidor, como gengibre fresco, em conserva, cristalizado e seco. (LUCIO; de FREITAS e WASZCZYNSKYJ, 2010).

Alguns derivados do gengibre como óleo essencial e oleoresina tem grande importância comercial, principalmente nos setores de cosméticos, farmacêutico e perfumaria (PRATO, 2010). O óleo essencial do gengibre, obtido através do processo de hidrodestilação, contém os componentes voláteis responsáveis pelo aroma e sabor característico. Já a oleoresina, obtida pela extração com diferentes solventes, contém, além dos componentes aromáticos voláteis, os compostos não voláteis, responsáveis pela pungência, que é característica do gengibre (MAGALHÃES et al., 1997).

3.1.2. Gengibre e seus componentes

Segundo Ali et al., (2008) o rizoma de gengibre contém 60-70% de carboidratos, 3-8% de fibra bruta, 9% de proteína, 8% de cinza, 3-6% de óleo graxo e 2-3% de óleo volátil. No entanto, a composição pode variar de acordo com a localização geográfica (países tropicais e subtropicais) em que foi cultivado (SMITH e ROBINSON, 1981).

Cerca de 400 tipos de constituintes do gengibre foram identificados, incluindo carboidratos, lipídios, terpenos e compostos fenólicos (PRASAD & TYAGI, 2015;

TSUNEKI, KIMURA, e PANCHO, 2004). Quimicamente, compostos isolados de gengibre podem ser agrupados em compostos pungentes e aromatizantes. Dentre os compostos pungentes estão incluídos os gingeróis, shogaóis, zingeronas, gengibre, gingerdiona e capsaicina, esta, amplamente encontrada em pimentas, sendo responsável pela pungência das mesmas. As substâncias aromatizantes são divididas em voláteis e sesquiterpenos. Constituintes voláteis do gengibre incluem pineno, canfeno, cumeno, borneol, bisaboleno e zingiberol, enquanto sesquitujeno e zingiberol pertencem a uma classe de sesquiterpenos isolados de gengibre (EKUNDAYO, LAAKSO, e HILTUNEN, 1988).

A pungência do rizoma de gengibre fresco é devida aos gingeróis, sendo seu principal constituinte o 6-gingerol, já a pungência do gengibre seco ou cozido é devida a compostos fenilpropanoides não voláteis de gingeróis, conhecidos como shogaóis. A zingerona menos pungente também é produzida a partir de gingeróis durante o processo de secagem o qual tem um aroma doce e picante (SRINIVASAN, 2017).

Os óleos essenciais do gengibre são encontrados em maior concentração no rizoma (NEWALL; ANDERSON; PHILLIPSON, 1996). Cerca de 50 componentes presentes no óleo já foram caracterizados, sendo a maioria monoterpenos (EVANS e SAUNDERS, 2002). Jolad (2005), avaliou a composição do óleo essencial de gengibre produzido no Havaí e verificou a presença de 63 constituintes.

Dabague et al. (2011) concluíram que o teor dos constituintes majoritários do óleo essencial de rizomas de gengibre de diferentes procedências foram o geranial (23,6 a 30,3%); neral (10 a 14,8%); geraniol (5,8 a 7,6%); acetato de geranila (3,5 a 4,5%); eucaliptol (3,6 a 5,9%); canfeno (2,8 a 5,8%), α -zingibereno (2,3 a 5%); β -felandreno (0,5 a 4%) e β -bisaboleno (2,8-3,4%). Mostraram também que o teor de óleos essenciais reduziu com o período de secagem, entretanto os teores de citral (geranial e neral) aumentaram após a secagem do gengibre.

Na Figura 02 são mostradas as estruturas dos compostos majoritários obtidos por hidrodestilação. Esses compostos foram obtidos por Mesomo (2013) em estudo avaliando as diversas formas de extração de óleos essenciais de gengibre seco em estufa com circulação de ar a temperatura de 30°C.

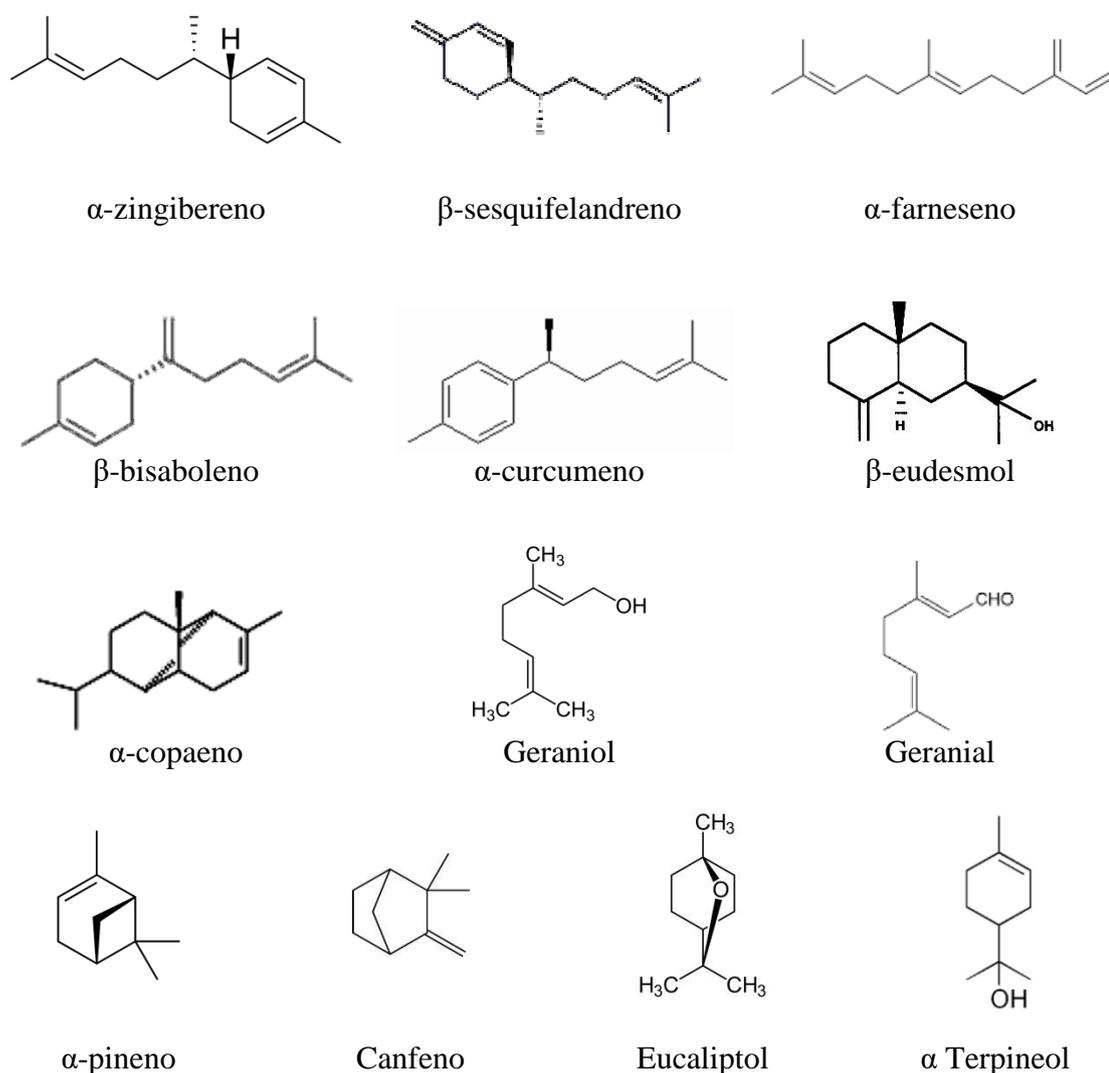


Figura 2: Principais componentes do óleo essencial de gengibre. Fonte: Mesomo (2013).

3.1.2.1. Atividade Antioxidante

Antioxidante é toda substância capaz, quando em concentração ideal, atrasar ou inibir significativamente os processos oxidativos, retardando e/ou evitando a oxidação com material, e assim os processos reacionais resultantes. (WU et al., 2005; LIMA et al., 2006). Esses efeitos inibitórios podem ocorrer nas diferentes etapas do processo de oxidação, atuando sobre diversos substratos, desde uma molécula simples a polímeros e biosistemas complexos (HALLIWELL et al, 1990).

Segundo Shahidi e Nackz (2004), o estudo da atividade antioxidante dos produtos vegetais é de extrema relevância, pois seria útil para a investigação epidemiológica como também serviria de apoio para orientações dietéticas, já que estes antioxidantes podem ajudar

a aliviar o estresse oxidativo, prevenindo os radicais livres de biomoléculas, tais como proteínas, DNA e lipídios.

No organismo humano a produção de radicais livres é constante, resultante de suas atividades metabólicas, que envolvem reações de transferência de elétrons. Os radicais livres são definidos como sendo moléculas ou átomos que possuem elétrons de valência desemparelhados, tornando-os altamente reativos. Os processos de oxidação em regra são indesejados, e são responsáveis também pela deterioração de alimentos (MESOMO, 2013).

Os antioxidantes podem ser divididos em sintéticos, substâncias utilizadas na indústria alimentícia, destacando-se o BHT, BHA, GP, TBHQ ou naturais tais como: α -tocoferol (vitamina E), β -caroteno, ascorbato (vitamina C) e os compostos fenólicos (flavonóides) (SOUSA et al., 2007).

Dentre as substâncias de origem vegetal capazes de atuar como antioxidantes estão os minerais, vitaminas, proteínas (especialmente da soja), pigmentos, carotenoides e compostos fenólicos, entre outros. Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos nos alimentos, sendo a quantidade presente na alimentação humana bastante significativa (VAN ACKER et al., 1996; KÄHKÖNEN et al., 1999; SOARES, 2002).

O crescente estudo da ação biológica de alimentos naturais somado à evidência de que antioxidantes sintéticos podem promover efeitos colaterais como alergias e possíveis ações promotoras de câncer (BOTTERWERCK et al., 2000), tem intensificado a demanda por compostos naturais com atividade similar. Antioxidantes naturais na indústria de alimentos são importantes não apenas devido a sua utilidade como método de prevenção da oxidação, mas também pelos efeitos benéficos na saúde humana (IBAÑEZ et al., 2003).

Os óleos essenciais têm se mostrado eficazes antioxidantes naturais. Sendo que essa característica é determinada pela sua composição. Óleos com alta concentração de substituintes fenólicos podem reduzir significativamente os processos de oxidação de aldeídos insaturados. As propriedades antioxidantes dos óleos essenciais constituídos de hidrocarbonetos terpênicos e álcoois são determinadas por α - e γ -terpenos e seus sesquiterpenos análogos (MISHARINA; TERENINA; KRIKUNOVA, 2009). A estrutura química dos compostos fenólicos apresenta pelo menos um anel aromático e um ou mais grupamentos hidroxila, podendo apresentar também outros grupos substituintes em sua estrutura, como glicosídios, ésteres ou metil ésteres. Os compostos fenólicos de origem vegetal podem ser divididos em dois grupos: os flavonoides, derivados da fenilalanina e ácido acético e os não flavonoides, derivados de ácidos hidroxibenzóico, gálico e elágico, derivados

dos ácidos caféico, *p*-cumárico e hidroxicinamatos ou ainda derivados de *trans*-resveratrol, *cis*-resveratrol e *trans*resveratrol-glucosídeo (BURNS et al., 2001).

Extratos de gengibre têm sido identificados como contendo um elevado teor de compostos com atividade antioxidante (Mesomo, 2013; Dalgê, 2014; Gümüşay et al., 2015; An et al., 2016). A oleorresina de gengibre possui em sua composição gingeróis que são cetonas fenólicas com elevada propriedade antioxidante e pungente.

Muitos são os métodos para avaliar a atividade antioxidante, sendo que os métodos mais comumente utilizados envolvem a avaliação da atividade antioxidante em relação à redução de um radical, como o DPPH (RUFINO, 2007; MORAES et al., 2008; REBELO et al., 2009).

O DPPH[•] é um radical amplamente utilizado para avaliar a capacidade antioxidante de extratos vegetais, sendo que atua avaliando a atividade sequestradora do radical livre 2-difenil-1-picrilhidrazila por ação de um antioxidante ou uma espécie radicalar (R[•]) presente na amostra, convertendo-o em sua forma reduzida 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH-H) cuja absorvância pode ser avaliada a 515 nm (MORAES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

3.1.2.2. Propriedades medicinais e terapêuticas

O gengibre atua intensificando a produção de saliva, permitindo assim uma melhor deglutição do alimento, como também a produção de ácidos biliares pelo fígado e sua secreção na bile, esse efeito desempenha um papel fundamental na digestão e absorção da gordura dietética (PRAKASH e SRINIVASAN, 2012). O gengibre também estimula significativamente a atividade de enzimas digestivas do pâncreas, lipase, amilase e proteases (tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase), como também das enzimas digestivas terminais da mucosa do intestino delgado, incluindo dissacaridases (PLATEL e SRINIVASAN, 1996; PLATEL e SRINIVASAN, 2000).

Outro fator importante é a influência do gengibre no trato gastrointestinal modulando sua ultraestrutura a fim de facilitar a absorção de micronutriente. Prakash e Srinivasan, (2010a), constataram que a ingestão de gengibre proporcionou efeitos de proteção sobre as glicoproteínas da mucosa intestinal, diminuindo assim a lesão desta em ratos wistar. Outro efeito do gengibre está na capacidade de indução na fluidez e permeabilidade intestinal, associada ao aumento do comprimento e perímetro das microvilosidades, resultando em uma maior superfície de absorção do intestino delgado (PRAKASH e SRINIVASAN, 2010b). O gengibre também proporciona uma maior absorção intestinal de ferro, zinco, cálcio e betacaroteno, sendo que esta característica foi observada tanto em estudos *in vivo* utilizando

ratos pré alimentados com gengibre como também estudos in vitro (PRAKASH e SRINIVASAN, 2013; VEDA e SRINIVASAN, 2009).

O gengibre também é apontado por ter capacidade de suprimir o colesterol do corpo. Gujral, Bhumra e Swaroop (1978) em estudo com ratos alimentados com 0,5% de oleoresina de gengibre, juntamente com uma dieta com 1% de colesterol pelo período de 20 dias, obtiveram níveis de colesterol sérico e hepático mais baixos e colesterol fecal maior quando comparados ao grupo controle. Giri, Devi e Meerarani (1984) também relataram que quando ratos foram alimentados com 10% de gengibre em uma dieta com 1% de colesterol por 24 dias, os resultados apontaram para uma redução no colesterol sérico. El-Rokh et al. (2010) tratando ratos hipercolesterolêmicos com infusão aquosa de gengibre obtiveram uma redução considerável no colesterol total sérico, no LDL-colesterol e nos triglicérides após um período de 2 a 4 semanas de tratamento. É notável que embora o gengibre estimule a digestão e a absorção de gordura na dieta, essa especiaria é eficaz em suprimir o colesterol do corpo, exercendo efeitos anti-obesidade como também mostrou potencial cardioprotetor (THOMSON et al., 2002; GHAYUR, 2005; BEATTIE et al., 2011; MISAWA et al., 2015; NAIDU et al., 2016).

Efeitos antidiabéticos e efeitos protetores proeminentes nas complicações secundárias do diabetes envolvendo o fígado, o rim, os olhos e o sistema neural também foram associadas ao consumo de gengibre. Ojewole (2006), administrando oralmente extrato etanólico de gengibre (800 mg/kg) verificou redução significativa na glicemia de jejum após 1 hora em ratos STZ-diabéticos. Akhani, Vishwakarma e Goyal (2004), avaliando a tolerância à glicose, pela administração oral de gengibre, verificaram um declínio significativo na glicose plasmática e um aumento da insulina nos ratos STZ-diabéticos. O tratamento com gengibre por longo prazo, além de reduzir os níveis de glicose no sangue também diminuíram os níveis séricos de triglicérides e colesterol total e aumentou a insulina em animais diabéticos tipo 1 (ABDULRAZAQ, 2011; AKHANI, VISHWAKARMA e GOYAL, 2004). Shidfar et al. (2015), avaliando o efeito da suplementação diária (3 g em pó) de gengibre sobre os índices glicêmicos em pacientes iranianos com diabetes tipo 2, mostrou que após três meses de suplementação houve melhoras nos índices glicêmicos, na capacidade antioxidante total e na atividade da paraoxonase sérica dos pacientes. O gengibre também exibiu efeitos protetores contra a nefropatia diabética e a catarata, agindo como um antioxidante e impedindo a glicação. (SARASWAT et al., 2010).

Relatos associados aos compostos bioativos presentes no gengibre, evidenciam sua capacidade antioxidante. A atividade antioxidante envolve uma ou mais das seguintes ações: (1) eliminação de radicais livres, (2) supressão da peroxidação lipídica, (3) aumento das moléculas antioxidantes nos tecidos, (4) estimulação das atividades de enzimas antioxidantes endógenas, (5) Inibição da atividade da sintase induzida do óxido nítrico, (6) Inibição da oxidação da LDL, (6) Inibição de enzimas do metabolismo do araquidonato: enzimas 5-lipoxigenase e 2-ciclooxigenase (SRINIVASAN, 2014). O efeito antioxidante dos fenóis totais do extrato de gengibre foi estudado in vitro, em que a concentração de EC₅₀ para inibição do DPPH foi de 0,64 µg/mL, proporcionando a inibição dos radicais hidroxila em uma quantidade maior que a quercetina. (STOILOVA et al., 2007)

A capacidade antiinflamatória do gengibre também foi relatada tanto em estudos in vitro como os experimentos com animais in vivo. Peróxidos lipídicos e macrófagos ativados desempenham um papel crucial na artrite e outras doenças inflamatórias. Estudos experimentais mostraram que os constituintes do gengibre inibem o processo inflamatório inibindo o metabolismo do ácido araquidônico (CHAINANI-WU 2003). Modelos in vitro e in-vivo demonstraram que o gengibre e seus constituintes inibem tanto a ciclooxigenase quanto a lipoxigenase (MUSTAFA, SRIVASTAVA e JENSEN, 1993) e também atuam como inibidores da síntese de leucotrienos (KIUCHI et al., 1992). A atividade anti-inflamatória/antioxidante do gengibre [200 mg/kg] foi evidenciada na artrite induzida por adjuvante de rato. O gengibre suprimiu significativamente a incidência e a gravidade da artrite aumentando a produção de citocinas antiinflamatórias e diminuindo as pró-inflamatórias, e ativando o sistema de defesa antioxidante (RAMADAN, AL-KAHTANI e EL-SAYED, 2011).

Acredita-se também que o gengibre tenha um papel promissor como agente quimiopreventivo em virtude de suas atividades antioxidante, antiinflamatória e antiproliferativa. Vários estudos demonstraram que os compostos do gengibre possuem efeitos inibitórios em vários tipos de células cancerosas, especialmente câncer de pele, próstata, pâncreas, cólon, trato gastrointestinal. Karna et al. (2012), demonstraram a atividade anticancerígena in vitro e in vivo do extrato de gengibre integral (GE) para o tratamento do câncer de próstata. Estes autores confirmaram que a alimentação oral diária de 100 mg/kg de peso corpóreo de GE inibiu o crescimento e a progressão de células de câncer de próstata humanas em camundongos nude. Akimoto et al. (2015), demonstraram que o extrato etanólico do gengibre suprimiu a progressão do ciclo celular e induziu a morte de linhagens celulares de

câncer de pâncreas humano, o que acarretou autose (mas não apoptose ou necroptose). O mecanismo da eficácia anticancerígena e quimiopreventiva do 6-gingerol em células de câncer de cólon humano foi relatado por Radhakrishnan et al., (2014). Os resultados revelaram inibição da proliferação celular e indução de apoptose, enquanto as células normais do cólon não foram afetadas. Qi et al., (2015) evidenciaram que os componentes ativos 6-gingerol e 6-shogaol exercem atividades anticancerígenas contra o câncer gastrointestinal.

3.2. Conservação de Alimentos

Atualmente, a disponibilidade dos alimentos aumenta devido ao estudo e desenvolvimento de métodos de conservação de alimentos. Os métodos de conservação passaram da concepção de evitar a degradação natural para a arte de manter o alimento o mais estável possível.

O processamento de alimentos pode ser definido como qualquer alteração deliberada que ocorre: antes do alimento estar disponível para consumo - matérias-primas não comestíveis são transformadas em alimentos mais úteis - ou com o objetivo de mantê-lo útil por um tempo maior que a sua ocorrência natural. Desde os tempos pré-históricos, o processamento de alimentos tem sido um aspecto-chave da cadeia de produção de alimentos que liga a produção agrícola ao fornecimento de alimentos às pessoas na forma e no momento em que são necessários. Os processos mais usados na indústria de alimentos incluem moagem, resfriamento/congelamento, defumação, aquecimento, enlatamento, fermentação, secagem, cozimento por extrusão (FLOROS et al., 2010).

Em regra o processamento causa mudanças nos componentes dos alimentos e algumas dessas mudanças podem ser desejadas, enquanto outras são consideradas prejudiciais para a sua qualidade (WEAVER et al., 2014). Embora tenha havido relatos sobre os aspectos negativos do processamento de alimentos, muitos são os benefícios, que incluem a estabilidade microbiológica, melhor biodisponibilidade de nutrientes, aumento da vida de prateleira, melhores características sensoriais e propriedades funcionais (VAN BOEKEL et al., 2010).

A conservação dos alimentos e os processos de desidratação caminharam e ainda caminham juntos, pois, a preservação de alimentos secos é uma importante forma de conservação. Em termos industriais, a desidratação é definida como secagem (retirada de água) pelo calor transferido artificialmente sob condições de temperatura, umidade e corrente de ar controlada (CELESTINO, 2010).

