

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

**Fellipe Lima Torres**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE SECAGEM DE  
ALHO (*Allium sativum*)**

**Belo Horizonte (MG)**

**2022**

**Fellipe Lima Torres**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE SECAGEM DE  
ALHO (*Allium sativum*)**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial para  
a obtenção do título de Bacharel em  
Química Tecnológica.**

**Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Flávia Augusta  
Guilherme Gonçalves Rezende**

**Co-orientador: Prof Dr. Cleverson  
Fernando Garcia.**

**CEFET-MG**

**Belo Horizonte (MG)**

**2022**

**Fellipe Lima Torres**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE SECAGEM DE  
ALHO (*Allium sativum*)**

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

**Belo Horizonte, 25 de novembro de 2022**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Flávia Augusta Guilherme Gonçalves Rezende  
(orientadora – CEFET-MG)**

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

**Dr. Christiano Pedro Guirlanda  
(avaliador – engenheiro de alimentos)**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Núria Ângelo Gonçalves  
(avaliadora – CEFET-MG)**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Alexander e Rosilene, que dedicaram seus esforços para que eu tivesse a oportunidade de ter uma boa educação. Agradeço pelo amor incondicional, pelos ensinamentos de vida, pela compreensão e apoio durante todo o período que estive cursando Química Tecnológica em uma das melhores instituições do Brasil.

A minha irmã por todo incentivo e carinho para que eu sempre fizesse meu melhor. A todos meus familiares por acreditarem que eu seria capaz de me tornar um bom profissional através da graduação.

Aos meus orientadores, professora Flavia Gonçalves e professor Cleverson Garcia por aceitarem me auxiliar nesse desafio da minha vida, dispondo sempre de compreensão, atenção, disponibilidade e carinho.

Aos demais professores do CEFET, que me passaram muito conhecimento durante todos esses anos, importantes ensinamentos não apenas sobre a teoria e prática da química, mas sobre a vida.

Aos demais amigos e colegas que me ajudaram e compartilharam conhecimento, companheirismo e alegria durante toda o período da minha formação.

## RESUMO

**TORRES, F. L.; REZENDE, F. A. G. G.; GARCIA, C. F. Desenvolvimento e avaliação de método de secagem de alho (*Allium sativum*).**

O Brasil é o segundo maior importador de alho do mundo. Como o país não apresenta uma produção interna autossuficiente de alho (*Allium sativum*), algumas ações são necessárias para diminuir qualquer tipo de desperdício, seja na colheita, armazenamento ou distribuição. Por isso, deve-se enfatizar a busca por processos simples e baratos que possam oferecer meios de reverter esse quadro. Sendo assim, este trabalho visa a avaliação de uma alternativa de secagem de alho, que seja viável e de baixo custo. Dessa forma avaliou-se o processo de secagem de alho por *air fryer* em temperaturas de 90 e 110 °C. Para tal processamento, os bulbos de alho foram cortados em fatias finas com largura de 2 e 3 mm e submetidos a um pré-tratamento químico por imersão de metabissulfito de potássio 0,03%. Determinou-se o teor de umidade do alho *in natura* e depois seguiu-se para o processo de desidratação, em que foram obtidas curvas de secagem. Realizou-se, também, a análise espectroscópica por infravermelho dos alhos desidratados, a fim de verificar os compostos presentes nas amostras após secagem. Além disso, fez-se uma avaliação do gasto energético do processo utilizando *air fryer* comparando ao gasto energético obtido com outros métodos tradicionais. Observou-se que o uso de metabissulfito de potássio como antioxidante foi satisfatório, uma vez que os alhos tratados quimicamente obtiveram coloração mais clara após a desidratação. O espectro apresentado pela análise na região do infravermelho mostrou principalmente as bandas relacionadas aos compostos sulfurados como a alicina e ajoene. Além da banda relacionada ao estiramento axial vO-H de moléculas de água, indicando presença de umidade nas amostras. Por fim, o processo de secagem realizado apresentou um gasto energético promissor de apenas 0,75 e 1,50 kWh no processo em temperatura de 110 e 90 °C, respectivamente, o que pode vir a se tornar uma alternativa viável de processo de secagem.