A utilização da transferência de calor na conservação de alimentos tem como fundamento os efeitos destrutivos das altas temperaturas e redução da umidade do produto. O calor proporciona a eliminação da água como também desnatura as proteínas e inativa as enzimas necessárias ao metabolismo microbiano, inviabilizando desta forma qualquer processo natural de degradação. (LOPES, 2007).

3.3. Secagem

A secagem é um dos processos mais antigos utilizados pelo homem na conservação de alimentos. Dentre as vantagens estão uma melhor conservação do produto e redução de sua massa (GAVA, 2010). Pode ser entendida como o processo de remoção da água, ou outro líquido na forma de vapor, para uma fase gasosa insaturada utilizando-se do mecanismo de vaporização térmica, em uma temperatura inferior à de ebulição (AGUIRRE e GASPARINO FILHO, 2002).

Essa redução do conteúdo de umidade possibilita o prolongamento da vida útil do produto com um reduzido custo de investimento. No processo de secagem é necessário que exista a transferência de calor, ocorrendo então à evaporação da água do produto, pois, o ambiente tende a estabelecer um equilíbrio de umidade na relação entre ar e produto, graças à diferença de pressão de vapor de água entre as superfícies do produto a ser seco e o ar que o rodeia (LASSERAN, 1979; SILVA et al., 2015).

Existem diversas metodologias de secagem, sendo que a escolha dependerá da natureza do produto, qualidade e forma que se deseja dar ao produto após a desidratação, condições de operação e fatores econômicos (GAVA, 2010). Segundo Mujamdar (1995) os equipamentos utilizados em processos de desidratação, podem ser classificados em relação ao fluxo de carga e descarga (contínuo ou descontínuo); pressão utilizada (atmosférica ou vácuo); métodos de aquecimento (direto ou indireto); e sistema utilizado no fornecimento de calor: a) por convecção com a passagem de fluxo de ar aquecido, b) por condução através da superfície sólida e c) por irradiação. Dos três, a transferência de calor por convecção é o método mais empregado (PARK, 1988).

A cinética de secagem é fortemente influenciada por características da matriz do alimento e pelas variáveis: temperatura, umidade e corrente de ar. (CELESTINO, 2010; FELLOWS, 2006; GAVA, 2010). O ar é o meio mais utilizado nos processos de secagem de alimentos, sendo que este possui três funções: a) levar a energia térmica para aquecer o alimento promovendo então a evaporação; b) reter o vapor de água liberado pelo alimento

(sorvedor); c) conduzir a umidade absorvida para fora do sistema de secagem (TORRES, 2006).

Outro processo bastante conhecido na indústria de alimentos é a desidratação por liofilização, também conhecida como: secagem a frio (freeze dry), criodesidratação ou criosecagem. Ela é um método que envolve o congelamento e a desidratação, sendo que no processo de desidratação os princípios envolvidos são a sublimação e a dessorção. Primeiramente o alimento deve ser congelado, a uma temperatura de -20°C . Posteriormente é submetido a uma pressão negativa (vácuo). A utilização deste processo faz com que os micros cristais de gelo sejam evaporados sem romper as estruturas moleculares, obtendo então um produto com uma estrutura porosa, livre de umidade e capaz de ser reconstituída pela simples adição de água (SILVA et al., 2015).

Entretanto o processo de liofilização é ainda pouco utilizado devido ao difícil manuseio e elevado custo com equipamentos e operação em relação a outros tipos de desidratadores, sendo que na maioria dos países, a liofilização é utilizada em alimentos de elevado valor agregado (GAVA, 2010; ORDÓÑES, 2005).

3.3.1. Cinética de Secagem

A cinética de secagem pode apresentar diferentes comportamentos, influenciados principalmente pela estrutura do produto e pelas condições de secagem (GAVA, 2010). Na Figura 3, representado pela curva (a) é apresentada a formação gráfica de um processo regular de secagem $X_{bs}(t)$: conteúdo de umidade de um material ((kg do produto – kg massa seca) / (kg massa seca)) durante um processo de secagem, em função do tempo. É possível dividir a curva em três regiões: 0, 1, 2.

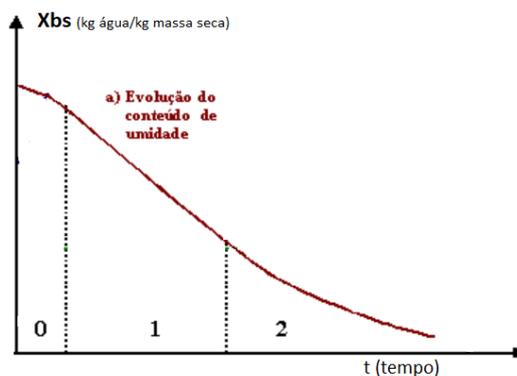


Figura 3: Curva típica de secagem. Fonte: Park et al. (2001).

A região “0” corresponde ao período transitório, em que o material adapta-se às condições de secagem e sua temperatura pode variar para atingir o estado estacionário. A região “1” corresponde ao período de velocidade constante. Nesse período a superfície exposta de material está saturada, existindo um filme contínuo de água sobre o sólido, que age como se não houvesse a presença do sólido, apresentando-se similar ao mecanismo de evaporação de água num reservatório. Nos materiais não porosos, a água removida neste período é principalmente a água superficial. Já, para materiais porosos, o período de velocidade constante tende a continuar durante um tempo maior, com a água que é removida da superfície sendo substituída pela água do interior do sólido. O mecanismo através do qual a água é levada até a superfície e, conseqüentemente, a velocidade deste mecanismo varia fortemente com a estrutura do sólido. Em sólidos que possuem espaços vazios o mecanismo é controlado pela tensão superficial, capilaridade e por forças de gravidade no seu interior. Em sólidos fibrosos, o movimento da água através do sólido é devido à difusão. Como a velocidade de difusão é muito menor que a velocidade decorrente do mecanismo de capilaridade ou de gravidade, a secagem em sólidos em que o movimento da água é controlado pela difusão têm um período de velocidade constante menor, ou mesmo podem secar sem passar por este período (AGUIRRE e GASPARINO FILHO, 2002; FOUST, 2008).

A linha divisória entre as regiões 1 e 2 determina o período de umidade crítica, em que o movimento do líquido do interior para a superfície do sólido é insuficiente para compensar o líquido que está sendo evaporado. Desta forma observa-se que a umidade crítica depende da facilidade do líquido se movimentar através do material. Assim, pode-se dizer que a umidade crítica de um material é função da estrutura do material, da espessura com que este é desidratado e da velocidade de secagem (ORDÓÑEZ, 2005).

A região “2” representa o primeiro período de velocidade decrescente, nesta fase a superfície do material torna-se cada vez mais seca, e podem ocorrer dois fenômenos: (i) continuação da velocidade constante, enquanto houver água saturando as regiões da superfície do sólido; e (ii) o vapor proveniente dos níveis mais baixos se difunde através do sólido para as regiões da superfície que não estão saturadas, tendo em seguida, que se difundir na corrente gasosa. Este mecanismo de difusão é muito lento e por esta razão, a velocidade de secagem diminui rapidamente à medida que a umidade diminui, já que vão se tornando menores as regiões saturadas (AGUIRRE e GASPARINO FILHO, 2002).

3.4. Atividade de água

As moléculas de água podem estar presentes em diferentes ambientes em uma matriz alimentar ou substância e, por causa da interação com certas moléculas, a água pode ter diferentes propriedades físico-químicas. A medida mais comum da quantidade de água de um alimento é o teor de umidade, que é uma medida meramente quantitativa, quantificando o percentual em massa, de toda água presente no alimento, tanto livre quanto ligada. (BRAGA, 2016)

A água livre, representada pela atividade de água (A_w), se encontra nos espaços intergranulares e no interior dos poros do alimento. Ela é mantida por forças de absorção de pouca intensidade, sendo considerada um dos fatores intrínsecos dos alimentos. É considerada medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água que pode atuar como um solvente proporcionando transformações químicas, biológicas e microbiológicas. Este tipo de água apresenta grande mobilidade e pode ser facilmente retirada durante um processo de secagem. A água livre apresenta propriedades físico-químicas muito semelhantes às da água pura, como o ponto de ebulição, ponto de fusão e densidade. Quando um produto é congelado, somente essa água se congela, ficando assim indisponível para reações (SCOTT, 1957; ATHIÉ et al., 1998; FRANCO e LANDGRAF, 2005; MAKAWY e EL-SAYD, 2010).

A água ligada também chamada de água de constituição: é a água que está quimicamente ligada às moléculas da matriz (proteínas, carboidratos e minerais), não estando disponível para o crescimento microbiano e nem para reações químicas. Outras características são aumento de sua densidade e como consequência, aumento no ponto de ebulição e diminuição do ponto de fusão. Assim, essas moléculas de água só podem ser removidas se o produto for exposto a altas temperaturas. Esta água não pode ser congelada e assim não altera a estrutura do produto (SCOTT, 1957; ATHIÉ et al., 1998; FRANCO e LANDGRAF, 2005; MAKAWY e EL-SAYD, 2010).

De maneira genérica, a A_w dos alimentos frescos e processados é um dos parâmetros que definem sua classificação em perecível ou estável, como também determinam qual microbiota é capaz de proliferar-se neles. Já de forma científica, a A_w é o quociente entre a pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura. Os valores de A_w variam de 0,00 a 1,00, sendo que o valor da A_w da água pura é 1,00, então os valores para os alimentos serão sempre menores que 1,00. (FRANCO; LANDGRAF, 2005; GAVA, 2010; SILVA, 2000; ORDÓÑEZ, 2005; MAKAWY; EL-SAYD, 2010; SANDULACHI, 2012).

O controle da atividade de água é de grande importância para a indústria de alimentos, pois o desenvolvimento de microrganismos depende diretamente da disponibilidade de água livre. Desta forma o valor de A_w de um alimento define se este é susceptível ao crescimento e desenvolvimento de bactéria fungo ou levedura (Figura 4). Portanto, controlando a A_w , torna-se possível evitar que haja crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, aumentando assim a vida de prateleira dos alimentos. Já para alimentos que dependem de microrganismos para a sua elaboração, como cerveja, queijo dentre outros, é fundamental que se garanta um ambiente com A_w adequada, garantindo assim sua produção. (ESKIN e ROBINSON, 2000; SILVA *et al.*, 2010; SANDULACHI, 2012)

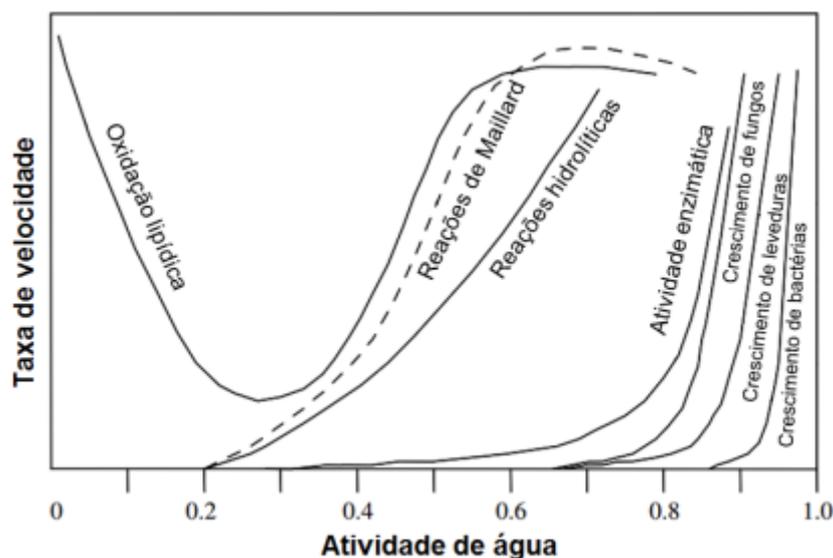


Figura 4: Mapa de estabilidade. Velocidade de diferentes reações de acordo com a atividade de água do alimento. Fonte: Tsotsas e Mujumdar (2011).

Além disso, a A_w está diretamente relacionada com a estabilidade dos alimentos sendo um parâmetro fundamental para a ocorrência de reações enzimáticas, reações de oxidação, reações hidrolíticas e de escurecimento (Figura 4), podendo então influenciar a estabilidade nutricional, a coloração, o odor, o sabor e a textura dos alimentos (HARDMAN, 1987; BARBOSA-CÁNOVAS *et al.*, 2007).

A A_w é também capaz de influenciar a estabilidade de vitaminas no alimento, entretanto essa degradação não deteriora o alimento, mas reduz seu valor nutricional. Cada vitamina apresenta uma faixa de valores de A_w em que é mais estável e uma faixa de valores em que sofre maior degradação. No entanto esses valores não são facilmente determinados, pois sofrem influência de fatores como a composição da matriz alimentar, temperatura e pH. As

principais vitaminas que sofrem com a influência da A_w são: ácido ascórbico (vitamina C), tiamina (vitamina B1) e riboflavina (vitamina B2) (HARDMAN, 1987; BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2007).

Assim, a desidratação ou secagem dos alimentos constitui uma das técnicas de conservação que reduz sua atividade de água (A_w). Esta redução impede o desenvolvimento microbiano e inibe a maioria das reações químicas e enzimáticas que provocam alterações no alimento. Portanto, o processo de desidratar alimentos tem como meta básica prolongar sua vida de prateleira com poucas alterações nutricionais e sensoriais (BEZERRA, 2007).

3.5. Extração de Óleos Essenciais

Extratos de óleos essenciais são largamente utilizados nas indústrias de perfumes, cosméticos e fármacos de uso medicinal. Estes óleos são considerados frações voláteis naturais, extraídas de plantas aromáticas que evaporam à temperatura ambiente. O conjunto dessas substâncias químicas voláteis, presentes nos óleos essenciais, é formado de ésteres de ácidos graxos, mono e sesquiterpenos, fenilpropanonas, álcoois aldeidados e, em alguns casos, por hidrocarbonetos alifáticos, entre outros. (SANTOS et al., 2004)

Os óleos essenciais de plantas possuem alto valor agregado, entretanto, são formados por uma mistura complexa de substâncias, algumas delas facilmente termodegradáveis, sendo que a qualidade do extrato é muito influenciada pela metodologia de extração utilizada. Dentre as metodologias de extração, a hidrodestilação é um dos métodos mais difundidos e simples para a obtenção de óleos essenciais a partir de matérias-primas diversas (SIVASOTHY et al., 2011; KAMAZERI et al., 2012; DOGENSKI, 2013; MESOMO, 2013).

3.5.1. Extração por hidrodestilação

A extração por arraste de vapor d'água é um dos métodos mais simples e mais utilizados, no entanto, esse processo de extração pode ser realizado através de três métodos, distinguidos pela forma como ocorre o contato entre a amostra e a água, na fase líquida ou de vapor. A primeira é chamada de hidrodestilação, na qual a amostra fica imersa na água contida em um recipiente; a segunda pela ação do vapor da água colocada em ebulição e separada da amostra por uma tela; e a terceira por injeção direta de vapor no material acondicionado em cesto metálico (WILLIAMS, 1996; SANTOS et al., 2004).

Um equipamento amplamente difundido para a realização da hidrodestilação é o Clavenger. Segundo Serafini et al., (2002) a hidrodestilação é eficiente, pois proporciona a

extração de um número elevado de compostos, sendo que o volume extraído é proporcional ao tempo de extração. Entretanto é possível a ocorrência de perdas de alguns componentes sensíveis à hidrólise e também de componentes oxigenados que são solúveis em H₂O, como os fenóis.

Na Figura 5 está demonstrado o sistema de hidrodestilação usando o equipamento tipo Clavenger. Neste sistema a matéria-prima é submersa em água (c) em um equipamento e submetido ao aquecimento com a utilização de uma manta (b). Pelo processo de ebulição da água, o vapor arrasta os compostos voláteis, que passam através do condensador (d) e chegam a um compartimento onde o óleo essencial e a água se separam por diferença de densidade (e), sendo que o óleo é coletado posteriormente.

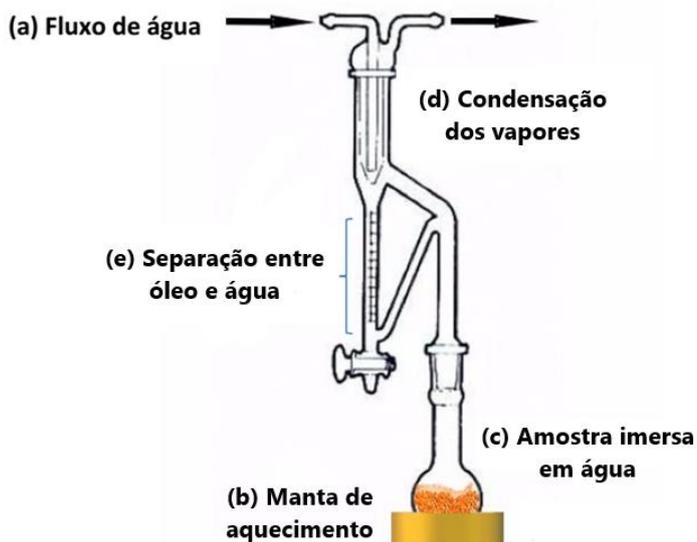


Figura 5: Equipamento Clavenger para a obtenção de óleos essenciais por hidrodestilação.
Fonte: Autor (2018)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Matéria-prima

O gengibre (*Zingiber officinale*) foi obtido em uma propriedade rural localizada no município de Laranjeiras do Sul, região centro oeste do Estado do Paraná.

Para o procedimento experimental foi calculado que seria necessário aproximadamente 40 kg de gengibre *in natura*. Entretanto segundo Prato (2010), o gengibre tem um período máximo de armazenamento que é de 60 dias, em condições de elevada UR (aproximadamente 90%) e temperaturas reduzidas, entre 0 e 10°C. Após este período, os rizomas de gengibre entram em fase de brotamento, alterando assim, suas propriedades e composição.

Como alternativa poderia ser efetuado o congelamento do gengibre como forma de armazenamento, entretanto segundo COLLA e PRENTICE–HERNÁNDEZ (2003) o processo de congelamento e posterior descongelamento podem proporcionar modificações indesejadas na matéria-prima, como a ocorrência de reações químicas (insolubilização de proteínas, oxidação de lipídios) ou físicas (recristalização, mudanças de volume), além das alterações que podem ser ocasionadas pelo crescimento de microrganismos.

Sendo assim optou-se por particionar a realização dos ensaios e conseqüentemente a obtenção da matéria-prima, sendo então obtidos 20 kg de gengibre no mês de março, 10 kg no mês de abril e 10 kg no mês de maio, contabilizando ao todo 40 kg de gengibre. Em março foram realizados os ensaios preliminares, definição das formas de fragmentação do gengibre e das condições de secagem, como também os ensaios de secagem em estufa com circulação de ar, em abril foram realizados os ensaios utilizando estufa sem circulação de ar e em maio foram realizados os ensaios em liofilizador.

4.1.1. Preparo da matéria-prima

Previamente ao processo de secagem foram estabelecidos os parâmetros de preparo da matéria-prima com o intuito de diversificar a distribuição da mesma durante a secagem e assim obter possível variação dos resultados e proporcionar uma possível comparação dos mesmos. Desta forma foram realizados alguns ensaios e também pesquisas na literatura sobre as possíveis formas de fracionamento da matéria-prima.

Inicialmente foi definido que uma das formas de fracionamento do gengibre seria o moído, pois, o procedimento é amplamente utilizado no processamento de alimentos devido ao aumento da área de contato e conseqüentemente melhores índices de secagem. No entanto segundo estudo realizado por Maia, Bovi e Duarte (1991) o processo de moagem do gengibre

associado ao processo de secagem provocou perdas nas substâncias mais voláteis, favorecendo maior concentração das menos voláteis.

Durante a obtenção do gengibre moído, utilizando o processador de alimentos marca Skymesen, modelo PA-7SE-N, verificou-se que devido ao gengibre ser constituído de um material fibroso e associado a alta rotação do moedor mecânico, parte do gengibre ficava retido no disco do moedor, dificultando a moagem contínua da matéria-prima, outro ponto importante foi que o procedimento de moagem proporcionava uma perda considerada de água podendo então afetar significativamente nos resultados do trabalho. Sendo assim optou-se por realizar a ralação manual do gengibre (Figura 6) onde a matéria-prima teria um aumento em sua área de contato, entretanto a perda de água durante o processamento foi mínima.



Figura 6: Gengibre ralado. Fonte: Autor (2018)

Outra forma proposta de fracionamento do gengibre foi o fatiamento “chips” onde ocorreriam cortes perpendiculares à direção longitudinal (maior dimensão) do gengibre em sua posição de descanso, havendo então a manutenção da casca em sua circunferência. Entretanto em estudo Gouveia et al. (1999) observou que a presença da casca dificultou a difusão da água durante a secagem do gengibre.

De todo modo este fator que dificulta a transferência de massa acomete uma pequena parte do gengibre, pois as fatias possuem espessuras de aproximadamente 5,0 milímetros. A casca poderia influenciar na difusão da água apenas na região de menor área exposta à secagem, sendo que esta pode ser considerada muito reduzida em relação à área total exposta, sendo que a fatia pode ser considerada uma placa plana infinita, conforme ilustra a Figura 7.

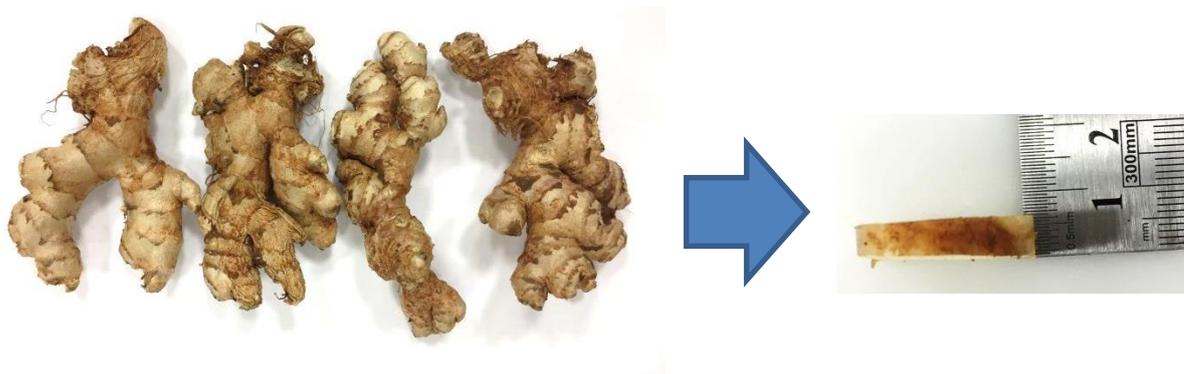


Figura 7: Gengibre fatiado. Fonte: Autor (2018)

O mesmo problema verificado na moagem do gengibre foi constatado durante o fatiamento do mesmo, o gengibre por ser bastante fibroso ficava retido nas lâminas do processador de alimentos marca Skymesen, modelo PA-7SE-N. Entretanto devido à ausência de outros fatiadores, adaptou-se pelo fatiamento manual, buscando sempre obter fatias de mesmo diâmetro (0,5 cm).

A terceira e última fragmentação do gengibre, foi o chamado “inteiro”. Com o objetivo de avaliar se a casca do gengibre poderia afetar significativamente nos parâmetros avaliados, foi estabelecido um padrão de tamanho de 7,0 cm de comprimento, como demonstrado na Figura 8. Foi procurado utilizar rizomas os mais homogêneos possíveis a fim de obter resultados reprodutíveis.



Figura 8: Gengibre inteiro. Fonte: Autor (2018)

Estabelecidos os parâmetros iniciais procedeu-se então a realização dos experimentos, o gengibre foi lavado em água corrente e drenado para remoção do excesso da água. Foi também realizada a seleção, retirando-se os “dedos” defeituosos. Na sequência passou-se para a fragmentação dos rizomas nas três diferentes formas: ralado, fatiado e inteiro.

4.2. Metodologia

4.2.1. Caracterização do gengibre *in natura*.

Para a caracterização do gengibre, uma amostra representativa e aleatória de gengibre fresco foi retirada durante o processo de fragmentação. Essa amostra foi então triturada com auxílio de um processador de alimentos marca Cuisinart® até ficar homogênea (aproximadamente 3 minutos). Com a amostra moída determinou-se o teor de umidade, atividade de água e cor do gengibre, na sequência utilizando valores de massa de amostra de gengibre em base seca foram determinados os teores de compostos fenólicos, capacidade antioxidante (DPPH), acidez titulável total, teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.2. Estudo da cinética de secagem e elaboração do gráfico “Xbs x t”

A cinética de secagem do gengibre foi determinada utilizando três diferentes metodologias de secagem: estufa convencional sem circulação de ar forçado (AmericanLab, SL-100-SOLAB), estufa com renovação e circulação de ar forçado (AmericanLab, AL-102/480) e liofilização (Líotop, L101), sendo que antes do processo de liofilização as amostras de gengibre foram colocadas em ultrafreezer (INDREL, IULT) por 24 horas.

Os valores de massa para as construções das curvas de secagem foram obtidos através da aferição da massa da amostra em intervalos de 30 minutos, sendo que as medidas foram realizadas até massa constante. Os valores foram obtidos para os três diferentes processos.

A partir dos valores obtidos durante a secagem foram calculados os valores de Xbs(t): umidade em base seca no tempo (Xbs x t) utilizando a fórmula apresentada na Equação 01. Em seguida foram construídas as curvas de secagem para os três processos de secagem e para as três formas de apresentação da amostra (inteira, fatiada e ralada). As mensurações foram realizadas em triplicata.

$$Xbs = \frac{M_{úmido} - M_{seco}}{M_{seco}} \quad \text{Equação 01}$$

Em que $M_{úmida}$ = massa da amostra na pesagem e M_{seco} = a massa seca constante.

4.2.2.1. Secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado

As amostras de gengibre fatiadas e raladas, foram espalhadas separadamente sobre “placas de petri” mantendo uma espessura de 5,0 mm de amostra, já para a amostra de gengibre inteiro, foram dispostas 2 amostras em uma *placa de petri* atingindo a massa de aproximadamente 15,0 g, massa similar ao outros 2 processos de fracionamento. Na sequência as amostras foram então desidratadas em estufa nas temperaturas de 50, 60, 70, e 80°C até aferição de massa constante.

Com base no estudo de Prato (2010) o qual relatou que existe disparidade de temperatura dentro do dessecador, chegando a picos de 20°C de diferença entre as bandejas, optou-se por realizar todos os ensaios na mesma bandeja do dessecador.

Este procedimento foi realizado para as amostras em estufa com e sem circulação de ar.

4.2.2.2. Secagem por liofilização

As amostras de gengibre fatiado e ralado foram dispersas na espessura de 5,0 mm em um recipiente de alumínio o qual foi perfurado em toda sua extensão longitudinal e vertical e mantido sob congelamento a -20°C por um período de 24 horas. Já para as amostras de gengibre inteiro, duas amostras foram acondicionadas em um recipiente de alumínio todo perfurado e então submetido a congelamento a - 20°C por um período de 24 horas. Após este período, as amostras foram transferidas para o liofilizador, dando início ao processo de secagem até a amostra alcançar massa constante.

4.2.3. Determinação da atividade de água (Aw) e elaboração do gráfico “Aw x t”.

A atividade de água foi determinada para as amostras de gengibre inteiro, fatiado e ralado utilizando o equipamento Aqualab (Novasiva AG). As medições foram realizadas durante os procedimentos de secagem utilizando o mesmo período de 30 minutos, simultaneamente a aferição da massa das amostras. As alíquotas utilizadas para a aferição da Aw para as formas de fracionamento ralado e fatiado foram retiradas de uma porção de amostra dispersa na espessura 5 mm sobre uma bandeja de aço inox, disposta da mesma forma que no estudo da secagem. Para a forma de fracionamento inteiro, pedaços de gengibre, o mais homogêneo possível, no tamanho de 7 cm foram dispostos sobre uma bandeja de inox, sendo a cada instante de medição coletado um dos pedaços, fragmentando-o e efetuando a aferição da Aw. As medições foram realizadas para as secagens do gengibre nas

temperaturas de 80, 70, 60 e 50°C e também para o gengibre liofilizado. A determinação da A_w foi realizada em triplicata.

4.2.4. Obtenção do gengibre em pó

O gengibre após seco foi moído em moinho de martelo marca Fortinox, modelo STAR FT 53, utilizando peneira de 20 mesh para padronização da granulometria. O pó de gengibre para os diferentes procedimentos de secagem foram acondicionados em tubos de polipropileno recobertos por papel alumínio e armazenados em dessecador até a posterior realização da análise.

4.2.5. Análises físicas e químicas do gengibre

4.2.5.1. Análise de cor

Para determinação da cor, os resultados foram expressos pelos parâmetros L^* , C^* e H^* . Segundo Minolta (2013), o parâmetro L^* indica a luminosidade, onde $L^* = 0$ indica coloração preta e $L^* = 100$ indica coloração branca. Os valores de C^* indica a saturação da cor, aqueles próximos ao zero são indicativos de cores mais neutras (branco e/ou cinza) e aqueles ao redor de 60 indicam cores mais vívidas e/ou intensas. Os resultados para H^* indicam atributo da cor vermelha a 0°, amarelo a 90°, verde a 180° e azul a 270°.

A análise colorimétrica foi realizada utilizando colorímetro (Minolta CR- 400). O colorímetro foi direcionado para a amostra analisada e as leituras. A determinação foi realizada em triplicata.

4.2.5.2. Determinação dos compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos foi determinado baseando-se do método de Folin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-Kojic et al., (2007). Foi então quantificado aproximadamente 1,00 g de gengibre em pó e adicionado 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 na sequência uma alíquota de 0,50 mL do extrato foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL, protegido da luz (envoltos em papel alumínio), adicionado 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_2CO_3) a 7,5% (m/v). O volume do balão foi então complementado com água destilada e a mistura foi 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. A análise foi realizada em triplicata.

4.2.5.3. Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A metodologia utilizada para quantificar as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foi adaptada da metodologia proposta por Ohkawa; Oishi e Yagi (1979). Inicialmente foi medido em um tubo de ensaio aproximadamente 0,25 g da amostra de gengibre em pó, adicionando então 5,0 mL de cloreto de potássio 1% (m/v). A mistura foi homogeneizada, em vortex, por 2 minutos, posteriormente foi centrifugada por 20 minutos a 9500 rpm. Na sequência uma alíquota de 1,0 mL do sobrenadante foi transferido para tubo de ensaio e então adicionados 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. Os tubos então foram homogeneizados em vortex e na sequência 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 5500 rpm durante 20 min. Foi então retirado uma alíquota do sobrenadante da fase orgânica e medida a absorbância em espectrofotômetro a 535 nm. O resultado foi expresso em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra de gengibre. A análise foi realizada em triplicata.

4.2.5.4. Acidez total titulável

Na determinação da acidez total titulável utilizou-se a metodologia da AOAC (2007). Inicialmente uma porção de 5 g de amostra de gengibre foi transferida para um Erlenmeyer e sobre a amostra adicionado 40 mL de água e então homogeneizado por cerca de 2 minutos, na sequência foi adicionado 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. As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.5.5. Capacidade de sequestro do radical DPPH

A capacidade de sequestro do radical DPPH foi determinada utilizando a metodologia proposta por Rufino et al. (2007), com algumas adaptações.

Foi medido 0,5 g da amostra de gengibre em pó em frasco de polipropileno de 50 mL e adicionado 20 mL de metanol 50% (v/v), a mistura foi homogeneizada em vortex por 1 minuto e deixado em repouso por 60 minutos. A mistura foi centrifugada a 9500 rpm por 15

minutos e o sobrenadante transferido para um segundo frasco de polipropileno de 50 mL. Sobre o resíduo da primeira extração foi adicionado 20 mL de acetona 70% (v/v), homogeneizado em vortex por 1 minuto 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 segundo frasco de polipropileno de 50 mL contendo o extrato metanólico, na sequência completou-se o volume de 50 mL do segundo frasco com água destilada.

O extrato da amostra foi diluído em dois outros frascos de 15 mL (2 mL e 1 mL) e completado 4,0 mL com solução extratora (acetona 70% (v/v) e metanol 50% (v/v)) na proporção de 1:1. Na sequência uma alíquota de 0,1 mL do extrato e de suas diluições foram transferidas separadamente para outros 3 frascos e completados 4,0 mL com 3,9 mL de solução do radical DPPH $60 \mu\text{mol L}^{-1}$, homogeneizados e posteriormente acondicionados na ausência de luz por um período determinado em estudo de estabilidade. Este procedimento foi realizado em triplicata.

O estudo de estabilidade foi realizado utilizando uma amostra aleatória, na qual foi medida a absorvância em espectrofotômetro em 517 nm a cada minuto até a estabilização do sinal. A medida de absorvância para as demais amostras foi realizada somente após este período (aproximadamente 30 min).

Para a quantificação foi preparada uma curva de calibração com radical DPPH (10, 20, 30, 40, 50 $\mu\text{mol/L}$), e uma solução controle contendo 0,1 mL de solução acetona 70% (v/v) e metanol 50% (v/v) e 3,9 mL da solução de DPPH.

A atividade antioxidante foi expressa como sendo a massa de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC_{50}) em g de amostra/ g de DPPH. A análise foi realizada em triplicata.

4.2.6. Hidrodestilação

O procedimento de hidrodestilação para obtenção do óleo essencial dos rizomas de gengibre foi empregado usando o aparato de Clevenger, adaptado das metodologias apresentadas por Santos et al. (2004) e IAL (2008). Uma massa de 25 g de gengibre seco e moído foi homogeneizada e colocada em um balão de fundo redondo com 1000 mL de água destilada. A mistura foi levada à ebulição por 3 horas em pressão atmosférica. O óleo amarelo brilhante obtido foi separado utilizando uma microseringa para realizar a coleta e seco com sulfato de sódio anidro para a remoção de traços de umidade. O óleo obtido foi diluído em n-

hexano e armazenado em balão volumétrico de 10 mL, recoberto com papel alumínio, e armazenado na geladeira até a análise. O mesmo procedimento foi realizado para amostras de gengibre *in natura*. Os resultados obtidos para rendimento de extração foram calculados em base seca.

4.2.7. Análise do Óleo Essencial

A determinação da composição química dos óleos essenciais foi realizada em cromatógrafo em fase gasosa com detector de massa (SHIMADZU, GC QP 2010-Ultra) equipado com coluna capilar de sílica fundida (NTS 05 ms; 30 m x 0,25 mm x 0,24 µm) e usando hélio como gás de arraste, segundo metodologia adaptada de Mesomo (2013). As temperaturas do injetor e detector foram ambas de 250°C. A programação usada foi de: 60°C por 2 min, 60 – 120°C a 2°C.min⁻¹, 120 - 200°C a 4°C.min⁻¹ e o instrumento foi operado no modo splitless. As amostras preparadas para a injeção foram obtidas pela diluição simples do extrato coletado em n-hexano, sendo que o volume injetado foi de 2 µL. O estudo do perfil dos componentes do óleo foi realizado utilizando a normalização simples da área, em que a área de cada constituinte do cromatograma foi dividida pela área total dos compostos detectados e o valor obtido foi multiplicado por 100. A identificação de cada componente foi confirmada através de comparação com o espectro de massa presente na biblioteca do equipamento (NIST08, NIST08s, NIST11 e NIST11s). A determinação foi realizada em triplicata.

4.3. Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas com 95 % de significância ($p < 0,05$). A comparação de médias foi realizada usando o Teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização do Gengibre “*In natura*”

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para as análises do gengibre moído *in natura* quanto à acidez titulável, compostos fenólicos, teor de umidade, atividade antioxidante, TBARS e cor. Os resultados estão expressos em base seca.

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

Análises	Resultados
Umidade (% , m/m)	88 ± 1
Atividade de Água (Aw)	0,97 ± 0,01
Acidez titulável (miliequivalentes de base/100 g)	10,8 ± 0,3
Compostos Fenólicos (mg AG/100 g)	1103 ± 8
Capacidade antioxidante (g amostra/g de DPPH)	6,0 ± 0,1
TBARS (mg MDA/kg)	2,8 ± 0,2
L*	57 ± 1
C*	29 ± 2
H*	80 ± 2

Média ± intervalo de confiança (n=3) para 95% de confiabilidade. Fonte: Elaborada pelo autor.

O gengibre apresentou umidade de 88 ± 1% (m/m), sendo esse resultado semelhante ao apresentado por Magalhães et al. (1997), Leonel, Sarmiento e Ferrari (2005) e Prato (2010), que obtiveram valores de 80-85%, 84,37%, e 83-90%, respectivamente. A atividade de água de gengibre foi de 0,97 ± 0,01, valor elevado e determinante para o crescimento de micro-organismos (SANDULACHI, 2012).

A acidez do gengibre *in natura* apresentou valor de 10,8 ± 0,3 mEq/100 g. Os principais ácidos fenólicos presentes no gengibre são o salicílico, cafeico, gálico e ferúlico (BEAL, 2006).

A determinação de compostos fenólicos apresentou valor de 1103 ± 8 mg AG/100 g, valores próximos foram obtidos por Beal (2006), utilizando diferentes formas de extração, com valores de 846,37 a 1409,05 mg AG/100 g e An et al, (2016) avaliando o extrato de fatias de gengibre, obtido pelo método de microextração em fase sólida (SPME), obteve valores de 1197 ± 33 mg AG/100 g para o extrato de gengibre *in natura*. No entanto Sousa et al. (2013) avaliando extrato etanólico de gengibre descascado obteve o valor de 249,96 ± 16 mg AG/100 g, Maizura et al. (2011) avaliando o extrato de gengibre descascado obtido com extrator de suco obteve valores de 101,56 mg AG/100 g. Essa diferença pode estar

relacionada ao tratamento da matéria-prima para obtenção do extrato, pois, durante o descascamento o parênquima cortical do gengibre, rico em óleo essencial, pode ser atingido ou até removido, acarretando na perda de compostos voláteis e pungentes do gengibre, dentre os quais estão os gingeróis e shogaóis (RAVINDRAN e BABU, 2005). Segundo Junior (2008), a concentração dos compostos bioativos do gengibre pode variar de acordo com alguns fatores como a espécie do gengibre, o tipo de solo que ele foi cultivado, o clima, o tempo de colheita, entre outros.

Quanto à capacidade de sequestro do radical DPPH medido pelo EC_{50} , o valor obtido foi de $6,0 \pm 0,1$ g (g amostra/g DPPH). Esse valor demonstra que o gengibre *in natura* apresenta elevada capacidade antioxidante, pois seguindo o princípio é necessário 6 g de amostra para reduzir 1 g do radical DPPH em 50%. Os extratos de gengibre são amplamente estudados em relação a sua capacidade antioxidante, sendo que na literatura muitos trabalhos relatam tal potencial (YEH et al., 2014; AN et al., 2016; ALI, EL-NOUR e YAGI, 2018).

O valor obtido para o teste de TBARS foi de $2,8 \pm 0,2$ mg MDA/kg. O teste do TBA mede o total de carbonilas (malonaldeído), ou compostos seletivos de carbonila, e a ocorrência de odores do *off flavour* devido à formação de produtos voláteis de decomposição de hidroperóxidos (CAVA, 2007; PEREIRA, 2009). Sendo assim, o teste é importante, pois fornece informações a respeito do estado de conservação dos lipídeos e nível de rancidez do alimento. Entretanto não foram encontrados na literatura trabalhos referentes à peroxidação lipídica de gengibre desidratado.

Já para a análise de cor do gengibre foi obtido 57 ± 1 para o parâmetro L^* (Luminosidade), 29 ± 2 para C^* (Saturação) e 80 ± 2 para H^* (Tonalidade). O parâmetro H^* teve valor coerente com a amostra de gengibre, uma vez que a tonalidade do gengibre deve variar de entre 0° e 90° , sendo que quanto mais próximo de 90° , mais intensa será a cor amarela e quanto mais próxima de 0° 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 à intensidade de cor de uma amostra e varia de zero, indicativos de cores mais neutras (branco e/ou cinza) à 60, indicando cores mais vívidas e/ou intensas, ou seja, quanto maior for esse parâmetro, mais intensa é a cor. Contudo, a saturação do gengibre é de 29 ± 2 , 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 57 ± 1 , observando uma cor mais clara. Verificou-se a ausência de conteúdo na literatura para possível comparação.

5.2. Estudo da Cinética de Secagem.

A partir dos dados da cinética de secagem foram construídas as curvas de umidade $X_{bs}(t)$. Por meio dessas curvas foi identificado o tempo necessário para a secagem de cada amostra, em cada temperatura e respectivo equipamento. Na Figura 9 são mostradas as curvas $X_{bs}(t)$ de secagem em estufa CC e SC para as diferentes formas de fracionamento do gengibre.