**Palavras-chave:** Alho. Desidratação. *Air fryer*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Alho da espécie <i>Allium sativum</i> .....	4
Figura 2 – Aspectos macroscópicos de <i>A. sativum</i> .....	5
Figura 3 – Partes do bulbilho.....	5
Figura 4 – Aspectos gerais de bulbos de alho .....	6
Figura 5 - Estruturas químicas dos principais compostos organossulfurados do alho .....	7
Figura 6 – Plantação de alho na Argentina.....	10
Figura 7 - Cura e armazenamento em galpão .....	11
Figura 8 - Participação média (%) dos principais itens que compõe o custo total de produção nas principais regiões produtoras.....	12
Figura 9 – Gráfico do valor da produção de alho no Brasil de 2017 à 2021 .....	13
Figura 10 – Gráfico da evolução da produção e importação de alho no Brasil.....	14
Figura 11 – Exemplo de estufa de secagem com circulação forçada de ar .....	16
Figura 12 – Gráfico do interesse pelo termo air fryer nos últimos 10 anos .....	17
Figura 13 – Exemplo de uma <i>air fryer</i> .....	18
Figura 14 – Esquema do processo de determinação do teor de umidade .....	19
Figura 15 – Esquema do processo de secagem de alho a 90 °C .....	20
Figura 16 – Esquema do processo de secagem de alho a 110 °C .....	21
Figura 17 – Resultado da secagem de alho nos pré testes experimentais em 80, 90, 100 e 110 °C .....	22
Figura 18 – Espectro de absorbância do alho seco após pré testes experimentais em 80, 90, 100 e 110 °C .....	23
Figura 19 – Resultado do processo de secagem de alho com e sem o pré tratamento com metabissulfito de potássio 0,03% .....	25
Figura 20 – Espectro de absorbância do alho seco a 110 °C com e sem o pré-tratamento químico .....	26
Figura 21 – Reação de escurecimento enzimático a partir da polifenoloxidase.....	27
Figura 22 – Gráfico do teor de umidade (%) de alho em cada repetição de secagem a 110 °C por 30 min.....	28
Figura 23 – Gráfico do teor de umidade (%) de alho em cada repetição de secagem a 90 °C por 60 min.....	28
Figura 24 – Gráfico da curva de secagem de alho em <i>air fryer</i> a 90 e 110°C.....	29

Figura 25 – Espectro de absorbância do alho seco a 90 °C em 60 min e 110 °C em 30 min.....	30
Figura 26 – Gráfico do gasto energético entre diferentes processos de secagem de alho .....	32

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes organossulfurados presentes no alho e suas possíveis atividades biológicas do alho.....	8
Quadro 2 - Calendário de plantio, colheita e comercialização de alho na região Sul e do Cerrado .....	12

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de alho cru por 100 gramas de parte comestível: Centesimal, minerais, vitaminas e colesterol .....	7
Tabela 2 - Classificação de bulbilhos de alho em função do tamanho.....	9
Tabela 3 – Custo total de produção e custo total por caixa nas principais regiões que cultivam alho no Brasil.....	13

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANAPA – Associação Nacional dos Produtores de Alho
- ATR – Reflectância Total Atenuada
- CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
- CFM – *Cubic Feet per Minute*
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento
- COS – Compostos organossulfurados
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAO – *Food and Agriculture Organization*
- FAOSTAT – *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database*
- FB – Farmacopeia Brasileira
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária de Abastecimento
- PFO – Polifenoloxidase
- POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares
- PPO – *Polyphenol oxidase*
- TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Graus celsius

% – Porcentagem

$\nu$  – Frequência em  $\text{cm}^{-1}$

kWh – Quilo Watts hora

kcal – Quilocaloria

ha – Hectare

W – Watts

$\Delta$  – Variação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>2.1</b>	<b>Alho</b> .....	3
2.1.1	Origem do alho .....	3
2.1.2	Características botânicas do alho .....	4
2.1.3	Bioativos e benefícios do alho .....	6
2.1.4	Cultivo de alho.....	9
2.1.5	Mercado e Produção de alho.....	11
<b>2.2</b>	<b>Processos de secagem</b> .....	14
2.2.1	Estufa com circulação forçada de ar .....	16
2.2.2	<i>Air fryer</i> .....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
<b>3.1</b>	<b>Material</b> .....	19
<b>3.2</b>	<b>Métodos</b> .....	19
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>4.1</b>	<b>Pré-testes</b> .....	22
<b>4.2</b>	<b>Presença de compostos do alho por espectro infravermelho</b> .....	23
<b>4.3</b>	<b>Teor de umidade</b> .....	24
<b>4.4</b>	<b>Pré-tratamento químico</b> .....	25
<b>4.5</b>	<b>Curva de secagem</b> .....	27
<b>4.6</b>	<b>Custo energético</b> .....	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	33
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34

## 1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, ocorre um aumento populacional de mais de oitenta milhões de pessoas a cada ano. O Brasil, por ser um dos países mais populosos do mundo, tem participação direta nesse aumento. Com isso, fica evidente a necessidade de produzir cada vez mais alimentos, tanto para abastecimento interno quanto para exportação (SANTOS et al., 2020).

Entretanto, atualmente o Brasil ocupa o *ranking* dos 10 países que mais perdem alimentos no mundo, com cerca de 35% da produção sendo desperdiçada todos os anos de acordo com a *Food and Agriculture Organization* (FAO). Dentre esses alimentos, destaca-se o segmento de frutas, hortaliças e vegetais, atingindo em média 30% de perdas. Principalmente nas agroindústrias, onde muitos desses alimentos ainda podem apresentar elevado valor nutricional (FAO, 2015).

Esses alimentos, em geral, são muito sensíveis ao manuseio. Isto é, amassam e rompem a casca com facilidade, principalmente devido à sua elevada quantidade de água e, por muitas vezes, apresentar tamanho unitário grande. Essas características destacadas interferem diretamente na conservação desses alimentos por um curto período de tempo, de modo geral alguns dias apenas (ZARO, 2018). Visto essa situação, surge a necessidade de realizar alternativas para reduzir esse desperdício de matéria-prima vegetal, interferindo diretamente em sua conservação.