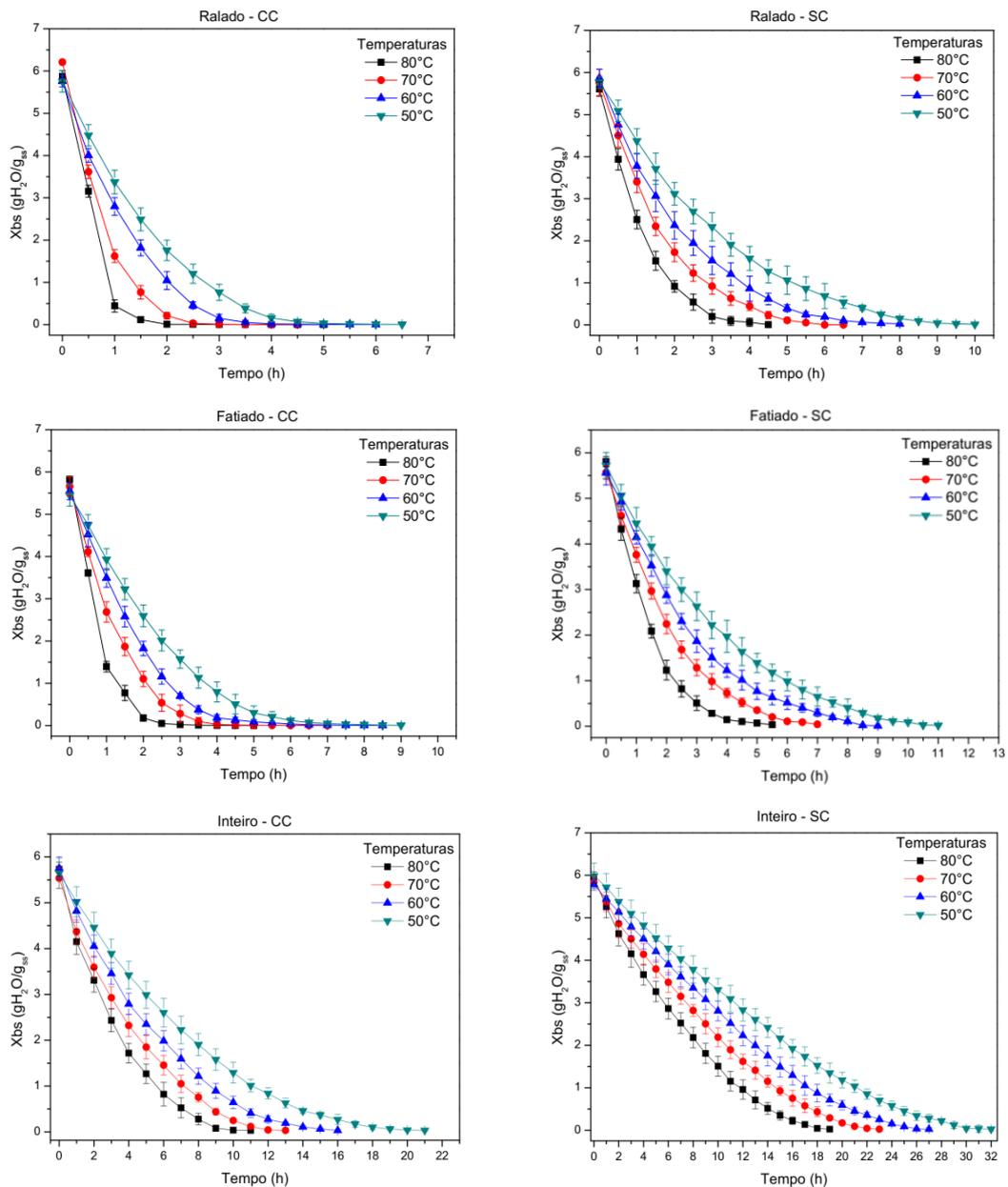


Figura 9: Representação gráfica $X_{bs}(t)$ para os diferentes métodos de desidratação em estufa e diferentes temperaturas: (CC – estufa com circulação e renovação de ar; SC – estufa sem circulação e renovação de ar)

Como mostrado na Figura 9, o aumento da temperatura promoveu a desidratação mais eficiente do gengibre, ou seja, em menor tempo. Isso ocorre devido ao aumento de potencial de secagem, ou seja, aumento da energia fornecida, causando a elevação da temperatura do ar e, conseqüentemente, a redução da umidade relativa do ar de secagem (GAVA, 2010). Portanto, como é descrito na literatura, a taxa de secagem é diretamente proporcional à temperatura usada no processo (CAVARIANI et al., 1999). As diferenças entre os processos ficam mais evidentes quando comparados os tempos para obtenção de massa constante de cada ensaio, os quais estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Tempo, em horas, para a obtenção de massa constante para os métodos de desidratação em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
80	3,7 ± 0,3 ^{dC}	5,0 ± 0,6 ^{dB}	18,2 ± 0,3 ^{dA}	1,8 ± 0,3 ^{cC}	2,5 ± 0,3 ^{dB}	10,0 ± 0,6 ^{dA}
70	5,8 ± 0,3 ^{cC}	6,8 ± 0,3 ^{cB}	22,0 ± 0,6 ^{cA}	2,7 ± 0,3 ^{bC}	4,2 ± 0,3 ^{cB}	12,0 ± 0,6 ^{cA}
60	6,7 ± 0,3 ^{bC}	8,5 ± 0,3 ^{bB}	25,8 ± 0,3 ^{bA}	3,5 ± 0,6 ^{bC}	5,7 ± 0,3 ^{bB}	15,0 ± 0,6 ^{bA}
50	9,0 ± 0,6 ^{aC}	10,5 ± 0,6 ^{aB}	30,2 ± 0,3 ^{aA}	4,8 ± 0,3 ^{aC}	7,5 ± 0,3 ^{aB}	19,7 ± 0,8 ^{aA}

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 pelo autor.

Avaliando a Figura 9 e a Tabela 2 verifica-se que, no geral, não houve tempos de desidratação iguais para temperaturas diferentes, ou seja, praticamente todos variaram estatisticamente, sendo que o menor tempo de desidratação ocorreu para a amostra ralada submetida à desidratação em estufa CC na temperatura de 80°C.

Já para o processo de liofilização os tempos de desidratação foram de 4,5 ± 0,5, 5,7 ± 0,3 e 19,0 ± 0,3 horas para as formas de fracionamento ralada, fatiada e inteira, respectivamente. Os valores de tempo obtidos pela liofilização se aproximam dos tempos das temperaturas de 50 a 60°C na desidratação realizada em estufa CC e 70 a 80°C na desidratação realizada em estufa SC, levando em consideração o respectivo método de fracionamento da amostra. Na Figura 10 são mostradas as curvas Xbs (t) da desidratação em liofilizador para as diferentes formas de fracionamento do gengibre.

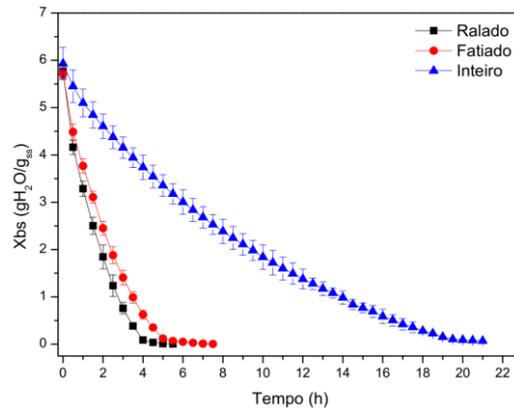


Figura 10: Representação gráfica $X_{bs}(t)$ das diferentes formas de fracionamento do gengibre desidratados em liofilizador

Avaliando as Figuras 9 e 10 e a Tabela 2, verifica-se que houve diferença nos tempos de secagem, tanto entre as diferentes temperaturas, entre as diferentes formas de fracionamento, como também entres os métodos de secagem utilizados. Isso se deve ao fenômeno de transferência de massa e calor que é característico de cada processo.

Observa-se que as curvas $X_{bs}(t)$ apresentaram formas bem definidas, sem grandes disparidades nos pontos, demonstrando uma condição de homogeneidade no secador, como também seguiram um comportamento típico de desidratação de sólidos com ar aquecido. Observou-se que o período de estabilização ou de indução da secagem, adaptação do objeto ao meio de secagem (os primeiros valores obtidos) (Figuras 9 e 10), do gengibre foi desprezível, pois a resposta do sólido frente à variação repentina das condições externas ocorreu quase que instantaneamente.

Verificou-se também que na secagem do gengibre houve um período de taxa de secagem constante (Figuras 9 e 10), a qual é resultado de uma camada de água saturada na superfície do sólido, nessa situação a secagem acontece da mesma forma que ocorre em uma massa de água pura, sem haver influência direta do material sólido na secagem. Essa taxa constante é observada desde o início da secagem até quase próximo da secura do gengibre, sendo que para as menores temperaturas e para a forma de fracionamento inteiro, esse período foi maior (Figura 9 e 10). Nessa situação a movimentação da água do interior do sólido para a superfície ocorre à mesma velocidade que a de evaporação na superfície.

Segundo Foust et al. (2008) a taxa constante de secagem pode ser curta e até mesmo inexistente em determinados casos, como na secagem de sólidos fibrosos, onde o movimento do líquido ocorre predominantemente por difusão através do sólidos onde a velocidade de difusão é muito menor quando comparada com a de migração de água por gravidade e por

capilaridade. No entanto o gengibre, mesmo sendo considerado um sólido fibroso, apresentou períodos de taxa constante de secagem, que dependeu fortemente das metodologias de secagem e da forma de fracionamento da amostra. Verifica-se que esse período foi maior para as temperaturas menores e para a forma de fracionamento inteiro (Figura 9 e 10).

Neste período, a força motriz que define o movimento do vapor d'água ao longo da camada fina de ar estático é o gradiente de pressão do vapor d'água entre a superfície da amostra e a corrente principal do ar de secagem, que é dependente da temperatura. Desta forma, quanto maior a temperatura de secagem, maior o gradiente de pressão do vapor d'água e mais rapidamente ocorre a evaporação da água da superfície do gengibre, isso explica a necessidade de maior tempo de secagem para atingir a umidade crítica na temperatura de 50°C.

Diante desta situação, a temperatura pode ser considerada uma variável de grande influência na secagem de gengibre em bandejas, fato também reportado na literatura por Chaves et al. (2003) ao avaliarem o processo de secagem de fatias de berinjela nas temperaturas de 50, 70 e 90°C e Prato (2010) avaliando a secagem de gengibre fatiado submetido a diferentes ambientes de desidratação.

Observou-se também o efeito direto da temperatura com o ar de secagem na desidratação do produto, pois o uso da circulação e renovação de ar forçado proporcionaram aos ensaios atingir teores de umidade mais baixos em períodos de tempo mais curtos (Tabela 2). Na condição SC a velocidade de secagem se anula num intervalo de tempo maior devido à resistência da transferência de massa influenciado pela saturação do ar e praticamente ausência de convecção. Porém, no caso da secagem realizada em estufa CC, 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. Características semelhantes foram observadas pelos mesmos autores citados anteriormente.

Já o processo de liofilização envolve dois princípios: a sublimação e a dessorção. Inicialmente ocorre uma secagem primária em que a água do alimento, que foi congelada, é removida por sublimação sob vácuo. Em regra a maior parte da água do produto é eliminada nessa fase, entretanto isso depende da qualidade do congelamento. Vieira et al. (2012), avaliando a cinética de secagem de fatias de abacaxi liofilizadas, observaram que a difusividade efetiva correspondente ao período inicial da liofilização foi fortemente

influenciada pelas condições de congelamento da amostra, pois segundo o autor a taxa de congelamento teve efeitos significativos sobre a difusividade efetiva. Já a secagem secundária, também chamada de dessorção, ocorre depois que todo gelo já foi eliminado, mas ainda há a presença de água líquida, sendo que esse processo corresponde de 30 a 50% do tempo gasto na etapa anterior (ORDÓÑEZ, 2005).

Observou-se que a liofilização do gengibre apresentou um padrão para as formas de fracionamento ralado e fatiado (Figura 10), em que os tempos de desidratação foram menores e próximos entre si, entretanto, para o gengibre inteiro, o processo de secagem foi contínuo e longo, uma explicação seria a resistência ao processo de difusão da água sublimada através dos poros do gengibre.

Ainda segundo Vieira et al. (2012) avaliando a difusividade da água em fatias de abacaxi com espessuras de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, submetidas a diferentes temperaturas de congelamento de -14, -24 e -34°C antes do processo de liofilização, obteve melhores difusividade nas fatias de menor espessura, por outro lado, quanto ao efeito da temperatura, os maiores valores de difusividade foram observados na temperatura de congelamento intermediária (-24 °C).

Poucos são os trabalhos que levam em consideração a cinética de secagem nos processos de liofilização de frutas e vegetais, sendo que outros métodos de secagem, como os convencionais a ar quente são bastante discutidos.

Levando em consideração o tempo gasto com a secagem, a melhor combinação de parâmetro é aquela que usa maior temperatura, maior fragmentação da amostra e uso de renovação e circulação de ar forçada. Entretanto nessa fase do trabalho é difícil considerar qual será a melhor metodologia para desidratação do gengibre, pois ainda não foram mensuradas as alterações ocasionadas pelo processo de desidratação sobre suas propriedades biológicas.

5.3. Obtenção das Curvas de “ $A_w \times t$ ”

A_w é um parâmetro que se relaciona com a estabilidade e tempo de estocagem de qualquer produto, pois seus valores estão diretamente relacionados com a disponibilidade de água para reações. Alimentos com A_w acima de 0,90 favorecem a atividade microbológica, já nos valores 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). Nos valores menores ou iguais a 0,30

ocorre a diminuição da velocidade das reações, exceto a oxidação lipídica que pode ocorrer em toda faixa de Aw, entretanto é favorecida nos valores menores que 0,2 e maiores que 0,5 (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Na Figura 11 está apresentado o comportamento da Aw avaliada durante o processo de desidratação das diferentes formas de fracionamento do gengibre, secados em estufa CC e SC.

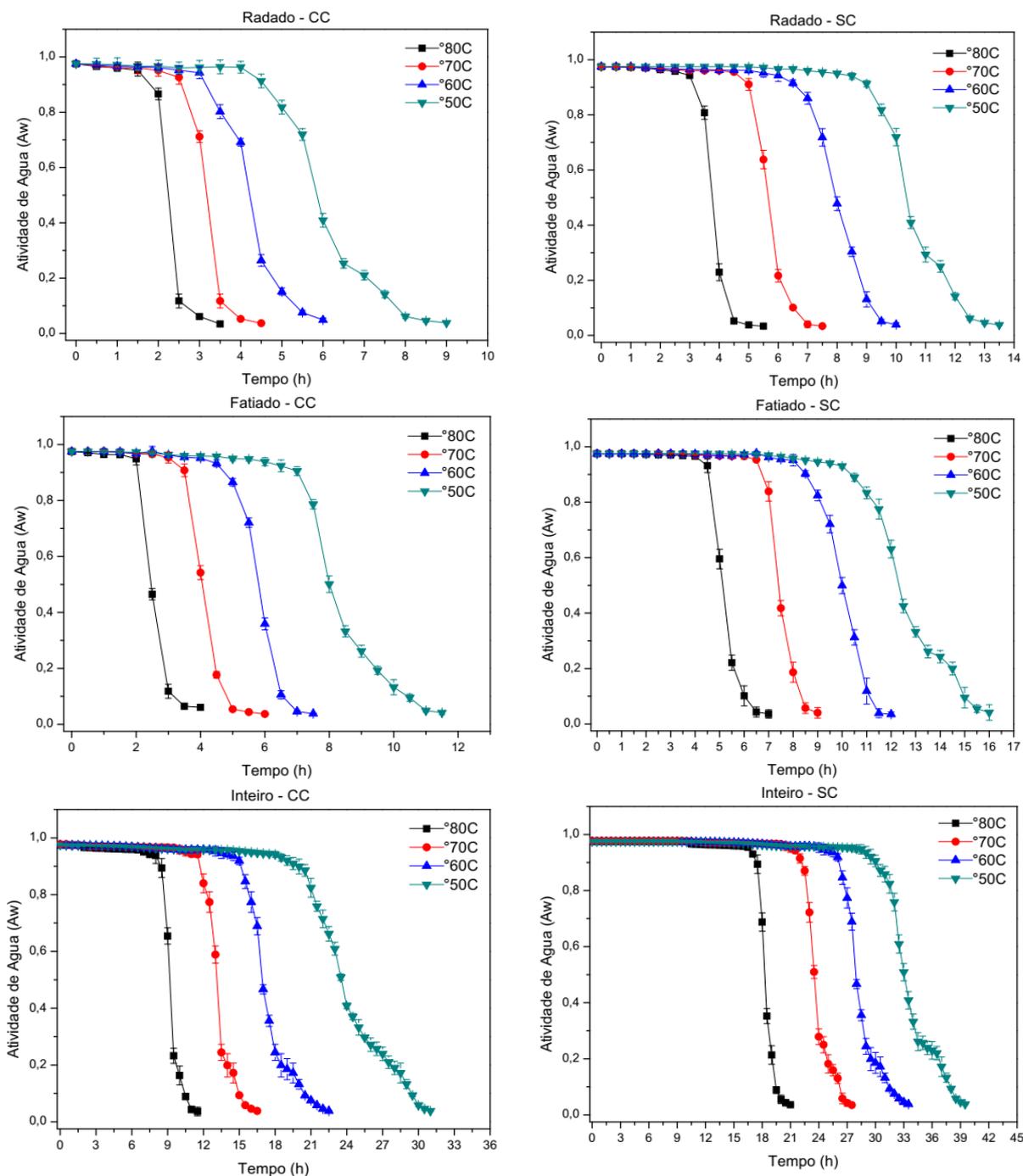


Figura 11: Representação gráfica da Aw para as diferentes formas de fracionamento do gengibre desidratado nas diferentes temperaturas e na secagem em estufa CC e SC

Segundo Ribeiro e Seravalli (2007), em valores de A_w abaixo de 0,4 a água está fortemente ligada e geralmente não disponível para as reações de deterioração, entretanto em valores abaixo de 0,2 a oxidação química dos lipídios é fortemente incrementada devido a maior exposição dos grupos reativos. Sendo que um produto com A_w em torno de 0,3 é bastante estável à reações de oxidação, reações de escurecimento e reações microbiológicas (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003). As diferenças entre os processos ficam mais evidentes quando comparados os tempos para obtenção do valor de A_w abaixo de 0,3 para os ensaios em estufa, os quais estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Tempo, em horas, para a obtenção do valor de atividade de água (A_w) abaixo de 0,3 para os métodos de desidratação em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
80	4,0 ± 0,3 ^{dC}	5,5 ± 0,6 ^{dB}	19,0 ± 0,3 ^{dA}	2,5 ± 0,3 ^{dC}	3,0 ± 0,3 ^{dB}	9,5 ± 0,6 ^{dA}
70	6,0 ± 0,3 ^{cC}	8,0 ± 0,3 ^{cB}	24,5 ± 0,3 ^{cA}	3,5 ± 0,6 ^{cC}	4,5 ± 0,3 ^{cB}	13,5 ± 0,3 ^{cA}
60	8,5 ± 0,6 ^{bC}	11,0 ± 0,3 ^{bB}	29,0 ± 0,6 ^{bA}	4,5 ± 0,3 ^{bC}	6,5 ± 0,6 ^{bB}	18,0 ± 0,3 ^{bA}
50	11,0 ± 0,3 ^{aC}	13,5 ± 0,6 ^{aB}	34,5 ± 0,3 ^{aA}	6,5 ± 0,3 ^{aC}	9,0 ± 0,6 ^{aB}	25,5 ± 0,6 ^{aA}

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 pelo autor.

Avaliando a Figura 11 e a Tabela 3 é possível observar que a forma de fracionamento do gengibre que mais rápido obtém $A_w < 0,3$ foi para o tipo de fracionamento ralado, desidratado em estufa CC, na qual levou 2,5, 3,5, 4,5 e 6,5 horas nas temperaturas de 80, 70, 60 e 50°C, respectivamente. Em contrapartida a forma de fracionamento inteiro desidratado em estufa SC levou 19, 24, 29,5 e 34,5 horas para alcançar a mesma condição.

Observa-se que, no geral, os tempos para atingir valores de $A_w < 0,3$ foram maiores para as temperaturas menores e para as amostras menos fracionadas, como também para os processos em estufa SC. Esse fato tem relação com a evaporação da água durante o processo de secagem. Em temperaturas mais elevadas, a taxa de evaporação da água é maior (FOUST, 2008) e isso vai influenciar o teor de umidade e conseqüentemente, a atividade de água do produto.

Verifica-se que os gráficos da cinética de secagem Figura 9 apresentaram comportamento bem distinto quando comparados com os gráficos da Figura 11, pois a água inicialmente eliminada durante a secagem é a água livre, período em que a atividade de água

não é alterada. Somente ao final do processo de secagem que a atividade de água apresenta quedas abruptas, esse efeito demonstra que é pequena a porção de água ligada, a qual pode estar ligada por pontes de hidrogênio e interações dipolo-dipolo nas camadas mais estruturadas da amostra de gengibre (REID, 2007).

O mesmo comportamento da redução da A_w durante distintos processos de secagem foram observados por Cano-Chauca, (2000) durante a desidratação de banana nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, Monteiro et al. (2015) na desidratação de tomate uva e cenoura em micro-ondas, Monteiro et al. (2016) avaliando a secagem de chips de banana em micro-ondas e Monteiro et al., (2018) avaliando a secagem de fatias de abóbora em micro-ondas.

Já no processo desidratação do gengibre em liofilizador, para obter valor de $A_w < 0,3$ foi necessário 5, 7 e 22,5 horas de secagem para as amostras ralada, fatiada e inteira, respectivamente. Na Figura 12 está representado o gráfico da A_w em função do tempo de desidratação por liofilização para as diferentes formas de fracionamento do gengibre.

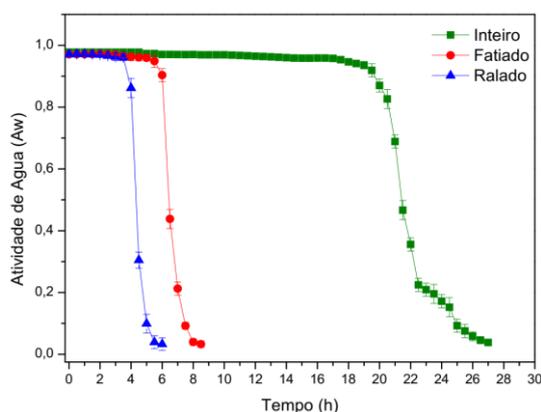


Figura 12: Representação de A_w para as diferentes formas de fracionamento do gengibre desidratados em liofilizador

Comparando os valores obtidos de A_w para os três diferentes processos de secagem (estufa CC e SC e liofilizador) verifica-se que a redução da A_w para todas as formas de fracionamento no liofilizador se aproximam dos resultados obtidos na secagem em estufa CC na temperatura de 50 a 60°C e na estufa SC na temperatura entre 70 a 80°C.

Embora não tenha havido relato da avaliação da A_w durante processo de liofilização para o gengibre, verifica-se que a redução deste parâmetro durante o processo de liofilização apresentou o mesmo comportamento obtido nas secagens em estufa, como também com os dados da literatura para desidratação de outros alimentos.

5.4. Caracterização do Gengibre Seco

5.4.1. Cor

A cor de produtos desidratados é uma característica importante, pois, representa parâmetro de qualidade, de forma a influenciar na aceitação do produto pelo consumidor. Mudanças (reações químicas e bioquímicas) na cor dos alimentos, de alguma forma sendo positiva ou negativa, constituem um fenômeno comum que é ocasionado durante o processamento e armazenagem (FELLOWS, 2006). Sendo assim foi avaliada a cor do gengibre nos três processos de secagem e para as três formas de fracionamento. Na Tabela 4 são apresentados os valores dos parâmetros: L*; C* e H*.

Tabela 4: Parâmetros de cor L* (Luminosidade), C* (Saturação) e H (Tonalidade) em amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
L*						
50	52,9 ± 0,6 ^{ab}	54,8 ± 1,0 ^{ab}	59,8 ± 1,3 ^{aA}	54,0 ± 0,6 ^{aC}	55,8 ± 1,0 ^{aB}	60,8 ± 1,2 ^{aA}
60	52,8 ± 0,4 ^{aC}	54,5 ± 0,7 ^{ab}	59,4 ± 0,9 ^{aA}	53,6 ± 0,3 ^{aC}	55,4 ± 0,6 ^{aB}	60,3 ± 0,9 ^{aA}
70	52,7 ± 0,2 ^{aC}	54,4 ± 0,8 ^{ab}	59,2 ± 1,0 ^{aA}	53,3 ± 0,1 ^{aC}	55,1 ± 0,8 ^{aB}	59,9 ± 1,0 ^{aA}
80	52,6 ± 0,4 ^{aC}	54,4 ± 0,7 ^{ab}	59,2 ± 1,0 ^{aA}	53,1 ± 0,4 ^{aC}	54,8 ± 0,7 ^{aB}	59,7 ± 0,9 ^{aA}
H*						
50	68,9 ± 0,6 ^{ab}	70,0 ± 0,6 ^{ab}	75,9 ± 0,2 ^{aA}	70,5 ± 0,6 ^{aB}	71,5 ± 0,6 ^{aB}	77,0 ± 0,2 ^{aA}
60	68,9 ± 1,3 ^{ab}	70,2 ± 0,2 ^{ab}	75,9 ± 1,6 ^{aA}	70,6 ± 1,3 ^{aB}	71,7 ± 0,3 ^{aB}	77,0 ± 1,5 ^{aA}
70	68,2 ± 0,3 ^{ab}	69,9 ± 0,4 ^{ab}	76,0 ± 1,5 ^{aA}	70,5 ± 0,3 ^{aB}	71,6 ± 0,5 ^{aB}	77,1 ± 1,4 ^{aA}
80	68,4 ± 0,6 ^{ab}	70,1 ± 0,7 ^{ab}	76,1 ± 2,0 ^{aA}	70,4 ± 0,6 ^{aB}	71,5 ± 0,7 ^{aB}	76,9 ± 1,9 ^{aA}
C*						
50	24,1 ± 0,8 ^{aA}	20,0 ± 0,4 ^{ab}	19,4 ± 0,3 ^{aB}	23,5 ± 0,8 ^{aA}	19,4 ± 0,4 ^{aB}	18,9 ± 0,3 ^{aB}
60	24,3 ± 0,5 ^{aA}	20,3 ± 0,5 ^{ab}	19,6 ± 0,5 ^{aB}	23,6 ± 0,4 ^{aA}	19,5 ± 0,5 ^{aB}	19,0 ± 0,5 ^{aB}
70	24,6 ± 1,7 ^{aA}	20,2 ± 0,4 ^{ab}	19,9 ± 0,5 ^{aB}	24,0 ± 1,8 ^{aA}	20,0 ± 0,4 ^{aB}	19,3 ± 0,5 ^{aB}
80	24,5 ± 1,1 ^{aA}	20,6 ± 0,2 ^{ab}	20,0 ± 0,3 ^{aB}	24,0 ± 1,0 ^{aA}	20,2 ± 0,2 ^{aB}	19,3 ± 0,3 ^{aB}

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 pelo autor.

Na Tabela 4 é possível observar que para o parâmetro L^* os valores obtidos apresentaram diferença estatística entre as formas de fracionamento da amostra para os dois processos de secagem, já quando comparada as temperaturas usados na desidratação, embora o aumento da temperatura tenha reduzido a luminosidade (amostra mais escura) os resultados não apresentaram diferença significativa, ou seja, o aumento da temperatura não alterou significativamente a luminosidade do gengibre desidratado em nenhuma das duas metodologias de secagem em estufa. As características de cor também podem ser observadas na Figura 13.

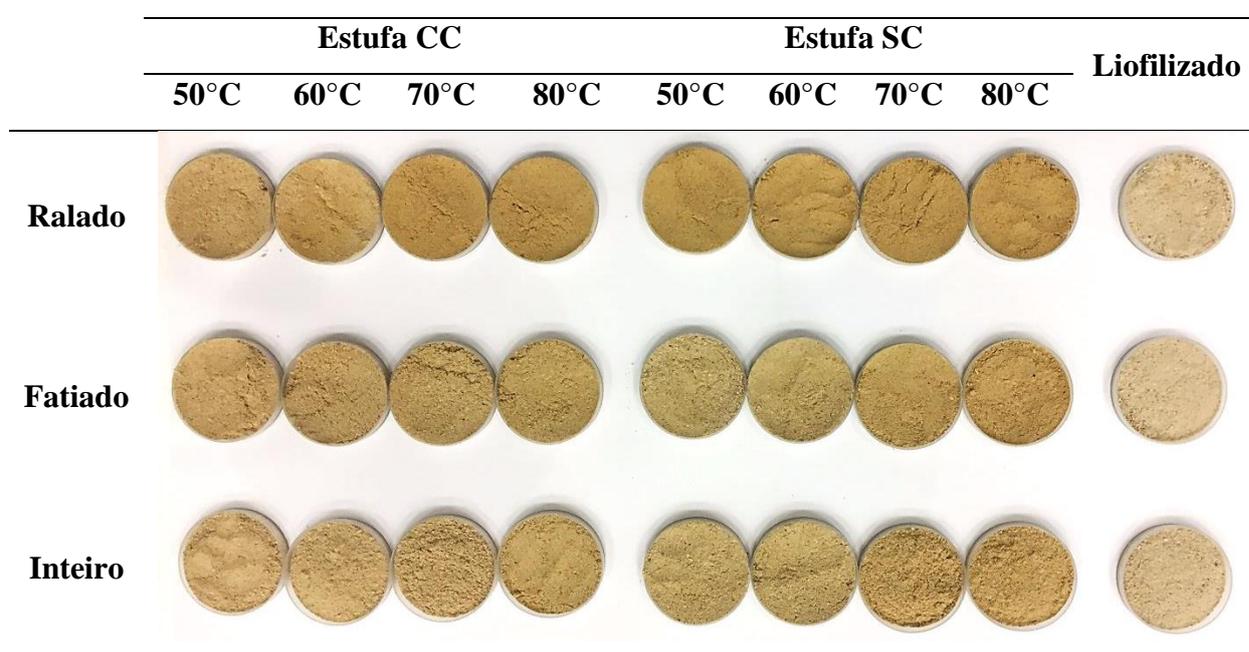


Figura 13: Gengibre em pó obtido após a secagem das diferentes formas de fracionamento das amostras na estufa com circulação de ar (CC), estufa sem circulação de ar (SC) e por liofilização. Fonte: Elaborada pelo autor

Na comparação entre os métodos de secagem, foi possível observar que os ensaios realizados em estufa CC apresentaram resultados maiores do parâmetro L^* (maior luminosidade) quando comparado com as secagens em estufa SC. Uma explicação deste fenômeno seria em resposta ao tempo de secagem dos ensaios, pois, as amostras submetidas à estufa SC apresentaram tempos de desidratação superiores, favorecendo ainda mais as reações de Maillard (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007), em que, para as amostras raladas o tempo necessário para desidratação foi o dobro; para as amostras fatiadas o tempo de desidratação foi de 2,5 a 3,0 horas superior; já para as amostras inteiras o tempo de desidratação variou de 8 a 11 horas de diferença entre os processos em estufa SC e CC.

Porém quando comparando com amostra *in natura* com valor $L^* = 57 \pm 1$ (Tabela 1), observa-se que esta apresentou valor inferior aos obtidos para a forma de fracionamento inteiro desidratado tanto em estufa SC como em CC, sendo assim verifica-se que o processo de secagem reduziu a luminosidade das amostras, salvo para a forma de fracionamento inteiro. Já para o processo de liofilização os valores obtidos para o parâmetro L^* não apresentaram diferença significativa e foram de $76,0 \pm 1,5^a$, $75,1 \pm 0,8^a$ e $75,3 \pm 1,2^a$ para a amostra ralada, fatiada e inteira, respectivamente. Verifica-se que os valores obtidos em estufa foram inferiores aos encontrados no processo de liofilização, essa característica pode estar associada à ação da temperatura e oxigênio na secagem em estufa, o que favoreceu a reação de Maillard levando a formação de melanoidinas, que tem coloração marrom e provocam a diminuição da luminosidade (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Para o parâmetro C^* (Tabela 4) as formas de fracionamento inteiro e fatiado não apresentaram diferença estatística, entretanto estes diferiram estatisticamente da forma de fracionamento ralado, o qual apresentou maior valor, o que significa maior saturação das cores. Entretanto não foi verificada diferença significativa com relação ao aumento da temperatura de secagem para todas as formas de fracionamento da amostra. Quanto ao tipo de estufa utilizada, verificou-se pequena alteração nos valores, sendo que o procedimento de secagem em estufa SC apresentou valores ligeiramente superiores para o parâmetro avaliado. Esses valores atribuem à forma de fracionamento ralado maior intensidade (C^*). Contudo, quando estes resultados são comparados com o da amostra *in natura* (Tabela 1) que foi de 29 ± 2 , observou-se que as amostras secas apresentaram valores menores, sendo assim, pode-se concluir que na amostra *in natura* a cor é mais intensa do que as amostras secas. Para as amostras liofilizadas os valores do parâmetro C^* não apresentaram diferença significativa e foram de $20,1 \pm 0,8^a$, $19,5 \pm 1,0^a$ e $19,9 \pm 0,9^a$ para a amostra ralada, fatiada e inteira, respectivamente. Com isso é possível observar que não houve diferença estatística entre os valores obtidos na liofilização, e que a saturação do gengibre seco por liofilização é menor que a do gengibre seco por estufa e *in natura*. As amostras secas em estufa apresentaram maior saturação, quando comparada com os ensaios de liofilização, essa característica provavelmente está associada à exposição da amostra a oxidação e reação de Maillard (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Já o valor de H^* para o gengibre deve variar entre 0° e 90° , quanto mais próximo de 90° , mais intensa será a cor amarela e quanto mais próxima de 0° mais intensa será a cor vermelha. Neste caso não houve alteração significativa nos valores de H^* (Tabela 4) para as formas de

fracionamento ralado e fatiado, sendo que ambas diferiram da forma de fracionamento inteiro, onde este apresentou valores superiores, ou seja, uma tendência para a coloração amarela. Verificou-se também que a secagem em estufa SC apresentou valores menores, ou seja, uma tendência para a coloração vermelha, entretanto o aumento da temperatura de secagem não afetou significativamente os valores obtidos para ambos os processos e para ambas as formas de fracionamento. Os valores para o parâmetro H* do gengibre *in natura* (Tabela 1) foi de 80 ± 2 , valor superior aos obtidos para as amostras submetidas à secagem em estufa, sendo assim verifica-se que este parâmetro tende a diminuir com o aquecimento. Já para as amostras liofilizadas houve um aumento do parâmetro H*, sendo esse de $83,3 \pm 1,5^a$, $84,7 \pm 0,8^a$ e $85,1 \pm 1,2^a$ para a amostra ralada, fatiada e inteira, respectivamente, não sendo verificada diferença estatística. Verifica-se que estes valores foram maiores do que a amostra *in natura*, como também para as amostras secas em estufa.

Pode-se concluir que a tonalidade do gengibre tende para a coloração amarela, entretanto com o aumento do fracionamento ocorre uma leve tendência para o vermelho, provavelmente devido à intensificação das reações de Maillard, quando a matriz do alimento está mais exposta a reações com o oxigênio atmosférico (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

5.4.2. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos nos alimentos, sendo a quantidade presente na alimentação humana bastante significativa (SOARES, 2002). Entretanto o processamento de alimentos apesar de necessário pode provocar degradações de nutrientes lábeis e compostos bioativos, alterando assim a composição nutricional dos alimentos. Os principais parâmetros que contribuem para a degradação 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 5 são apresentados os resultados da determinação de compostos fenólicos para os dois procedimentos de secagem CC e SC. Já na Tabela 6 são apresentados os percentuais de perda de compostos fenólicos, tomando como parâmetro o valor obtido para a amostra *in natura*.

Tabela 5: Teor de compostos fenólicos (mg de AG/100 g) em amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
50	795 ± 4 ^{aC}	887 ± 8 ^{aB}	972 ± 4 ^{aA}	901 ± 7 ^{aC}	979 ± 5 ^{aB}	1023 ± 9 ^{aA}
60	757 ± 8 ^{bC}	817 ± 9 ^{bB}	931 ± 4 ^{bA}	882 ± 7 ^{bC}	901 ± 6 ^{bB}	1013 ± 8 ^{abA}
70	660 ± 9 ^{cC}	783 ± 7 ^{cB}	879 ± 9 ^{cA}	765 ± 9 ^{cC}	878 ± 1 ^{cB}	998 ± 7 ^{bcA}
80	619 ± 6 ^{dC}	760 ± 2 ^{dB}	842 ± 6 ^{dA}	724 ± 10 ^{dC}	844 ± 2 ^{dB}	992 ± 8 ^{cA}

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 pelo autor.

Tabela 6: Percentual de perda de compostos fenólicos para as amostras de gengibre secas, quando comparadas com o valor obtido para a amostra *in natura*

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
50	28%	20%	12%	18%	11%	7%
60	31%	26%	16%	20%	18%	8%
70	40%	29%	20%	31%	20%	10%
80	44%	31%	24%	34%	23%	10%

Fonte: Elaborada pelo autor.

É observado na Tabela 5 e 6 que a secagem do gengibre proporcionou degradação dos compostos fenólicos, sendo que a degradação foi maior com o aumento da temperatura e também com o aumento do fracionamento do gengibre, sendo que a perda foi significativa em todas as comparações realizadas. Aparentemente o não fracionamento da amostra acabou protegendo os compostos fenólicos, no entanto com o aumento da temperatura ocorreu a degradação, mesmo do produto não fracionado.

Levando em consideração o percentual de perda de compostos fenólicos, apresentado na Tabela 6, verifica-se que para a forma de fracionamento inteiro a redução variou de 12 a 24% e 7 a 10% para a desidratação em estufa SC e CC, respectivamente. Para a forma de fracionamento fatiada a perda variou de 20 a 31% e 11 a 23% para a desidratação em estufa SC e CC, respectivamente. Já para a forma de fracionamento ralada a redução foi maior, em que os valores foram de 28 a 44% e 18 a 34% para a desidratação em estufa SC e CC, respectivamente.

Já as amostras liofilizadas apresentaram compostos fenólicos nas concentrações de 992 ± 10^b , 1033 ± 6^a e 1039 ± 4^a mg AG/100 g para a amostra ralada, fatiada e inteira respectivamente, sendo significativamente menor para a forma de fracionamento ralada, e com percentual de perda de compostos fenólicos de 10, 6 e 6%, respectivamente, quando comparado com o teor de compostos fenólicos da amostra *in natura*. Verificou-se que entre as amostras inteiras e fatiada não houve diferença significativa entre si e que estes valores foram superiores quando comparados com os obtidos para as amostras secas em estufa, entretanto são menores que os valores obtidos para a amostra *in natura* (Tabela 1), que foi de 1103 ± 8 mg AG/100 g. Isso acontece devido o processo de liofilização ser realizado sob vácuo e utilizando baixas temperaturas, reduzindo assim a degradação dos compostos fenólicos, embora ainda se perceba alguma alteração.

Verificou que quanto menos fracionada é a amostra e quanto menor a temperatura utilizada na desidratação, menores foram as perdas de compostos fenólicos. Já na comparação entre as estufas, percebeu-se que a desidratação em estufa CC proporcionou menor perda de compostos fenólicos quando comparada com estufa SC.

Percebeu-se também que os ensaios com gengibre ralado foram os que apresentaram maior degradação, até mesmo na secagem por liofilização, segundo Patras et al. (2011) este efeito está relacionado com a maior exposição do material celular ocasionado pelo processo de moagem, expondo assim os polifenóis e levando-os a oxidação enzimática e não enzimática.

Vários estudos demonstram que o extrato de gengibre está associado a elevado teor de compostos fenólicos (STOILOVA et al., 2007; GÜMÜSAY et al., 2015; AN et al., 2016) De acordo com Gruenwald (2004) e Fenema, Damodaran e Parkin (2010) os gingeróis, compostos majoritários das oleorresinas do gengibre, são cetonas fenólicas com elevada propriedade antioxidante e pungente, entretanto o tratamento com aquecimento pode reduzir a atividade antioxidante e o conteúdo fenólico total nos extratos (SIKORA et al., 2008; DING et al., 2011).

Outra característica é que as altas temperaturas de secagem e as elevadas taxas de redução de água proporcionam também a degradação da estrutura das membranas celulares, causando um aumento da disponibilidade de compostos fenólicos de características ácidas, como os derivados do ácido benzóico e os derivados do ácido cinâmico (SHAHIDI e NACZK, 1995; BORÉM et al., 2008). Com isso é possível presumir que a degradação de

polifenóis foi maior do que a demonstrada nas Tabelas 5 e 6, mas houve a compensação pelo aumento da biodisponibilidade, devido à liberação do material intracelular.

An et al, (2016) avaliando o extrato de fatias de gengibre, obtido pelo método de microextração em fase sólida (SPME), submetido a diferentes formas de secagem, obteve valores de 1197 ± 33 , 969 ± 54 e 1383 ± 31 mg AG /100 g de amostra, para o extrato de gengibre *in natura*, gengibre seco em forno elétrico de secagem termostática a 60°C e liofilizado, respectivamente. Ou seja, valores bem próximos aos obtidos nos experimentos de mesma temperatura e em estufa CC, como também para o gengibre *in natura*.

Já Justo et al. (2008) avaliando extrato de gengibre *in natura* por extração com fluido supercrítico obteve valor para compostos fenólicos de 1360,7 mg AG/100 g de amostra. Gümüşay et al. (2015) avaliando o extrato de gengibre seco ao sol, obteve valores de 1351 ± 62 mg AG/100g de amostra. Por outro lado Ali, El-Nour e Yagi (2018) avaliando o teor de compostos fenólicos em diferentes partes da planta do gengibre obteve valores de 603 ± 43 mg AG/100g para o rizoma liofilizado. Consequentemente, foram obtidos valores diferentes de concentração de compostos fenólicos para processos aparentemente similares, dessa forma pode-se dizer que essa diferença está associada com as diferenças de processamento do gengibre e extração dos compostos fenólicos.

Diversos trabalhos têm demonstrado que o tratamento com aquecimento pode reduzir a atividade antioxidante e o conteúdo fenólico total nos extratos (CHAN; LIM; OMAR, 2007; SIKORA et al., 2008; DING et al., 2011). Entretanto o estudo dos parâmetros de desidratação do gengibre pode reduzir significativamente os problemas relacionados com a degradação térmica dos compostos fenólicos, pois, se for realizada a combinação entre a forma de fracionamento inteira com a desidratação em estufa CC na temperatura de 50 ou 60°C, verificam-se as menores perdas de compostos fenólicos. Valores semelhantes foram obtidos na desidratação em liofilizador para as formas de fracionamento inteiro e fatiado.

5.4.3. Análise da Oxidação Lipídica (TBARS)

Os radicais livres resultantes da peroxidação lipídica são substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sendo que o principal composto produzido é o malonaldeído. A formação de malonaldeído ocorre por meio da quebra de ácidos graxos insaturados e hidrocarbonetos, sendo que a dosagem deste composto é um método muito importante para determinar o grau de peroxidação lipídica, e uma ferramenta para verificar propriedades antioxidantes de determinadas substâncias (RAEL et al., 2004).

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da quantificação do valor de TBARS, das amostras submetidas aos dois processos de secagem em estufa CC e SC.

Tabela 7: Teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg MDA/ kg) em amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
50	3,8 ± 0,1 ^{dA}	3,5 ± 0,1 ^{cB}	3,0 ± 0,1 ^{dC}	3,7 ± 0,1 ^{dA}	3,4 ± 0,2 ^{cAB}	3,1 ± 0,2 ^{dB}
60	4,4 ± 0,2 ^{cA}	4,1 ± 0,2 ^{bAB}	3,9 ± 0,2 ^{cB}	4,2 ± 0,1 ^{cA}	4,0 ± 0,2 ^{bA}	3,6 ± 0,1 ^{cB}
70	4,8 ± 0,2 ^{bA}	4,6 ± 0,2 ^{bAB}	4,4 ± 0,1 ^{bB}	4,6 ± 0,3 ^{bA}	4,4 ± 0,2 ^{bA}	3,9 ± 0,1 ^{bB}
80	5,6 ± 0,3 ^{aA}	5,2 ± 0,1 ^{aA}	4,8 ± 0,1 ^{aB}	5,2 ± 0,2 ^{aA}	5,0 ± 0,1 ^{aA}	4,4 ± 0,2 ^{aB}

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 pelo autor.