Um dos alimentos desse segmento que se destaca é o alho, por ser uma das hortaliças mais consumidas no mundo com aplicações diversas na culinária mundial e, também, por proporcionar vários benefícios à saúde, quando utilizados na alimentação. Todavia, o Brasil não produz a quantidade necessária para o abastecimento interno, tendo que importar grande parte desse alimento. Com isso, diminuir o desperdício do que é produzido no país é de grande importância financeira e ambiental (CRUZ, 2021).

O processo de secagem se apresenta como uma possível solução para esse problema. Ele é definido como a operação unitária por meio da qual a água, ou qualquer outro líquido, é removido de um material, aumentando a vida útil do produto. Este processo diminui a atividade de água do alimento, tornando mais efetiva sua conservação, além de proporcionar um produto seco e compacto, conseqüentemente facilitando o processo de transporte e estocagem. Contudo, caso não ocorra um controle no processo,

principalmente relacionado a temperaturas elevadas, pode ocasionar a alteração dos atributos nutricionais, havendo perda de nutrientes (CELESTINO, 2010).

No contexto do processo de secagem de alimentos, destaca-se um equipamento de fritadeira elétrica sem óleo, comercialmente chamado de *air fryer*, que através de seu *design* e tecnologia, busca uma maior eficiência do aproveitamento de energia aliada com a diminuição da taxa de calor perdida no processo, o que gera uma maior qualidade dos alimentos juntamente com uma menor perda de nutrientes (CEFET-MG, 2020).

Assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar os parâmetros de desidratação do alho em fritadeira elétrica sem óleo, *air fryer*, bem como estudar as curvas de secagem em temperaturas de 90 e 110 °C; determinar as perdas de compostos bioativos por infravermelho no alho desidratado e; avaliar o consumo energético do processo de secagem na *air fryer* apresentando as suas características e sua viabilidade de aplicação, como método de redução do desperdício de alimentos no ramo da agroindústria.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Alho

#### 2.1.1 Origem do alho

O alho é uma espécie cultivada a cerca de 6.000 anos. Sua origem gera controvérsias até os dias de hoje, pois ainda não há consenso se é originário da Europa mediterrânea ou do continente asiático, sendo esse último, o que a maioria dos estudos apontam ser a verdadeira origem. Dessa forma, acredita-se que o alho tenha surgido no deserto da Sibéria, que posteriormente através de tribos nômades foi levado para o Egito, e a partir desse momento se expandiu para o extremo oriente, por meio de comércios com a Índia, até chegar no continente europeu (LEONÊZ, 2008).

No período da idade média, em diversas culturas como a egípcia, a indiana, a hebraica, a chinesa, a grega ou a russa, o alho era considerado um elemento de importância similar ao sal. A diferença entre eles se deu pelo fato das classes mais altas terem, de certo modo, rejeitado o alho devido ao seu forte odor, o que acabou tornando esse vegetal, um indicador de classes durante muito tempo. Entretanto, em certo momento da história, o alho se tornou uma forma de moeda valiosa em algumas regiões, como no antigo Egito, onde poucos quilos de alho eram capazes de comprar um escravo (ALMEIDA et al., 2006).

Ainda na idade média há relatos que três ladrões, que foram condenados a retirar cadáveres das ruas durante uma epidemia de peste que atingiu Marselha, continuavam saudáveis mesmo com o potencial risco de contaminação. Dessa forma, as autoridades fizeram um acordo com os três indivíduos, onde eles seriam libertados caso contassem qual era o segredo desse mistério. Os homens, então, disseram que apenas bebiam uma poção de alho todas as noites para se precaverem da peste, acreditando em seu possível benefício para imunidade. Assim começou os primeiros indícios relacionados aos muitos benefícios que o alho apresenta para a saúde humana (MASSON, 2007).

Existem diversas lendas e curiosidades em relação a esse alimento. Como em alguns mitos egípcios, nos quais o alho era tratado como uma planta mágica com poderes sobrenaturais. No poema grego Odisseia, Ulisses usa alho para fazer Circe se apaixonar por ele, se livrando de uma perigosa feiticeira. Nas crenças difundidas na Europa, África e, também, no Brasil, onde o cheiro do alho era sinal de proteção contra os males de bruxaria e mal olhado. E relacionado aos tempos mais atuais, apresenta-se relatos da

utilização do alho pelos ingleses na primeira guerra mundial, para tratar infecções e problemas respiratórios (CAETANO, 2006).

A chegada da hortaliça no Brasil é relatada junto as caravelas de Cabral, que seria parte do cardápio consumido pelas tripulações. Já em terras brasileiras, o alho era cultivado apenas nos quintais das casas, visto que foram necessários mais de 500 anos para virar uma cultura que gerasse riqueza na agricultura nacional (LEONÊZ, 2008).

### 2.1.2 Características botânicas do alho

A botânica classifica todos os tipos de alho como derivados da espécie *Allium sativum*. Dessa espécie originam-se subespécies: a *Sativum* e a *Ophioscorodon*, em que se têm catalogadas oito variedades de alho providas dessas subespécies (LEONÊZ, 2008).

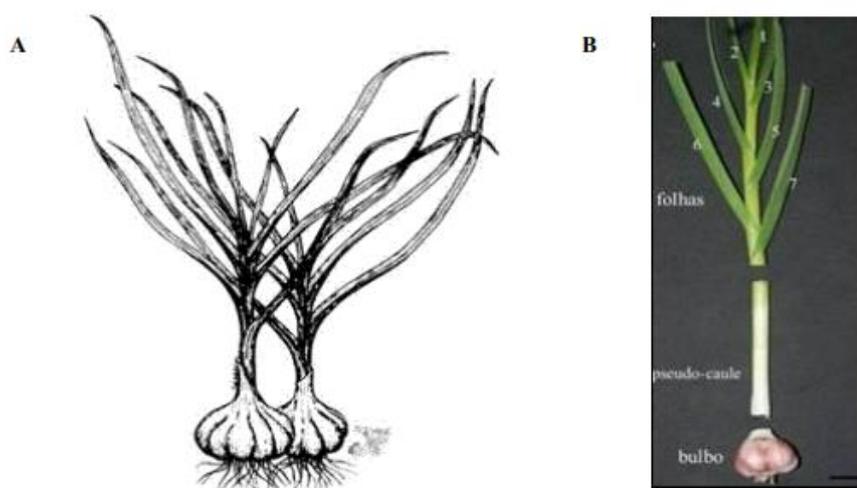
**Figura 1** – Alho da espécie *Allium sativum*



Fonte: Embrapa, 2020.

O alho, também chamado de alho-manso, alho-da-horta e alho-comum, é uma planta perene que pertence à família *Amaryllidaceae*, que segundo a descrição da Farmacopeia Brasileira (FB), é caracterizado por um bulbo (cabeça de alho) arredondado, composto por 6 a 20 bulbilhos (dentes-de-alho), de diferentes tamanhos, reunidos sob um involúcro comum de várias folhas protetoras escamosas, esbranquiçadas ou rosadas. Do bulbo desenvolve-se um pseudocaule (talo) longo e fino que originam acima do solo folhas estreitas, lanceoladas (alongadas) e curvadas que podem chegar até 60 cm de altura, como observado na Figura 2 (BRASIL, 2015).

**Figura 2** – Aspectos macroscópicos de *A. sativum*.

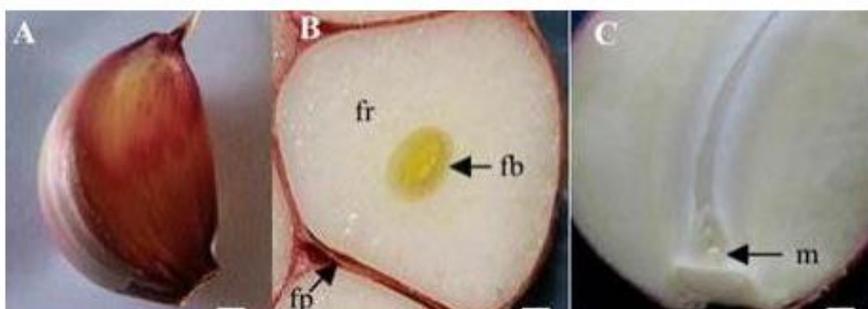


(A) Planta inteira de alho descrita por Germosén-Robineau; (B) Alho com detalhes do bulbo, pseudocaulis (formado pelas bainhas foliares), e parte aérea (folhas)

Fonte: Vieira, 2012.

Segundo Vieira (2012), um bulbilho contém um meristema apical, rodeado por três folhas modificadas: uma folha periférica fina de proteção, uma folha de armazenamento (ou de reserva), e uma folha de brotação, como observado na Figura 3. A folha de proteção do bulbilho possui um tipo de barreira à penetração de pragas e doenças por apresentar uma superfície dura lignificada, que abrange a folha de reserva, a qual consiste quase inteiramente de bainha, e envolve o desenvolvimento da folhagem da planta (EMBRAPA, 2020).

**Figura 3** – Partes do bulbilho

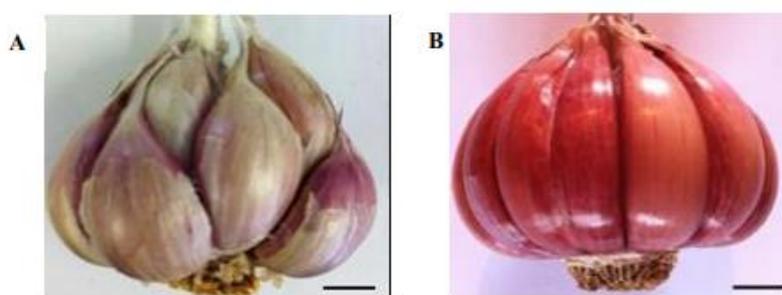


(A) Aspecto geral do bulbilho inteiro; (B) Secção transversal do bulbilho indicando detalhes da estrutura interna; fp: folha de proteção; fr: folha de reserva; fb: folha de brotação; (C) Secção longitudinal do bulbilho indicando a posição do meristema apical (ma) envolto pela bainha da folha de brotação

Fonte: Adaptado de Vieira, 2012.