A concentração de lipídios no rizoma de gengibre é de 3 - 8%, além da presença de óleos essenciais que podem chegar a 3% da massa seca do rizoma (Magalhães et al., 1997). A partir dos valores apresentados na Tabela 7 é possível identificar que com o aumento da temperatura e do fracionamento da amostra, os valores de TBARS aumentaram, observa-se assim que a oxidação lipídica no gengibre aumentou com o aumento da temperatura, gerando nesta situação, diferença significativa entre os resultados obtidos. A oxidação lipídica leva a ocorrência de reações laterais (polimerização, ciclização e cisão), normalmente pequenas em temperatura normal de armazenamento (RAEL et al., 2004).

É possível observar também que a secagem em estufa CC apresentou menores valores para TBARS, quando comparado com a estufa SC. As hipóteses seriam de que na estufa CC ocorrerá a volatilização, através da corrente contínua de ar, do malonaldeído formado, ou também devido ao tempo de secagem ter sido menor, gerando menor tempo de exposição a elevadas temperaturas e ao oxigênio atmosférico, ocasionando uma menor formação de malonaldeído. Contudo nenhuma destas suposições pode ser confirmada pelos testes realizados.

Para as amostras de gengibre liofilizadas foram obtidos valores de 3,4 ± 0,2^a, 3,0 ± 0,1^b e 3,0 ± 0,1^b mg MDA/kg para a amostra ralada, fatiada e inteira, respectivamente, sendo que o maior valor obtido foi para a amostra ralada, a qual apresentou diferença estatística em relação as outras amostras. Outra característica verificada foi que os valores obtidos para as amostras inteira e fatiada apresentaram-se próximos aos encontrados para a amostra “inteira”

submetida a secagem nos métodos CC e SC em temperatura de 50°C. Além disso, esses valores também são próximos ao valor de TBARS obtido para a amostra *in natura* (Tabela 1), que foi de $2,8 \pm 0,2$. Desta forma verifica-se que não houve praticamente degradação dos compostos lipídicos para esses ensaios.

Não foram encontrados trabalhos similares na literatura, uma justificativa seria de que como os valores obtidos são relativamente pequenos e por também o gengibre possuir elevada capacidade antioxidante, não haveria degradação significativa. Entretanto o trabalho atual demonstrou que existe formação de malonaldeído e em concentrações diferentes dependendo da temperatura e da forma de fracionamento da amostra, sendo que os resultados diferiram estatisticamente.

Observa-se que é possível minimizar os efeitos da temperatura e evitar a oxidação lipídica através da combinação dos parâmetros utilizados na desidratação do gengibre. Pois, verificou-se que, associando a forma de fracionamento inteiro com a desidratação tanto em estufa CC como SC na temperatura de 50°C, obtém-se reduzida formação de MDA, valores muito próximos do obtido para a amostra *in natura*. O mesmo foi observado na desidratação em liofilizador para as formas de fracionamento inteiro e fatiado.

5.4.4. Acidez titulável

Na Tabela 8 são apresentados os valores de acidez titulável para os diferentes fracionamentos do gengibre submetidos à desidratação em estufa com (CC) e sem (SC) circulação forçada de ar. Os dados estão expressos em mEq/100 g de amostra.

Tabela 8: Acidez titulável (mEq/100 g) das amostras de gengibre desidratadas em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
50	$13,2 \pm 0,5^{cA}$	$12,8 \pm 0,3^{dAB}$	$12,1 \pm 0,2^{cB}$	$12,9 \pm 0,2^{cA}$	$12,2 \pm 0,4^{cB}$	$11,5 \pm 0,1^{cC}$
60	$14,3 \pm 0,2^{bA}$	$13,9 \pm 0,3^{cAB}$	$13,5 \pm 0,1^{bB}$	$14,2 \pm 0,1^{bA}$	$13,6 \pm 0,5^{bAB}$	$13,0 \pm 0,2^{bB}$
70	$14,7 \pm 0,3^{bA}$	$14,5 \pm 0,2^{bAB}$	$14,0 \pm 0,5^{bB}$	$14,3 \pm 0,3^{bA}$	$13,9 \pm 0,3^{bA}$	$13,1 \pm 0,3^{bB}$
80	$16,4 \pm 0,4^{aA}$	$16,2 \pm 0,2^{aA}$	$15,0 \pm 0,3^{aB}$	$16,0 \pm 0,3^{aA}$	$15,7 \pm 0,1^{aA}$	$14,1 \pm 0,1^{aB}$

Média \pm 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 pelo autor.

Como pode ser observado na Tabela 8, os resultados obtidos de acidez titulável foram superiores ao valor obtido para a amostra *in natura* (Tabela 1), que foi de 10,8 mEq/100 g. Já

na comparação entre os métodos de secagem, verificou-se que a acidez aumentou com o aumento da temperatura e também com o aumento no fracionamento da amostra, comparando os dois métodos de secagem, sendo que a secagem em estufa SC apresentou resultados maiores de acidez. Essa característica pode estar diretamente relacionada com o processo de oxidação de compostos orgânicos na amostra, principalmente de moléculas alifáticas com grupo OH (álcool primário). Segundo Mcmurry (2008) os grupos OH em moléculas alifáticas são oxidados à aldeído e por fim em ácido carboxílico, sendo esse o estado mais oxidado de compostos orgânicos. Além disso, segundo Borém et al. (2008), as altas temperaturas de secagem e as elevadas taxas de redução de água estariam degradando a estrutura das membranas celulares, causando um aumento da disponibilidade de compostos com características ácidas.

Para a amostra liofilizada ralada, fatiada e inteira os valores obtidos foram de 11,8^a, 11,3^a e 11,2^a mEq/100g, respectivamente. Verificou-se que os valores obtidos na liofilização se aproximaram muito dos valores obtidos para a amostra *in natura* e também com a amostra inteira submetida à secagem em estufa CC a 50°C. Essa variação de valores de acidez para as demais amostras 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 SC.

O gengibre naturalmente possui componentes com características ácidas, é o caso dos ácidos fenólicos. Segundo Shahidi e Naczk (1995), duas são as classes de ácidos fenólicos: os derivados do ácido benzóico e os derivados do ácido cinâmico. O conteúdo de ácidos hidroxibenzóicos em plantas comestíveis é geralmente baixo, com a exceção de algumas frutas, repolho roxo e cebolas, os quais podem conter algumas dezenas de miligramas por quilograma de peso fresco. Além disso, os ácidos hidroxibenzóicos são componentes de estruturas complexas como taninos hidrolisáveis. Já os ácidos hidroxicinâmicos são mais comuns que os hidroxibenzóicos e seus representantes principais são os ácidos salicílico, p-cumárico, caféico, ferúlico e sináptico. Estes ácidos são raramente encontrados na forma livre, exceto em alimentos processados (SHAHIDI, 2004).

Beal (2006) avaliando o perfil antioxidante da presença de ácidos fenólicos no gengibre concluiu que os extratos etéreo e aquoso do gengibre apresentaram elevada atividade antioxidante, proveniente da sua alta quantidade de ácidos fenólicos.

Yeh et al. (2014) avaliando a propriedade de duas variedades de gengibre, Guangdongginger (GG) e Chu-ginger (CG), submetidos a secagem em temperatura de 50°C

por 18 horas identificou cinco ácidos orgânicos nos dois rizomas de gengibre: ácidos cítrico, málico, oxálico, succínico e tartárico. Os teores de ácidos cítrico, málico e succínico foram relativamente baixos nos rizomas de gengibre. Já os ácidos oxálico e tartárico foram os principais. Sendo que os teores totais de ácidos orgânicos foram 37,33 e 91,06 mg/g de peso seco para GG e CG, respectivamente. Segundo o autor esses ácidos são responsáveis por dois sabores típicos, como o azedo e picante, e podem apresentar grande importância para sua aplicação em novos alimentos funcionais ou na culinária normal.

Marques (2006) e Borém et al (2008) estudando os níveis de acidez em função de períodos e temperaturas de secagem de café, observaram elevados níveis de acidez com o aumento da temperatura de secagem. Soares (2002), avaliando os teores de acidez em sementes de soja submetidas a altas temperaturas de secagem, verificou maiores deteriorações pela ocorrência de maiores teores de acidez, em sementes submetidas à secagem drástica. Esses resultados indicam o potencial para a utilização do teste de acidez em trabalhos de avaliação da qualidade do gengibre desidratado.

5.4.5. Capacidade de Sequestro do Radical DPPH

A partir da curva de calibração obtida por regressão linear dos valores de concentração do radical DPPH• e de suas absorvâncias a 515 nm, foram determinadas as porcentagens do radical remanescente nas reações para várias concentrações de extratos ativos e os coeficientes de eficiência EC₅₀ (mg de extrato), definido como a quantidade necessária de extrato ativo para que a concentração inicial do radical DPPH• na reação diminua em 50%.

Na Tabela 9 são mostrados os valores obtidos para a capacidade antioxidante (EC₅₀) dos extratos de gengibre em pó submetidos à desidratação em estufa com (CC) e sem (SC) circulação forçada de ar.

Considerando-se que quanto menor é o valor de EC₅₀, maior é a capacidade antioxidante do material analisado, os resultados indicam que o gengibre *in natura* apresenta maior poder antioxidante do que as amostras secas. Como mostrado na Tabela 9, o valor de EC₅₀ apresentou diferença estatística entre as formas de fracionamento para todas as temperaturas e para as duas metodologias de secagem. Os melhores resultados foram obtidos para a amostra inteira desidrata em estufa CC, pois, foi a que apresentou valor mais próximo do encontrado para a amostra *in natura*. O valor obtido de EC₅₀ para a amostra *in natura* (Tabela 1) foi de 6,0 ± 0,1. Observou-se também uma tendência que, quanto maior a temperatura e maior a fragmentação da amostra, submetida a desidratação, maiores foram os resultados de EC₅₀.

Tabela 9: Capacidade de sequestro do radical DPPH dos estratos de gengibre desidratado em estufa com circulação de ar (CC) e estufa sem circulação de ar (SC), expressos pelo coeficiente de eficiência EC50. (g de amostra/g de DPPH)

T (°C)	SC			CC		
	Ralado	Fatiado	Inteiro	Ralado	Fatiado	Inteiro
50	27,8 ± 1,5 ^{bA}	19,8 ± 0,3 ^{bB}	15,2 ± 0,4 ^{bC}	20,8 ± 1,4 ^{cA}	15,6 ± 0,2 ^{cB}	13,3 ± 0,2 ^{cC}
60	31,9 ± 1,9 ^{bA}	22,7 ± 1,4 ^{bB}	16,6 ± 0,4 ^{bC}	24,3 ± 1,9 ^{bcA}	17,4 ± 0,2 ^{bcB}	13,6 ± 0,3 ^{cC}
70	38,4 ± 2,7 ^{aA}	27,5 ± 2,3 ^{aB}	18,2 ± 0,6 ^{bC}	27,1 ± 2,2 ^{abA}	19,6 ± 0,3 ^{bB}	15,4 ± 0,4 ^{bC}
80	41,3 ± 2,5 ^{aA}	31,2 ± 2,8 ^{aB}	23,1 ± 2,9 ^{aC}	30,2 ± 3,1 ^{aA}	22,1 ± 1,9 ^{aB}	18,8 ± 0,7 ^{aC}

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 pelo autor.

Já para as amostras liofilizadas os valores obtidos foram de: 12,4 ± 0,2^a, 12,3 ± 0,3^{ab}, 12,0 ± 0,2^b para a amostra ralada, fatiada e inteira, respectivamente. Verificou-se que os valores obtidos foram melhores que os obtidos nos processos de desidratação em estufa. Sendo que houve diferença estatística no processo de liofilização onde os melhores resultados foram para as amostras inteiro e fatiado.

Segundo Justo et al. (2008) os valores de EC₅₀ geralmente são considerados parâmetros referentes à qualidade e reatividade dos extratos de plantas, respectivamente, representando a quantidade de compostos redutores de radicais livres presentes em cada amostra. Além disto, a capacidade antioxidante pode estar também relacionada com a velocidade da reação redutora dos compostos.

Decker et al., (2005) relatou que em temperaturas elevadas, os compostos antioxidantes tendem a degradar-se. Além disso, o tratamento térmico pode induzir a ruptura da parede celular aumentando a biodisponibilidade de compostos com atividade antioxidante, tornando-os disponíveis para reação com o oxigênio atmosférico (Borém et al., 2008). Logo, os resultados obtidos estão compatíveis com a literatura em que os melhores resultados foram os obtidos em menores temperaturas nos processos em estufa e no caso na liofilização, pela ausência de oxigênio e temperatura reduzida.

A determinação da capacidade antioxidante fazendo uso do radical DPPH é amplamente estudada para extratos de gengibre, sendo que muitos autores relatam obtenção de elevada capacidade de redução do radical DPPH, como Ali, El-Nour e Yagi (2018) avaliando o teor de compostos fenólicos e capacidade de redução do radical DPPH em diferentes partes da planta do gengibre, An et al, (2016) avaliando o extrato de fatias de gengibre, obtido pelo método de microextração em fase sólida (SPME), submetido a diferente formas de secagem e Yeh et al.

(2014) avaliando a propriedade de duas variedades de gengibre submetidos a secagem em temperatura de 50°C por 18 horas.

Segundo Pannala (2001), a capacidade de sequestro do radical DPPH está diretamente relacionada com a concentração de compostos fenólicos, pois os compostos fenólicos, que são formados por um ou mais anéis aromáticos e com pelo menos um grupo hidroxila, em geral, podem reagir com radicais livres, devido à facilidade com que o átomo de hidrogênio do grupo hidroxila pode ser separado por um radical livre, gerando uma estrutura quinoide que suporta a presença de um elétron desemparelhado.

Para confirmar esta correlação entre compostos fenólicos e a capacidade de sequestro do radical DPPH, verificou-se que para a capacidade de sequestro do radical DPPH (Tabela 9), a combinação entre os parâmetros de desidratação que apresenta melhores resultados, é para a forma de fracionamento inteira, desidratado em estufa CC na temperatura de 50 ou 60°C, ou seja, os mesmos parâmetros utilizados para a obtenção dos melhores índices de compostos fenólicos (Tabela 5 e 6).

5.4.6. Composição dos Extratos de Gengibre

Para avaliar os efeitos da temperatura de secagem nos compostos bioativos do gengibre, foram realizadas análises por GC-MS das amostras obtidas após 180 min de extração por hidrodestilação. O óleo essencial do gengibre foi obtido e analisado somente para as formas de fracionamento inteira, fatiada e ralada submetidas à secagem em estufa CC à temperatura de 50°C, pois essa combinação de parâmetros foi o que apresentou melhores resultados para as análises até aqui realizadas, quando levado em consideração a secagem em estufa. Para efeitos de comparação foi obtido o óleo essencial da amostra *in natura* e das amostras sob forma de fracionamento inteira, desidratadas tanto em estufa CC à temperatura de 80°C como pelo processo de liofilização. Na Tabela 10 estão apresentados os valores de rendimento para as extrações de óleo essencial como também a composição de cada óleo.

Tabela 10: Rendimento e composição do óleo essencial de gengibre obtidos por Hidrodestilação determinada por cromatografia à gás (CG), para as amostras de gengibre *in natura* e desidratadas em liofilizado (inteiro), estufa CC (inteiro, fatiado e ralado) na temperatura de 50°C e estufa CC (inteiro) na temperatura de 80°C

	Índice de Retenção	<i>In natura</i>	<i>Liofilizado</i>		50°C CC		80°C CC
			Inteiro	Inteiro	Fatiado	Ralado	Inteiro
Rendimento na extração (%)		1,64	1,56	1,59	1,61	1,53	1,60
Compostos^{ab}							
2-Heptanona	5,405	0,03 ± 0,01	-	-	-	-	-
2-Heptanol	5,727	0,09 ± 0,03	-	-	-	-	-
Tricicleno	6,526	0,08 ± 0,03	-	-	-	-	-
α-Pineno	6,935	1,66 ± 0,28	0,89 ± 0,05	0,89 ± 0,03	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,01	0,22 ± 0,03
Camfeno	7,477	9,59 ± 0,48	4,55 ± 0,44	4,20 ± 0,07	1,04 ± 0,07	0,99 ± 0,01	1,02 ± 0,05
Sabineno	8,410	0,07 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	-	-	-
β-Pineno	8,542	0,13 ± 0,03	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	-	-	-
Metil Heetenona	8,861	0,25 ± 0,06	0,16 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01
β-Mirceno	9,172	0,71 ± 0,16	0,40 ± 0,02	0,41 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Octanal	9,579	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,02 ± 0,01	-	-
α-fellandreno	9,740	0,25 ± 0,06	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
β-fellandreno	10,946	8,95 ± 0,24	6,76 ± 0,93	6,27 ± 0,16	1,66 ± 0,08	1,64 ± 0,10	1,65 ± 0,07
Eucaliptol	11,003	2,13 ± 0,32	0,03 ± 0,01	-	-	-	-
2-Octenal	12,252	0,07 ± 0,01	-	-	-	-	-
Terpinoleno	14,006	0,15 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,02 ± 0,01	-	0,02 ± 0,01
2-Nonanona	14,206	0,08 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,01	-	-
trans-3 ± 10-Caren-2-ol	14,435	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,01	-	0,02 ± 0,01
Linalool	14,718	0,63 ± 0,14	0,46 ± 0,04	0,46 ± 0,03	0,25 ± 0,01	0,27 ± 0,04	0,25 ± 0,02
Camfora	16,967	0,07 ± 0,14	0,06 ± 0,04	-	-	-	-
Camfeno Hidrate	17,324	0,07 ± 0,03	0,05 ± 0,04	-	-	-	-
Citronellal	17,739	0,21 ± 0,04	0,15 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
Borneol	18,458	1,83 ± 0,25	1,37 ± 0,03	1,39 ± 0,04	0,76 ± 0,04	0,79 ± 0,07	0,77 ± 0,03
3,7-dimethyl-2,6-octadienyl	19,065	-	-	-	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
4 - Terpinenol	19,175	0,09 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,04	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
α-Terpineol	20,042	0,52 ± 0,02	0,45 ± 0,05	0,45 ± 0,02	0,36 ± 0,01	0,40 ± 0,05	0,35 ± 0,01
Citronellol	22,650	0,27 ± 0,03	0,17 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,10 ± 0,02
Neral	23,252	5,30 ± 0,54	3,55 ± 0,17	3,66 ± 0,10	1,06 ± 0,03	1,05 ± 0,13	1,07 ± 0,01
Carveol	23,851	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01	-	-	-	-
Geraniol	24,275	0,13 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,10 ± 0,02	0,07 ± 0,03	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,02
Geranial	25,211	8,24 ± 0,74	5,50 ± 0,03	5,68 ± 0,12	1,62 ± 0,07	1,58 ± 0,13	1,60 ± 0,05
Acetato de Bornil	26,071	-	-	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01
2-Undecanona	26,715	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,01
Delta - Elemeno	29,435	-	0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01	-	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01

Cicloisosativeno	31,027	-	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,07 ± 0,01
Copaeno	31,765	0,11 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,18 ± 0,01	-	-
β-Elemeno	32,812	0,29 ± 0,02	0,33 ± 0,04	0,35 ± 0,01	0,37 ± 0,03	0,32 ± 0,11	0,35 ± 0,06
α-Bergamoteno	33,716	0,06 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,02
γ-Elemeno	35,049	0,21 ± 0,03	0,26 ± 0,04	0,28 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,30 ± 0,04	0,28 ± 0,03
Seichelleno	35,788	-	-	-	-	0,04 ± 0,01	-
cis-α-Bisaboleno	35,916	-	-	-	-	0,03 ± 0,01	-
Aromandendreno	36,236	0,21 ± 0,02	0,25 ± 0,03	0,27 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,38 ± 0,05	0,36 ± 0,02
cis-β-Farneseno	36,327	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,12 ± 0,01
α-Cadineno	37,081	-	-	0,11 ± 0,07	0,18 ± 0,08	-	0,15 ± 0,03
Germacreno D	37,217	0,73 ± 0,09	0,78 ± 0,08	0,81 ± 0,06	0,78 ± 0,04	0,82 ± 0,04	0,79 ± 0,03
α-curcumeno	37,415	1,60 ± 0,14	3,80 ± 0,16	3,85 ± 0,04	8,09 ± 0,05	8,33 ± 0,12	8,12 ± 0,04
β-Eudesmeno	37,712	0,24 ± 0,02	0,43 ± 0,06	0,47 ± 0,03	0,70 ± 0,04	0,74 ± 0,07	0,72 ± 0,05
γ-Muuroloeno	38,031	-	3,25 ± 0,57	2,83 ± 0,01	6,68 ± 0,25	6,16 ± 0,70	6,52 ± 0,15
α-zingibereno	38,123	32,11 ± 2,73	37,10 ± 3,04	39,56 ± 1,87	38,89 ± 0,44	39,62 ± 1,20	39,04 ± 0,72
α-Muroloeno	38,365	-	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
α-Farneseno	38,601	9,97 ± 0,73	13,97 ± 0,95	13,32 ± 0,12	18,52 ± 0,41	18,06 ± 0,85	18,31 ± 0,22
Cubedol	38,773	0,20 ± 0,03	0,23 ± 0,05	0,25 ± 0,01	0,28 ± 0,02	0,30 ± 0,03	0,27 ± 0,05
Shiobunol	38,953	0,10 ± 0,03	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Sesquifellandreno	39,203	7,46 ± 0,27	10,21 ± 0,16	10,04 ± 0,06	13,74 ± 0,23	13,62 ± 0,27	13,70 ± 0,41
trans-α-Bergamoteno	39,452	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,02
Spatulenol	39,570	0,08 ± 0,01	-	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Elemol	40,075	0,52 ± 0,02	0,41 ± 0,06	0,44 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,22 ± 0,01
cis-sesquisabineno hidratado	40,287	0,28 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,24 ± 0,01
Nelolidol	40,688	0,46 ± 0,03	0,44 ± 0,07	0,47 ± 0,02	0,38 ± 0,01	0,39 ± 0,03	0,38 ± 0,02
8-epi-.gama.-eudesmol	42,555	-	0,05 ± 0,01	-	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Germacreno D-4-ol	42,641	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,18 ± 0,06	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Isoaromadendreno epoxide	42,794	-	0,18 ± 0,03	0,19 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,01
Spatulenol	42,903	-	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01
α-Bisabolol	43,003	0,34 ± 0,01	0,30 ± 0,05	0,32 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,02
β-Eudesmol	43,574	0,23 ± 0,02	0,21 ± 0,04	0,21 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,15 ± 0,01
α-Eudesmol	43,695	0,10 ± 0,02	0,13 ± 0,04	0,09 ± 0,03	0,12 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,12 ± 0,01
β-bisabolol	44,270	-	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
7-Hidroxifarneseno	44,368	-	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Cis-Carveol	44,863	0,64 ± 0,04	0,54 ± 0,07	-	0,28 ± 0,01	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,01
Dehidronerolidol	45,049	0,14 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,60 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Z,E-Farnesol	45,604	0,08 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
E,E-Farnesol	46,410	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Total de compostos		42	46	43	43	40	41

^a Resultados segundo a biblioteca do CG-MS. ^b Média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade.