Há uma grande variedade nas características gerais da espécie *A. sativum* comercializada no Brasil. Isso ocorre porque as características individuais do alho são modificadas de acordo com diversos fatores como as condições de cultivo, do solo, da altitude, da temperatura e do período de chuvas (ALMEIDA *et al.*, 2006). Com isso, essa variedade é classificada em dois grupos: “comuns” e “nobres” (Figura 4), em que o grupo dos nobres é a que proporciona melhor aceitação no mercado consumidor, pelo fato de apresentar bulbos uniformes e coloração roxa mais intensa dos bulbilhos. (BRASIL, 2015)

**Figura 4** – Aspectos gerais de bulbos de alho



(A) Grupo comum; (B) Grupo nobre

Fonte: Vieira, 2012.

### 2.1.3 Bioativos e benefícios do alho

As propriedades funcionais do alho, juntamente com suas características de sabor, fizeram essa hortaliça se tornar um importante símbolo cultural ao redor do mundo, onde se destaca tanto no universo gastronômico, como um grande intensificador de sabor, quanto no âmbito fitoterápico e medicinal, pela presença de seus diversos compostos bioativos que proporcionam vários benefícios para saúde humana (MARCHIORI, 2014). Dessa forma, o alho é considerado um ótimo alimento funcional, que de acordo com o Ministério da Saúde (2009), é definido por alimentos que se caracterizam por oferecer vários benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, podendo desempenhar um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas, como câncer e diabetes, dentre outras.

Na composição do alho existem óleos essenciais, proteínas, carboidratos, vitaminas, sais minerais, conforme o demonstrado na Tabela 1. Além de uma grande quantidade de compostos bioativos, os quais se destacam os compostos organossulfurados (COS) (Figura 5), fenólicos e fitosteróis. Dentro do grupo dos

compostos fenólicos encontram-se flavonoides, tais como a apigenina, quercetina e miricetina (QUEIROZ, 2010). Já em relação aos organossulfurados, o alho contém 33 tipos, em que 1 g de alho fresco contém de 11 a 35 mg dessas substâncias, sendo o alimento que contém maior quantidade de COS, possuindo quase quatro vezes mais desses compostos (por grama de peso fresco) do que a cebola, brócolis, couve-flor e damasco (HOLUB et al., 2002).

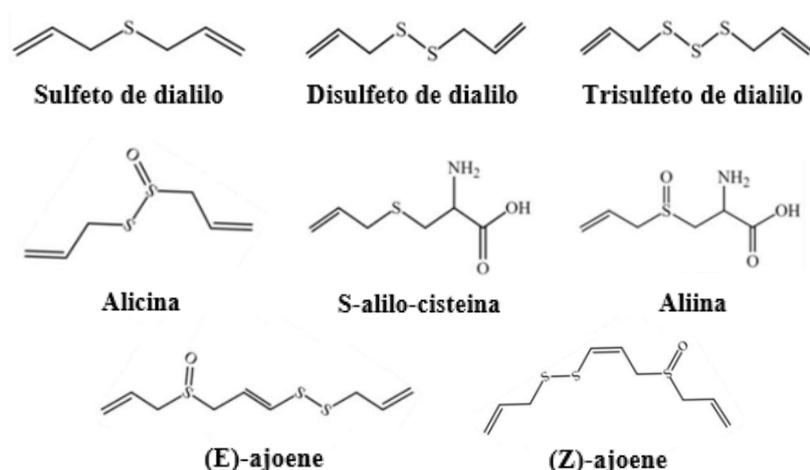
**Tabela 1** - Composição de alho cru por 100 gramas de parte comestível: Centesimal, minerais, vitaminas e colesterol

Umidade (%)	Energia (kcal)	Proteína (g)	Lipídeos (g)	Colesterol (mg)	Carboidrato (g)	Fibra Alimentar (g)	Cálcio (mg)	Magnésio (mg)
67,5	113	7	0,2	NA	23,9	4,3	14	21

Fonte: TACO, 2011.

Dentre os compostos com elevado valor funcional nos bulbos, destaca-se o composto sulfurado alicina (dialil-tiosulfinato), que é um líquido volátil responsável pelo odor pungente característico do alho (SILVA; MORETTI; MATTOS, 2010). É o composto bioativo mais comum e representa cerca de 70% dos compostos sulfurados presentes nessa hortaliça. Quimicamente, a alicina é uma molécula instável e altamente reativa, sendo produzida a partir da ação enzimática da aliinase sobre o aminoácido não proteico aliina durante o corte ou maceração do bulbo do alho, não estando presente no alho *in natura*, onde os elementos responsáveis pela quebra da alicina são o ar, a água e temperaturas elevadas (DUQUE; MASSOLAR; JUNIOR, 2018).

**Figura 5** - Estruturas químicas dos principais compostos organossulfurados do alho



Fonte: Shang *et al.*, 2019.

Esses compostos bioativos presentes no alho têm sido amplamente reconhecidos como agentes de prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, e outras doenças metabólicas como hipertensão, diabetes, trombose e hiperlipidemia (SILVA; MORETTI; MATTOS, 2010). Além disso, também apresentam muitos efeitos biológicos como atividade antioxidante devido aos altos teores dos elementos zinco e selênio (metais antioxidantes), anti-inflamatória, antimicrobiana pela participação ativa da alicina, anticancerígeno que pode estar ligado à estimulação da enzima hepática glutathione S-transferase, e envolvida em processos de desintoxicação de muitos carcinógenos (ARUOMA et al, 1997). No Quadro 1 são apresentados os principais componentes do alho e suas respectivas atividades biológicas.