Observa-se que a hidrodestilação, realizada durante 3 horas, alcançou um rendimento de extração que variou de 1,53 a 1,64%, sendo que o extrato da amostra *in natura* apresentou maior rendimento, embora os valores obtidos sejam muito próximos. Mesomo (2013), avaliando diferentes formas de extração de óleos essenciais de gengibre, obteve rendimento de 1,79% para o processo de hidrodestilação, por 3 horas, de gengibre desidratado em estufa com circulação de ar a temperatura de 30°C. Já Onyenekwe e Hashimoto (1999), após 6 horas de hidrodestilação de gengibre seco (*Zingiber officinale* Roscoe) da Nigéria, obtiveram um rendimento de 2,4% de óleo, da mesma forma Filho e Murta (1999), avaliando a extração de óleo essencial de gengibre *in natura*, obtiveram rendimento de 2,3% para o processo de hidrodestilação, realizado por 7 horas. Segundo Ali et al., (2008) o rizoma de gengibre seco tem de 2-3% de óleos voláteis, ou seja, valores superiores aos obtidos no presente trabalho. Esta diferença pode ser atribuída ao tempo utilizado para a extração, que foi relativamente curto quando comparado com o tempo recomendado por IAL (2008) e Santos (2004), que é de 4 horas. Outro fator, que pode ter influenciado no volume de óleo essencial do gengibre, leva em consideração características relacionadas à produção do rizoma, como origem geográfica, radiação, temperatura, método de secagem, época de colheita, solo, entre outros (ELPO, 2004).

Com base nos resultados de composição apresentados na Tabela 10 verificou-se que o gengibre possui um grande número de substâncias ativas e pungentes. Os cromatogramas demonstraram semelhança entre os perfis químicos dos extratos e, de acordo com a biblioteca do CG-MS, o gengibre contém monoterpenos, terpenóides e sesquiterpenos. Sedo que os componentes majoritários para o gengibre *in natura* foram: α -zingibereno (32,11%), α -farneseno (9,97%), canfeno (9,59%), β -felandreno (8,95%), geranial (8,24%), sesquifelandreno (7,46%), neral (5,30%) e eucaliptol (2,13%).

An (2016) na análise do gengibre fresco identificou 48 compostos, sendo que os majoritários foram α -zingibereno (22,76%), β -felandreno (12,40%), sesquifelandreno (7,01%), geranial (14,50%), α -curcumeno (2,78%) e β -bisaboleno (3,25%). Assim como Huang (2013) avaliando extrato de gengibre fresco, obteve 45 compostos, sendo que os principais compostos foram α -zingibereno (27,8%), β -felandreno (12,9%), sesquifelandreno (10,4%), geranial (6,6%), α -curcumeno (5,8%) e β -bisaboleno (5,7%). Já Onyenekwe e Hashimoto (1999), avaliando extrato hidrodestilado de gengibre seco (*Zingiber officinale* Roscoe) da Nigéria, verificaram que os principais componentes foram α -zingibereno

(29,54 %), sesquifelandreno (18,42 %), farneseno (6,46 %), neral (2,5 %), geranial (3,46 %) e α -farneseno (1,92 %).

Entretanto, outros autores não encontraram o α -zingibereno como constituinte majoritário do óleo essencial de gengibre. Agrawal et al. (2001) tem relatado o composto α -curcumeno como o principal constituinte nos rizomas de gengibre fresco. Já Dabague (2011) avaliando a composição de óleo essencial de gengibre proveniente da região de Morretes – PR, em função de períodos diferentes de secagem em temperatura ambiente, encontrou como constituintes principais geranial e neral em todas as amostras, independentemente das procedências, sendo que seus teores aumentaram com o período de secagem.

Embora haja variações, os resultados da literatura apresentaram-se compatíveis com os valores obtidos no presente trabalho, tanto para a amostra *in natura* como para os obtidos nas amostras desidratadas. Estas variações na composição dos principais componentes voláteis do rizoma de gengibre podem ser atribuídas à procedência do material, ao cultivo, ao estágio vegetativo e fase de crescimento da planta em estudo como também aos métodos de extração e tipos de solventes utilizados (SARI et al., 2006; DING et al., 2012).

O grande número de constituintes, presentes no óleo essencial do gengibre, não só são responsável por suas propriedades bioativas, mas também por suas características aromáticas. Segundo Wohlmuth et al. (2006) neral e geranial possivelmente contribuem para o forte aroma de limão, sendo que estes compostos podem ser isolados e utilizados pela indústria de perfumes e de alimentos como matéria-prima na síntese de vitamina A e β -caroteno. Ainda, podem ser transformados em geraniol e nerol que tem alto preço de mercado por possuírem odor de rosa e laranja. Já os compostos α -zingibereno e β -felandreno são responsáveis pelo aroma característico de gengibre fresco (MESOMO, 2013).

A partir da avaliação dos resultados entre os processos de desidratação (Tabela 10), verificou-se que houve uma semelhança entre alguns dos processos. No primeiro caso, observou-se que os componentes majoritários para a amostra *in natura* e para a forma de fracionamento inteira desidratada em liofilizador e desidratada em estufa CC na temperatura de 50°C foram os mesmos, embora tenha havido pequenas alterações nas concentrações. No segundo caso, os valores obtidos para as formas de fracionamento fatiado e ralado desidratadas em estufa CC na temperatura de 50°C e para a forma de fracionamento inteiro, desidratado em estufa CC na temperatura de 80°C, demonstraram grandes alterações dos compostos majoritários, sendo que estes foram: α -zingibereno (38,89 – 39,62%), α -farneseno

(18,6 – 18,52%), Sesquifelandreno (13,62 - 13,74%), α -curcumeno (8,09 – 8,33) e γ -muuroleno (6,16 – 6,68%). Notou-se que alguns compostos se repetem, embora em concentração maior, e aumento da concentração de outros, que eram minoritários para a amostra *in natura* ou até mesmo inexistiam nesta.

Na Tabela 10, os compostos foram dispostos pela ordem de tempo de retenção, obtidos a partir dos resultados do CG. O tempo de retenção dos compostos está diretamente relacionado com a sua respectiva volatilidade, em que, os compostos mais voláteis apresentam menor tempo de retenção.

Logo, de maneira geral, é evidente que o processo de desidratação proporcionou perda de parcela dos compostos voláteis, como o 2-heptanona, 2-heptanol, triciclono, sabineno, β -pineno, eucaliptol, octanal e 2-octanal, e até mesmo a redução de outros, como o α -pineno, canfeno, β -felandreno, neral, geranial e borneol. Da mesma forma Dabague (2011) verificou que eucaliptol, canfeno e β -felandreno apresentaram diminuição durante os períodos de secagem. Por outro lado verificou-se que houve a concentração de alguns compostos, menos voláteis, como o α -zingibereno, α -farneseno, sesquifelandreno, α -curcumeno, como também o aparecimento de compostos não presentes na amostra *in natura*, sendo que, os que geraram maior concentração e também aumentaram com o aumento da fragmentação da amostra foram: γ -muuroleno, α -cadineno, isoaromadendreno epoxide e cicloisossativeno.

Destaca-se que diferentes formas de secagem e suas variações de processo resultaram em diferentes alterações dos compostos voláteis, entretanto, houve uma tendência nos resultados obtidos após a secagem, no qual a porcentagem relativa de compostos sesquiterpênicos (α -zingibereno, sesquifelandreno, α -farneseno, α -curcumeno) apresentaram aumento considerável enquanto os monoterpenos (β -felandreno, canfeno e α -pineno) diminuíram significativamente. O mesmo fenômeno foi observado por An, et al., (2016) quando avaliaram diferentes formas de secagem de gengibre, segundo os autores este efeito pode ser atribuído à síntese de alcenos de cadeia curta e isomerização de compostos similares. Verificou-se também que ambas as metodologias de secagem, foram afetadas por estas alterações.

Na secagem em estufa CC, o tempo de desidratação associado às elevadas temperaturas, em geral, proporcionaram aumento da concentração de sesquiterpenos e redução de monoterpenos, sendo que este fenômeno foi menos intenso para a forma de fracionamento inteiro desidratada na temperatura de 50°C, mas foi igualmente intenso para a desidratação na temperatura de 80°C, quando comparados com as formas de fracionamento fatiado e ralado

desidratados na temperatura de 50°C, ou seja, não só a temperatura, mas também, a forma de fracionamento da amostra influenciou significativamente na alteração da composição do óleo essencial. Também se verificou que ésteres como o ester 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl e o acetato de bornil foram formados apenas em secagem com ar quente. Este efeito também foi comprovado por Ding et al. (2012) e An et al., (2016), segundo os autores este fenômeno é atribuído à longa exposição da amostra ao oxigênio atmosférico, promovendo a esterificação de álcoois aos ésteres correspondentes.

Já no processo de liofilização, devido à ausência de elevadas temperaturas, as alterações foram mais modestas, embora também tenha ocorrido a perda de voláteis (monoterpenos) e concentração, em menor proporção, de sesquiterpenos. O processo de liofilização tem por características a manutenção dos compostos aromáticos voláteis, pois os mesmos, em teoria, não seriam absorvidos pelo vapor d'água ficando presos na matriz do alimento (EVANGELISTA, 2005). Entretanto no presente estudo verificou-se que a liofilização do gengibre não foi eficiente para a retenção de alguns compostos voláteis, como o 2-heptanona, 2-heptanol, triciclono e octanal. O mesmo foi observado por An et al., (2016), que também relataram perda significativa de compostos voláteis do óleo essencial de gengibre desidratado por liofilização. Segundo Sellami et al. (2011), muitos voláteis têm maior afinidade com a fração aquosa contida nas amostras das plantas e são perdidos acompanhados de evaporação da água durante o processo de desidratação.

A partir do exposto verificou-se que é possível realização combinações entre os parâmetros de desidratação do gengibre para obtenção o produto desejado. Como o objetivo, na maioria dos casos, é a manutenção dos compostos bioativos, pode-se afirmar que o processo de liofilização e a desidratação da forma de fracionamento inteiro em estufa CC na temperatura de 50°C, garantem uma melhor retenção das propriedades bioativas do gengibre quando em comparação com os demais métodos avaliados no presente trabalho.

6. CONCLUSÃO

Como se observa, em muitos casos, alimentos naturais apresentam características funcionais, podendo ser a alternativa em busca de uma alimentação saudável. Isso faz do gengibre uma matéria-prima importante para a indústria de alimentos, química e farmacêutica, já que o Brasil, embora possua uma produção ainda em ascensão, apresenta características climáticas propícias para o desenvolvimento da cultura do gengibre.

A umidade do gengibre *in natura* apresentou valor elevado, $88 \pm 1\%$. Sendo que nos estudos da cinética de secagem em estufa foi possível observar características singulares, no qual, o tempo de desidratação foi menor quanto maior o fracionamento da amostra e a temperatura aplicada, além da aplicação da circulação e renovação de ar forçado. Já para o processo de liofilização o fracionamento influenciou a secagem, sendo que quanto maior o fracionamento menor o tempo de desidratação. As mesmas características obtidas para a cinética de secagem também foram observadas nas curvas de atividade de água ($A_w \times t$). Entretanto a curva $A_w \times t$ apresentou comportamento diferente da curva $X_{bs} \times t$, nesta a curva decresce continuamente, já naquela a variação inicial é mínima, mantendo-se constante por um longo período, até o momento em que ocorre uma queda abrupta dos valores de A_w , isso se deve a pequena quantidade de água ligada na amostra. Com base nas curvas de desidratação verifica-se que a combinação de parâmetros que tornaria o processo mais eficiente, deve utilizar temperaturas maiores, maior fracionamento da amostra e presença de circulação e renovação forçada de ar.

Para a análise de cor do gengibre em pó, verificou-se que as diferentes temperaturas de desidratação nos dois diferentes processos em estufa, em geral, não proporcionaram alterações significativas das características avaliadas, entretanto, as formas de fracionamento da amostra afetaram significativamente os resultados, em que quanto maior o fracionamento da amostra, menor a luminosidade (L^*), tendência para a coloração vermelha (H^*) e elevação da intensidade da cor (C^*). Já para o processo de liofilização, as diferentes formas de fracionamento da amostra não influenciaram no resultado obtido para os parâmetros L^* , H^* e C^* , sendo que o produto obtido apresentou luminosidade (L^*) elevada, baixa intensidade de cor (C^*) e tendeu para a coloração amarela (H^*). Apesar de todos os processos de secagem proporcionarem características singulares ao produto final, o procedimento que melhor manteve a coloração do gengibre *in natura*, em geral, foi para amostras menos fracionadas, salvo para o parâmetro C^* . Sabendo-se que a variação na temperatura não influenciou significativamente nos resultados. Neste contexto verificou-se que o processo de liofilização

traz um produto de coloração opaca (cinza/branco) sem muita intensidade, enquanto os processos em estufa trazem um produto de coloração mais intensa de cor mais escura.

Nas análises de compostos fenólicos, oxidação lipídica, acidez titulável e capacidade de sequestro do radical DPPH, também foi possível identificar um padrão quando os resultados foram comparados com os valores obtidos para a amostra *in natura*. Verificou-se que quanto menor a temperatura, menor o fracionamento da amostra e a existência da circulação e renovação de ar forçado, geraram resultados mais próximos aos obtidos para a amostra *in natura*, ou seja, preservando assim os compostos bioativos. Identificou-se então que a combinação de parâmetros no processo de desidratação em estufa que melhor preservou os componentes bioativos do gengibre foi, a estufa com renovação e circulação de ar forçado, na temperatura de 50°C e para a forma de fracionamento inteiro. Verificou-se que o processo de desidratação em liofilizador foi igualmente eficiente ao melhor processo de desidratação em estufa, em relação à preservação dos compostos bioativos.

Na avaliação do óleo essencial de gengibre, observou-se que qualquer processo de secagem proporcionou alteração na composição dos componentes voláteis. Houve a concentração de alguns como também desaparecimento e surgimentos de outros, resultados da degradação de monoterpenos para sesquiterpenos. Para os processos de desidratação em estufa com circulação e renovação de ar forçado (CC), essas alterações foram mais evidentes para as formas de fracionamento ralado e fatiado desidratados na temperatura de 50°C e forma de fracionamento inteiro desidratado na temperatura de 80°C, por outro lado, para a forma de fracionamento inteiro desidratado na temperatura de 50°C, mesmo ocorrendo perda de alguns compostos voláteis, a alteração dos compostos do óleo essencial foi menor quando comparado aos demais métodos de desidratação em estufa que foram avaliados. Já no processo de liofilização, as alterações foram menores.

Desta forma é nítido que a combinação de parâmetros pode ser suficiente para garantir que o gengibre tenha uma mínima degradação dos compostos bioativos. Segundo o presente estudo esta preservação é garantida quando se desidrata o gengibre sem grandes fracionamentos associado à processos de desidratação, como a liofilização ou a secagem em estufa com circulação e renovação de ar forçado (CC) na temperatura de 50°C.

REFERÊNCIAS:

- ABDULRAZAQ, N. B.; CHO, M. M.; WIN, N. N.; ZAMAN, R.; RAHMAN M. T. Beneficial effects of ginger (*Zingiber officinale*) on carbohydrate metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. **British Journal of Nutrition**. v.108, p.1194–1201. 2011.
- AGRAWAL, M., WALIA, S., DHINGRA, S., KHAMBAY, B.P.S. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscae (ginger) rhizomes. **Pest Management Science**. v.57, p.289-300, 2001.
- AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. Desidratação de Frutas e Hortaliças. **Manual Técnico**. Campinas: ITAL, 2002. 205p.
- AKHANI, S. P.; VISHWAKARMA, S. L.; GOYAL, R. K. Antidiabetic activity of *Zingiber officinale* in streptozotocin-induced type I diabetic rats. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.56 p.101–105. 2004.
- AKIMOTO, M.; IIZUKA, M.; KANEMATSU, R.; YOSHIDA, M.; TAKENAGA K. Anticancer effect of ginger extract against pancreatic cancer cells mainly through reactive oxygen species-mediated autotoxic cell death. **Public Library of Science** v.10. 2015.
- ALI, A. M. A.; EL-NOUR, M. E. M.; YAGI, S. M. Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) rhizome, callus and callus treated with some elicitors. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, 2018.
- ALI, B.H.; BLUNDEN, G.; TANIRA, M. O.; NEMMAR A. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. **Food and Chemical Toxicology**. 2008; 46:409–20
- ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargill, 1998.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the association of the official analytical chemists**. 18ed. Washington: AOAC, 2007. 1750p.
- 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, p.1292–1300, 2016.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FERNÁNDEZ-MOLINA, J. J.; ALZAMORA, S. M.; et al. Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas. Roma: **Food and agriculture organization of the United Nations (FAO)**, 2003
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA JÚNIOR, A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. **Water activity in foods – Fundamentals and Applications**. 1st ed. New York: John Wiley & Sons, 2007.
- BARTLEY, J. P. A new method for determination of pungent compounds in ginger (*Zingiber officinale*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.68 (2), p.215-222, 1995.
- 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
- BEATTIE, J. H.; NICOL, F., GORDON, M. J.; REID, M. D.; CANTLAY, L., et al. Ginger phytochemicals mitigate the obesogenic effects of a high-fat diet in mice: a proteomic and biomarker network analysis. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, 2011.
- BEZERRA, T. S. **Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos**. 2007. 54p. Monografia (Especialista em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- BOTTERWERCK, A. A. M.; VERHAGEN, H.; GOLDBOEHM, R. A.; KLEINJANS, J., BRANDT, P. A. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. **Food Chemistry Toxicology**, 38, 599-605, 2000.
- BORÉM, F. M.; CORADI, C. P.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, set./out., 2008.
- BRAGA, A. V. U. **Caracterização de atividade de água e cinética de dessecção de água em alimentos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas – Campinas- SP. 2016.

- 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.
- BURNS, J.; GARDNER, P. T.; MATTHEWS, D.; DUTHIE, G. G.; LEAN, M. E. J.; CROZIER, A. Extraction of Phenolics and Changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49, 5797-5898, 2001.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, P. I. **Curvas de secagem e avaliação da atividade de água de banana passa**. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 121-132, jan./jun. 2004.
- CAVA G. C. **Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó nos parâmetros de cor e oxidação lipídica de produto cárneo emulsionado à base de frango**. Dissertação de mestrado em Tecnologia em Tecnologia de Alimentos. UNICAMP, 2007.
- CAVARIANI, C.; SILVA, W.R.; MIRANDA, L.C.; NACAGAWA, J.; BELGIORNO, D.C. Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo do ar. II – Andamento físico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.21, n. 1, p. 7-17, 1999.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- CHAINANI-WU N. Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of tumeric (*Curcuma longa*). **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v.9, p.161–168. 2003.
- CHAN, E. W. C.; LIM, Y. Y.; OMAR, M. Antioxidant and antibacterial activity of leaves of Etlingera species (Zingiberaceae) in Peninsular Malaysia. **Food Chemistry**, 104, 1586-1593, 2007.
- CHAVES, M.G.; SGROPPO, S.C.; AVANZA, J.R. Cinética de secado de berenjenas (*Solanum melongena L.*). **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, Corrientes, v.60, p.1-4, 2003.
- COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. **Congelamento e descongelamento: a sua influência sobre alimentos**. Vetor, v. 13, p. 53-66, 2003
- 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
- DABAGUE, I. C. M.; DESCHAMPS, C.; MÓGOR, A. F.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. Teor e composição de óleo essencial de rizomas de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) após diferentes períodos de secagem. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 79-84, 2011.
- DALGÊ, J. J. **Estudo da capacidade antioxidante, antimicrobiana e anti-hemolítica do gengibre (*Zingiber officinale*)**. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.
- DECKER, E. A.; WARNER, K.; RICHARDS, M. P.; SHAHIDI, F. Measuring antioxidant effectiveness in food. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 53, n.10, 2005.
- DING, S. H.; AN, K. J.; ZHAO, C. P.; LI, Y.; GUO, Y. H.; WANG, Z. F. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Food and Bioproducts Processing**, 2011.
- DOGENSKI, M. **Extração do óleo essencial e oleoresina das folhas de *Corymbia citriodora* utilizando CO₂ em condições de sub e supercríticas**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo - Pirassununga, 2013.
- EKUNDAYO, O.; LAAKSO, I.; & HILTUNEN, R. Composition of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) volatile oils from Nigeria. **Flavour and Fragrance Journal**, 3, 85–90. 1988.
- EL-ROKH, S. M.; YASSIN, N. A.; EL-SHENAWY, S. M.; IBRAHIM B. M. Anti-hypercholesterolaemic effect of ginger rhizome (*Zingiber officinale*) in rats. **Inflammopharmacol** v.18, p.309–315. 2010.
- ELPO, E. R. S.; NEGRELLE, R. R. B. *Zingiber officinale* Roscoe: aspectos botânicos e ecológicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.5, n.1, p.27-32, 2004.
- ELPO, E. R. S.; NEGRELLE, R. R. B.; RUCKER, N. G. A. Análise prospectiva do agronegócio no estado do Paraná. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.1022-1028, 2005.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Gengibre. Série Plantas Mediciniais**. Folder 12. Embrapa Rondônia, 2001.

- ESKIN, M.; ROBINSON, D. S. **Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes**. Nova York: CRC Press, 2000.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2ed. São Paulo: Atheneu, 284. 2005. 652p
- EVANS, W. C.; SAUNDERS, W. B. **Ginger, Trease and Evans pharmacognosy**. 15th. Ed. Edimburgo: WB Saunders, 2002. 280 p.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. Artmed, 2006.
- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos**; 4 ed. – Porto Alegre: Artmed, 2010.
- FILHO, A. Z.; MURTA, A. L., **Extração de óleos e resinas de gengibre encontrado no litoral paranaense (*Zingiber officinale* Roscoe)**. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 211-228, jul./dez.1999
- FLOROS, J. D.; NEWSOME, R.; FISHER, W.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; CHEN, H., DUNNE, P.; et al. Feeding the world today and tomorrow: The importance of food science and technology. An IFT review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.9, p.572-599, 2010.
- FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípios de operações unitárias**. 2. ed. Tradução por H. Macedo. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 670p.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005, 196p.
- GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2010.
- GHAYUR, M. N.; GILANI, A. H.; AFRIDI, M. B.; HOUGHTON, P. J. Cardiovascular effects of ginger aqueous extract and its phenolic constituents are mediated through multiple pathways. **Vascular Pharmacology**, v.43 p.234–241. 2005.
- GIRI J., DEVI T. K. S., MEERARANI S. Effect of ginger on serum cholesterol levels. **The Indian Journal of Nutrition and Dietetics**, v.21 p.433–436. 1984.
- GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; DA SILVA, F. L. H.; MURR, F. E. X. Estudo da cinética de secagem de gengibre em um secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.24, n.2, p.20-27, 1999.
- GRUENWALD, J. **PDR for Herbal Medicine**, 3 ed. Thomson PDR, Montvale, NJ, 2004
- GUJRAL, S.; BHUMRA, H.; SWAROOP, M. Effect of ginger (*Zingiber officinale*) oleoresin on sérum and hepatic cholesterol levels in cholesterol fed rats. **Nutrition reports international**, v.17 p.183–189. 1978.
- GÜMÜSAY, Ö. A.; BORAZAN, A. A.; ERCAL, N.; DEMIRKOL, O. Drying effects on the antioxidante properties of tomatoes and ginger. **Food Chemistry**, v.173, p.156–162, 2015.
- HALLIWELL, B. How to characterize a biological antioxidant. **Free Radical research Communications**, 9 (1), 1-32, 1990
- HARDMAN, T.M. **Water and food quality**. 1st ed. Londres: Elsevier, 1987.
- HUANG, B. K.; WANG, G. W.; CHU, Z. Y.; & QIN, L. P. Effect of oven drying, microwave drying, and silica gel drying methods on the volatile components of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Drying Technology**, v.30 (3), p.248–255, 2012.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 1841-1856, 2005.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTS. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008
- IBAÑEZ, E.; KUBÁTOVÁ, A.; SEÑORÁNS, F. J.; CAVERO, S.; REGLERO, G.; HAWTHOME, S. B. Subcritical Water Extraction of Antioxidant Compounds from Rosemary Plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51, 375, 2003.
- JOLAD, S. D. Commercially processed dry ginger (*Zingiber officinale*): composes and effects on LPS-stimulated PGE2 production. **Phytochemistry**, New York, v.66, p. 1614-35, 2005.

- JUNIOR, A. E. **Aspéctos nutricionais e aptidão agrícola das terras para o gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) em agricultura familiar na região serrana do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Rio de Janeiro, 2008.
- JUSTO, O. R.; MORAES, A. M.; BARRETO, G. P. M.; MERCADANTE, A. Z.; ROSA, P. T. V. Avaliação do potencial antioxidante de extratos ativos de plantas obtidas por extração com fluído supercrítico. **Química Nova**, Vol. 31, No. 7, 1699-1705, 2008.
- KÄHKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VUORELA, H. J.; RAUHA J.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEINONEN, M. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47 (10), 3954-3962, 1999.
- KAMAZERI, T. S. A. T.; SAMAH, O. A.; TAHER, M.; SUSANTI, D.; QARALLEH, H. Antimicrobial activity and essential oils of *Curcuma aeruginosa*, *Curcuma mangga*, and *Zingiber cassumunar* from Malaysia. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, 202-209, 2012.
- KARNA, P.; CHAGANI, S.; GUNDALA, S. R.; RIDA, P. C.; ASIF, G., et al. Benefits of whole ginger extract in prostate cancer. **British Journal of Nutrition**, v.107, p.473–484. 2012.
- KIUCHI F., IWAKAMI S., SHIBUYA M., HANAOKA F., SANKAWA U. Inhibition of prostaglandin and leukotriene biosynthesis by gingerols and diarylheptanoids. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v.40, p.387–391. 1992.
- KUBRA, I. R.; RAO, L. J. M. Microwave drying of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and its effects on polyphenolic content and antioxidant activity. **International Journal of Food Science and Technology**, v.47 (11), p.2311–2317. 2012.
- LASSERAN, J. C. **Princípios gerais da secagem**. Revista Brasileira de Armazenagem, Viçosa, MG, v.4, n.1, p.17-46, 1979.
- LI, Y.; TRAN, V. H.; DUKE, C. C.; ROUFOGALIS, B. D. Preventive and protective properties of *Zingiber officinale* (Ginger) in diabetes mellitus, Diabetic Complications, and Associated Lipid and Other Metabolic Disorders: A Brief Review. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 78: p.1549–1555. 2012;
- LIMA, I. O.; OLIVEIRA, R. A. G.; LIMA, E. O.; FARIAS, N. M. P.; SOUZA, E. L. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.2, p 197-201, 2006.
- 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**, v.1, p. 9-18. 2005.
- LOPES, R.L.T. **Dossiê técnico: conservação de alimentos**. Fundação tecnológica de Minas Gerais CETEC, 2007.
- LUCIO, I. B.; FREITAS, R. J. S.; WASZCZYNSKYJ, N. Perfil de atributos e atitude de consumo de infusão, suco e salada elaborados com a inflorescência verde de gengibre orgânico (*Zingiber officinale* Roscoe). Alimentação Humana – **Revista da SPCNA**, v. 14, n. 1, p. 28-40, 2008.
- MAGALHÃES, M. T.; KOKETSU, M.; GONÇALVES, S. M.; DUARTE, F. R.; GODOY, R. L. O.; LOPES, D. Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) brasileiro: aspectos gerais, óleo essencial e oleoresina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.1, p.64-69, 1997.
- MAIA, N. B.; BOVI, O. A.; DUARTE, F. R. **Obtenção e análise do óleo essencial do gengibre: efeito de secagem e processamento**. Bragança, Campinas, v.50, p.83-92, 1991.
- 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.
- MAKAWY, M. M.; EL-SAYD, N. I. Comparison of Methods for Determination of Moisture in Food 1. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 6, n. 6, p. 906–911, 2010.
- MARQUES, E. R. **Alterações químicas, sensoriais e microscópicas dos grãos de café cereja e descascado submetidos a diferentes taxas de remoção de água**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- MCMURRY, J., **Química Orgânica**, v. 2, 6º ed: Thomson, 2005.

- MENDES, M. O. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – **Resposta Técnica: O cultivo de gengibre** – 2005. Site visitado em 11/06/2018. Disponível em: <http://www.sbvt.ibict.br>.
- MINOLTA, K. Colorímetro CR-400/410. Site visitado em 18/12/2018. Disponível em: http://sensing.konicaminolta.com.br/products/cr-400-410-chroma-meter-difference-with-colorimeter/support/cr400_catalog_BR.pdf.
- MESOMO, M. C. et al. Supercritical CO₂ extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale* R.): Chemical composition and antibacterial activity. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.80, p.44–49, 2013.
- MISAWA, K.; HASHIZUME K., YAMAMOTO M., MINEGISHI Y., HASE T., Shimotoyodome A. Ginger extract prevents high-fat diet-induced obesity in mice via activation of the peroxisome proliferator-activated receptor δ pathway. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.26 p.1058–1067. 2015.
- MISHARINA, T. A.; TERENINA, M. B.; KRIKUNOVA, N. I. Antioxidant Properties of Essential Oils. **Applied Biochemistry and Microbiology**, 45 (6), 642–647, 2009.
- MONTEIRO, R. L.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas. **Journal of Food Engineering**, v.178 p.1e11, 2016.
- MONTEIRO, R. L.; CARCIOFI, B. A. M.; MARSAIOLI JR, A. LAURINDO, J. B. How to make a microwave vacuum dryer with turntable. **Journal of Food Engineering**, v.166, 276–284, 2015.
- MONTEIRO, R. L.; LINK, J. V.; TRIBUZI, C.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B.; Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. **Journal of Food Engineering**, v.232 p.1-10, 2018.
- MORAES, O. R. J. et. al. Avaliação do potencial antioxidante de extratos ativos de plantas obtidos por extração com fluido supercrítico. **Química Nova**, p. 1699 – 1705, 2008.
- MUJAMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**, New York: Marcel Dekker Inc., 1995.
- MUSTAFA, T.; SRIVASTAVA, K. C.; JENSEN K. B. Drug development report 9. Pharmacology of ginger, *Zingiber officinale*. **Journal of Drug Development**, v.6, p.25–39. 1993.
- NAIDU, P. B.; UDDANDRAO, V. V.; NAIK, R. R.; SURESH, P. et al. Ameliorative potential of gingerol: Promising modulation of inflammatory factors and lipid marker enzymes expressions in HFD induced obesity in rats. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v.419 p.139–147. 2016.
- NAMPOOTHIRI, S. V.; VENUGOPALAN, V. V.; JOY, B. SREEKUMAR, M. M.; MENON, A. N. Comparison of Essential oil Composition of Three Ginger Cultivars from Sub Himalayan Region. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, p.1347-1350, 2012.
- NEWALL, C.A.; ANDERSON, L.A.; PHILLIPSON, J.D. **Plantas medicinais: guia para profissional de saúde**. São Paulo: Premier, 1996. 296p.
- NISHIMURA, O. Identification of the characteristic odorants in fresh rhizomes of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using aroma extract dilution analysis and modified multidimensional gas chromatography–mass spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43 (11), p.2941–2945. 1995.
- OJEWOLE, J. A. O. Analgesic, antiinflammatory and hypoglycaemic effects of ethanol extract of *Zingiber officinale* (Roscoe) rhizomes (Zingiberaceae) in mice and rats. **Phytotherapy Research**, v.20 p.764–772. 2006.
- OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction. **Analytical Biochemistry**, 95, 351-358. 1979.
- OLIVEIRA, A. C. O.; VALENTIM, I. O.; GOULART, M. O. F.; SILVAI, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S., Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, Campinas, v.32, p. 689-702, 2009.
- ONYENEKWE, P. C.; HASHIMOTO, S. The composition of the essential oil of dried Nigerian ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **European Food Research and Technology**, 209, 407-410, 1999.
- ORDÓÑEZ, J. A.: **Tecnología de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PANNALA, A. S.; CHAN, T. S.; O'BRIEN, P. J.; RICE-EVANS, C. A. Flavonoid B-ring chemistry and antioxidant activity: Fast reaction kinetics. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, 282, 1161–1168, 2001.

- PARK, K. J. **Fundamentos da secagem**. Viçosa: UFV, 1988. 26p.
- 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**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2009.
- PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.47, p.55–59. 1996.
- PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. **Nahrung** v.44, p.42–46. 2000.
- PRAKASH, U. N. S.; SRINIVASAN, K. Beneficial influence of dietary spices on the ultra structure and fluidity of intestinal brush border in experimental rats. **British Journal of Nutrition**, v.104, p.31–39. 2010a.
- PRAKASH, U. N. S.; SRINIVASAN, K. Fat digestion and absorption in spice pretreated rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.503–510. 2012.
- PRAKASH, U. N. S.; SRINIVASAN, K. Gastrointestinal protective effect of dietary spices during ethanol-induced oxidant stress in experimental rats. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.35, p.134–141. 2010b.
- PRAKASH, U. N. S.; SRINIVASAN, K. Enhanced intestinal uptake of iron, zinc and calcium in rats fed pungent spice principles – piperine, capsaicin and ginger (*Zingiber officinale*). **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.27, p.184–190. 2013.
- PRASAD, S.; TYAGI, A. K. Ginger and its constituents: role in prevention and treatment of gastrointestinal cancer. **Gastroenterology Research and Practice**, 2015.
- PRATO, T. S. **Influência da secagem sobre compostos medicinais e de pungência do gengibre**, Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- São José do Rio Preto – SP. 2010.
- QI, L. W.; ZHANG, Z.; ZHANG, C. F.; ANDERSON, S.; LIU Q. et al. Anti-colon cancer effects of 6-shogaol through G2/M cell. **American Journal of Clinical Medicine**, v.43, p.743. 2015.
- RAEL, L.T. et al. Lipid peroxidation and the thiobarbituric acid assay: standardization of the assay when using saturated and unsaturated fatty acids. **Journal of Biochemistry and Molecular Biology**. v. 37, p 749–752, 2004.
- RADHAKRISHNAN, E. K.; BAVA, S. V.; NARAYANAN, S. S.; NATH, L. R.; THULASIDASAN A. K., et al. 6-Gingerol induces caspase-dependent apoptosis and prevents PMA-induced proliferation in colon cancer cells by inhibiting MAPK/AP-1 signaling. **Public Library of Science**. 2014.
- RAMADAN, G.; AL-KAHTANI, M. A.; EL-SAYED, W. M. Anti-inflammatory and anti-oxidant properties of *Curcuma longa* (turmeric) versus *Zingiber officinale* (ginger) rhizomes in rat adjuvant-induced arthritis. **Inflammation** v.34, p.291–301. 2011.
- RAVINDRAN, P. N.; BABU, K. N. Ginger, the genus *Zingiber*: Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles. Flórida, USA: **CRC Press**, 2005. 576p
- REBELO, M. M.; SILVA, J. K. R.; ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S. Antioxidant capacity and biological activity of essential oil and methanol extract of *Hyptis crenata* Pohl ex Benth. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 19, 230-235. 2009
- 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
- RICHARD, H. Epices et Aromates. **Tec & Doc**, Lavoisier, Paris, 1992. 339 p.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. **Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

- SANDULACHI, E. Water Activity Concept and Its Role In Food Preservation. **Meridian Engineering**, v. 4, p. 40–48, 2012.
- SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C. NETO, O. G. R. **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Comunicado Técnico 99, Embrapa, Belém – PA, 2004.
- SARASWAT M., SURYANARAYANA P., REDDY P. Y., PATIL M. A., BALAKRISHNA N., REDDY G. B. Antglycating potential of *Zingiber officinalis* and delay of diabetic cataract in rats. **Molecular Vision**, v.16 p.1525–1537. 2010.
- SARI, M., BIONDI, D.M., KAABECHE, M. MANDALARI, G., D'ARRIGO, M., BISIFNANO, G. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of several populations of Algerian *Origanum glandulosum* Desf. **Flavour and Fragrance Journal**, 21 (6), 890-898, 2006.
- SASIDHARAN, I.; VENUGOPAL, V. V.; MENON, A. N. Essential oil composition of two unique ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) cultivars from Sikkim. **Natural Product Research**, London, v.26, n.19, p.1759-1764, 2012.
- SCOTT, W. J. Water relation of food spoilage microorganisms. **Advances in Food Research**, 7: 83-127, 1957.
- SELLAMI, I. H., WANNES, W. A., BETTAIEB, I., BERRIMA, S., CHAHED, T., MARZOUK, B., LIMAM, F. Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods. **Food Chemistry**, 126, 691–697. 2011.
- SERAFINI, L.A.; SANTOS, A.C.A.; TOUGUINHA, L.A.; AGOSTINI, G.; DALFOVO, V. **Extrações e aplicações de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais**. Caxias do Sul: EDUCS. 2002.
- SHAHIDI, F.; NACZK, M. Antioxidant properties of food phenolics. Phenolics in food and nutraceuticals, 403–437. Boca Raton: **CRC Press**, 2004.
- SHAHIDI, F.; NACZK, M. Phenolics in Food and Nutraceuticals. Boca Raton, FL: **CRC Press**, 1995.
- SHIDFAR, F.; RAJAB, A.; RAHIDEH, T.; KHANDOUZI, N.; HOSSEINI, S.; SHIDFAR, S. The effect of ginger (*Zingiber officinale*) on glycemic markers in patients with type 2 diabetes. **Journal of Complementary and Integrative Medicine**, v.12 p.165–70. 2015.
- SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIEWICZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aqua-thermal processing. **Food Chemistry**, 107, 55-59, 2008.
- SILVA, E. S.; OLIVEIRA, J.; MACHADO, A. V.; COSTA R. O. Secagem de Grãos e Frutas: Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Garanhuns – PE, v.5, n.1, p. 19-23, 2015.
- SILVA, L. O. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – **Resposta Técnica: Gengibre** – 2008. Site visitado em 01/06/2018. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br>.
- SILVA, J. A.: **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000.
- SIVASOTHY, Y.; CHONG, W. K.; HAMID, A.; ELDEEN, I. M.; SULAIMAN, S. F.; AWANG, K. Essential oils of *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade and their antibacterial activities. **Food Chemistry**, 124, 514-517, 2011.
- SMITH, R. H.; ROBINSON, J. M. The essential oil of ginger from Fiji. **Phytochemistry**, Fiji, v.20, n.2, p.203-206, 1981.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes, **Revista de Nutrição**, 15, 71-81, 2002.
- 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**, 30, 351-355, 2007.
- 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.
- SRINIVASAN, K. Antioxidant potential of spices and their active constituents. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.54, p.352–372. 2014.

- SRINIVASAN, K. Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*): A spice with multiple health beneficial potentials. **Pharma Nutrition**, 5 (1). p. 18-28. 2017.
- STOILOVA, I.; KRASTANOV, A.; STOYANOVA, A.; DENEV, P.; GARGOVAA S. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). **Food Chemistry**, v.102 p.764–770. 2007.
- THOMSON, M.; AL-QATTAN, K. K.; AL-SAWAN, S. M.; ALNAQEEB, M. A.; KHAN, I.; ALI M. The use of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as a potential anti-inflammatory and antithrombotic agent. **Prostaglandin Leucotrien Essent Fatty Acid**, v.67 p.475–478. 2002.
- TORRES M. A. P. **Desempenho de diferentes métodos de secagem e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de semente de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**, Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2006.
- TSOTSAS, E.; MUJUMDAR, A. S. **Modern Drying Technology** - Volume 3: Product Quality and Formulation. 1st ed. New York: Wiley, 2011.
- TSUNEKI, H., KIMURA, I., e PANCHO, L. Pharmacology of ginger. **Pharmacology of ginger**. **CRC Press**. 2004.
- VAN ACKER, S. A. B. E.; VAN DEN BERG, D.; TROMP, N. J. L.; GRIFFIOEN, D. H.; VAN BENNEKOM, W. P.; VAN DER VIJGH, W. J. F.; BAST, A. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. **Free Radical Biology & Medicine**, 20 (3), 331-342, 1996
- VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J.; MORGAN, A. I. **Food Dehydration**. 2nd ed. Westport: The AVI Publishing Company Inc., 1973. 342p.
- VAN BOEKEL, M.; FOGLIANO, V.; PELLEGRINI, N.; STANTON, C.; SCHOLZ, G.; LALLJIE, S.; et al. A review on the beneficial aspects of food processing. **Molecular Nutrition and Food Research**, v.54, p.1215-1247, 2010.
- VEDA, S.; SRINIVASAN, K. Influence of dietary spices – black pepper, red pepper and ginger on the uptake of β -carotene by rat intestines. **Journal of Functional Foods**, v.1. p.394–398. 2009.
- VIERIA, A. P.; NICOLETE, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 50-58, jan./mar. 2012.
- WEAVER, C. M.; DWYER, J.; FULGONI, V. L.; KING, J. C.; LEVEILLE, G. A.; MACDONALD, R. S.; et al. Processed foods: Contribution to nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.99, p.1525-1542, 2014.
- WILLIAMS, DAVID G. **The chemistry of essential oils**. England: Micelle, 334p, 1996.
- WOHLMUTH, H.; SMITH, M. K.; BROOKS, L. O.; MYERS, S. P.; LEACH, D. Essential oil composition of diploid and tetraploid clones of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) grown in Australia. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54 (4), p.1414-1419, 2006.
- WU, J. L. et al. Bioactive tetrahydrofuran lignans from *Peperomia dindygulesis*. **Journal Nature Products**, v.68, n.11, p.1656-1660, 2005.
- YEH, H.; CHAUNG, C.; CHEN, H.; WAN, C.; CHEN, T.; LIN, L. Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidant effects of ginger extract. **Food Science and Technology** v.55 p.329-334, 2014.