**Quadro 1** - Componentes organossulfurados presentes no alho e suas possíveis atividades biológicas do alho

<b>Tipos de componentes no alho</b>	<b>Possíveis atividades biológicas</b>
Aliina	Hipotensora, hipoglicemiante
Ajoeno	Previne a formação de coágulos
Alicina e tiosulfato	Antibiótica, antifúngica e antiviral
Alil-mercaptano	Hipocolesterolêmica, antidiabética e hipotensora
Dialil-dissulfido	Hipocolesterolêmica e anticancerígena
S-acil-cisteína	Hipocolesterolêmica, anticancerígena e ação antioxidante
Compostos gama-glutâmicos	Hipocolesterolêmica, anticancerígena e ação antioxidante

Fonte: Leonêz, 2008.

Assim, o alho dispõe de diversos benefícios para a saúde, estando presente na prevenção de gripes e resfriados, na regulação da gordura do sangue, no equilíbrio da flora intestinal e da glicose do sangue, no combate a asma, bronquite, pneumonia e diabetes, na desinfecção do organismo e no combate a toxinas intestinais, na redução da pressão alta, na dilatação dos vasos coronários, onde os músculos cardíacos são mais bem alimentados e portanto tornando-se mais fortes, na diminuição das taxas de colesterol, entre muitos outros (ALMEIDA *et al.*, 2006). Apesar dessas diversas propriedades medicinais, o alho pode provocar efeitos tóxicos quando consumido em grande quantidade, podendo resultar em sintomas clínicos como alergia, anemia e até mesmo úlcera gástrica (LEONÊZ, 2008).

#### 2.1.4 Cultivo de alho

A cultura do alho contempla uma das atividades rurais que mais depende de mão de obra, onde grande parte do processo produtivo é feita manualmente. Esse cultivo inicia-se com a separação dos bulbilhos, chamados também de alho-sementes. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), as reservas nutritivas do alho-semente podem suprir as necessidades da planta por vários dias, sendo essenciais para o estabelecimento de uma boa cultura. Além de representarem a maior despesa do custo de produção, com uma participação de até 30% dos gastos com a cultura, dessa forma, a qualidade fisiológica e sanitária deve ser um fator bem fiscalizado na hora de adquirir e utilizar esse insumo (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Para o plantio de um alho-semente de boa qualidade que visa a comercialização, observa-se principalmente seu aspecto visual e a classificação de tamanho e peso, utilizando assim peneiras com malhas específicas (Tabela 2), onde somente aqueles retidos pelas peneiras 1, 2 e 3 são utilizados, pois quanto maior o tamanho, maior a probabilidade de um aumento significativo de produtividade e de qualidade dos bulbos produzidos (EMBRAPA, 2020).

**Tabela 2** - Classificação de bulbilhos de alho em função do tamanho

Tamanho	Peneira	Malha (mm)	Peso médio do bulbilho (g)	Gasto de bulbilhos (Kg ha <sup>-1</sup> )
Graúdo	1	15 x 25	4 a 6	1.200 a 2.000
Médio	2	10 x 20	3	900
Pequeno	3	8 x 17	2	600
Miúdo	4	5 x 17	1	300
Palito	-	< 5 x 17	-	-

Fonte: MAPA, 1992.

Após a separação correta dos alhos-sementes, eles são semeados em fileiras com distância de 15 cm entre as plantas, onde são enterrados com a extremidade do bico voltada para cima, a uma profundidade de 6 cm. Quanto ao tipo de solo, a planta de alho se desenvolve melhor em solos leves, finos, ricos em matéria orgânica e bem drenada, pois a água é o fator que de maneira mais recorrente afeta o desenvolvimento das raízes, a nutrição das plantas, e conseqüentemente, a qualidade do alho, onde a deficiência e o

excesso de água prejudicam diretamente a produtividade de bulbos e conservação respectivamente (ALMEIDA *et al.*, 2006; SEDOGUCHI *et al.*, 2002).

O alho é uma cultura de clima frio, suportando bem baixas temperaturas, inclusive resistindo a geadas. Para um bom desenvolvimento vegetativo, a cultura exige temperaturas diferentes em três fases distintas do ciclo produtivo: de 18 a 20 °C na fase inicial, de 10 a 15 °C durante a fase de bulbificação, e 20 a 25 °C na fase de maturação. O fotoperíodo (número de horas entre o nascer e o pôr-do-sol) é extremamente determinante para a formação do bulbo, onde cultivares considerados tardios necessitam de dias mais longos para bulbificação, e cultivares precoces respondem melhor ao estímulo de dias mais curtos. Quando o fotoperíodo é insuficiente ou menor do que o esperado, acaba por ocasionar o crescimento vegetativo sem a formação de bulbos, comprometendo a qualidade do alho (EMBRAPA, 2020).

**Figura 6** – Plantação de alho na Argentina



Fonte: ANAPA, 2017.

A colheita é realizada, de modo geral, em dias de sol, quando a planta apresenta, no final de seu ciclo, três a quatro folhas verdes e as demais secas. É de grande importância conhecer bem esse ciclo, pois variáveis como nutrição deficiente, ataques de pragas e doenças podem apresentar o mesmo aspecto visual (ALMEIDA *et al.*, 2006). Seguidamente é realizado o processo de cura e armazenamento, etapas pós colheita, onde os bulbos mantidos com folhas e raízes devem secar ao sol de três a quatro dias, e posteriormente por 20 a 50 dias à sombra, período esse que proporciona a remobilização de nutrientes para o bulbo a partir das folhas e raízes, assim o alho é trançado em réstias ou amarrado em molhos e pendurado com rama para cima em galpões (Figura 7), em

seguida são armazenadas em local seco, bem ventilado e de baixa luminosidade (EMBRAPA, 2020).

**Figura 7** - Cura e armazenamento em galpão



(A) Na forma de réstias; (B) Em molhos

Fonte: Embrapa, 2020.

#### 2.1.5 Mercado e Produção de alho

Desde 1990, a oferta global de alho se concentra principalmente na Ásia, onde destaca-se a China como principal produtor mundial e líder em consumo *per capita* com 14,3 kg/pessoa. Nesse cenário, o Brasil é o 16º maior produtor com apenas 0,4% da produção mundial e o segundo maior importador de alho do mundo, adquirindo em 2019 165.446 toneladas, volume superior à da sua produção, que foi de 131.523 toneladas no mesmo ano (FAOSTAT, 2021). Tais dados evidenciam que o Brasil importa mais da metade do total necessário para o abastecimento do mercado interno do país, ou seja, é dependente do alho estrangeiro, obtidos principalmente da Argentina e da China. No entanto, é aplicado uma tarifa chamada *antidumping* para incentivar uma concorrência mais justa do alho nacional produzido com o alho importado da China, que possui um valor mais atrativo, por ser a maior produtora do mundo (GRUNDLING; GAZZOLA; ARAGÃO, 2021).

No cenário brasileiro, principalmente na região Sul e de Cerrado, quatro estados são responsáveis por aproximadamente 90% da produção de alho do país, onde o principal deles é o estado de Minas Gerais (33,4%), seguido por Goiás (24,5%), Santa Catarina (18,9%) e Rio Grande do Sul (13,0%) (CEPEA, 2021). Em relação ao perfil dos principais produtores, as fazendas de Minas Gerais e Goiás são as mais tecnificadas, possuindo

maior escala (acima de 50 ha), já em Santa Catarina e Rio Grande do Sul é representado em sua maioria por agricultores familiares, de pequeno (até 20 ha) e médio porte (entre 20 e 50 ha). Ambas as regiões apresentam um calendário de plantio, colheita e comercialização do alho diferente (Quadro 2), devido as diferentes características do clima e solo peculiares de cada região (GRUNDLING; GAZZOLA; ARAGÃO, 2021).

**Quadro 2** - Calendário de plantio, colheita e comercialização de alho na região Sul e do Cerrado

Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cerrado	Comércio	Comércio	Plantio	Plantio	Plantio	Colheita	Colheita	Colheita	Colheita	Comércio	Comércio	Comércio
Sul	Comércio	Comércio	Comércio	Comércio	Comércio	Plantio	Plantio				Colheita	Colheita

■ Plantio      ■ Colheita      ■ Comércio

Fonte: CEPEA, 2021.

Houve um crescimento na produção nacional de alho nos últimos anos. Mas alguns fatores fazem com que ocorra uma limitação para um crescimento ainda maior, como pelo aumento dos custos de produção atrelada ao encarecimento de insumos (sementes, mão de obra, mudas e fertilizantes) (Figura 8) ou pelo elevado valor do dólar, fazendo com que o custo total de produção termine consideravelmente maior, como é apresentado na Tabela 3. Além do aumento dos custos de produção, a mecanização no setor de alho ser muito baixa também é um fator importante, pois a grande maioria do processo de cultivo de alho é realizada de forma manual, fazendo com que o potencial de produção não seja totalmente explorado (CEPEA, 2021).

**Figura 8** - Participação média (%) dos principais itens que compõe o custo total de produção nas principais regiões produtoras



Fonte: CEPEA, 2021.

**Tabela 3** – Custo total de produção e custo total por caixa nas principais regiões que cultivam alho no Brasil

<b>Custo total (CT) de produção (R\$/ha)</b>		
	<b>2017</b>	<b>2020</b>
Cristalina (GO)	57.176,67	128.442,96
São Gotardo (MG)	83.155,94	87.532,99
Flores da Cunha (RS)	48.955,02	65.830,93
Frei Rogério (SC)	44.186,00	77.708,97

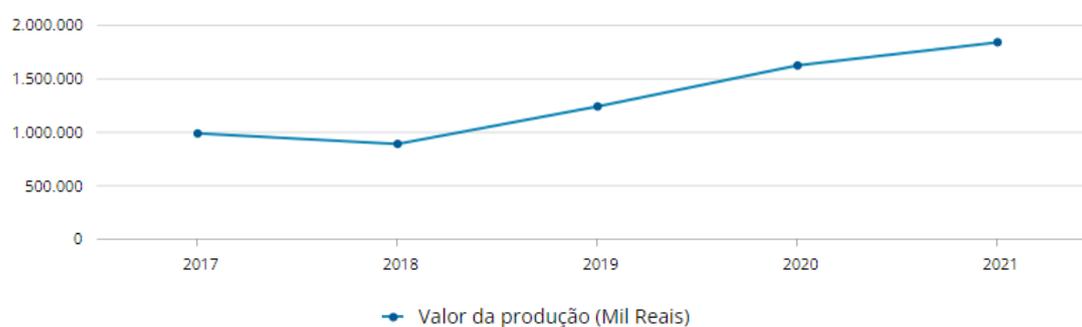
  

<b>Custo total (CT) por caixa (R\$/caixa de 10 kg)</b>		
	<b>2017</b>	<b>2020</b>
Cristalina (GO)	35,8	88,58
São Gotardo (MG)	51,98	54,7
Flores da Cunha (RS)	49,1	65,9
Frei Rogério (SC)	49	86,34

Fonte: Conab, 2021.

Entretanto, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), atualmente as importações caíram 35% comparada aos valores de 2019, além do aumento considerável da produção (Figura 9) que se dá pelo investimento crescente em tecnologia e irrigação, que proporcionou um aumento de 14 para 16 toneladas por hectare em poucos anos. Segundo a ANAPA (2021), o Brasil dobrou a projeção inicial de crescimento de 1.000 para 2.000 hectares/ano plantado já no ano de 2021, e também antecipará em um ano a meta de abastecer 70% do mercado interno, meta essa que levaria cinco anos para ser atingida.

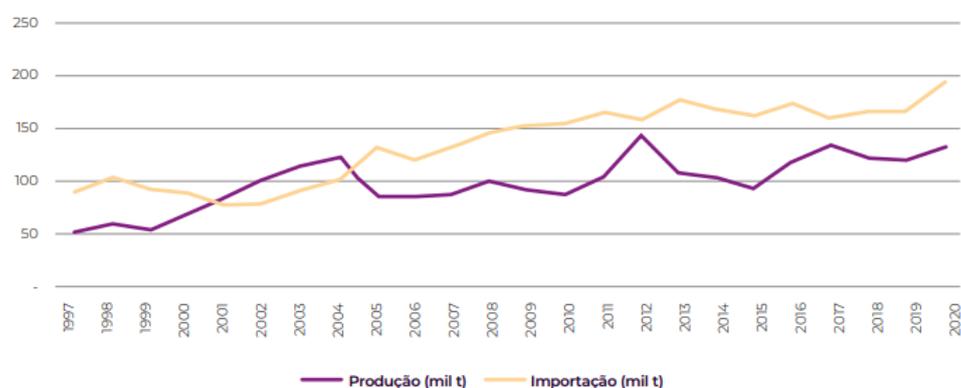
**Figura 9** – Gráfico do valor da produção de alho no Brasil de 2017 à 2021



Fonte: IBGE, 2021.

A relação da proporção entre a produção e importação de alho no Brasil, representado pela Figura 10, continua alta ainda que a produção brasileira de alho tenha crescido consideravelmente nos últimos anos, devido ao fato de que ocorreu, também, uma maior procura da população por essa hortaliça, onde segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF/IBGE) mais recente, de 2017/2018, houve um aumento de 5% no consumo per capita de alho comparada com a última pesquisa de 2008/2009. Com isso, o alho passou a ocupar o 10º lugar no ranking nacional das hortaliças na POF 2017/2018.

**Figura 10** – Gráfico da evolução da produção e importação de alho no Brasil



Fonte: IBGE/Secex, 2021.

## 2.2 Processos de secagem

A secagem é considerada um dos processos para conservação de alimentos mais antigos utilizados pelo homem, pois desde o início da civilização humana houve a necessidade de conservar os alimentos, visto que guardar as sobras de alimentos em épocas de fartura era de extrema importância para os períodos de escassez (AGEITEC, 2013). O processo de secagem é bastante econômico quando comparado com outros métodos de conservação de alimentos.

O processo de secagem, ou desidratação, é definido como um processo simultâneo de transferência de calor e massa (umidade) entre o produto e o ar de secagem. É uma das etapas do pré-processamento de produtos agrícolas, com a finalidade de retirar parte da água contida nos alimentos, ou seja, a remoção de umidade do produto. Essa remoção é obtida pela movimentação da água decorrente de uma diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície do produto a ser secado e o ar que o envolve, onde deve ocorrer

de modo que preserve sua aparência e suas qualidades nutritivas, e de forma que o produto fique em equilíbrio com o ar do ambiente onde será armazenado (SILVA; AFONSO; LACERDA, 2008).

Grande parte dos alimentos sofre deterioração com muita facilidade, e um dos vários motivos para que isso ocorra, é a presença de água na maioria desses produtos. Diante disso, utiliza-se algumas técnicas de conservação de alimentos, dentre as quais, a secagem é uma das mais utilizadas, pelo fato de diminuir a quantidade de água no alimento. Esse processo proporciona condições desfavoráveis para o crescimento microbiano, obtendo assim uma menor taxa de deterioração. Além de reduzir o desenvolvimento microbiano no alimento, o processo de secagem apresenta outras vantagens, como a conservação quase total das características físicas e nutritivas de alguns alimentos, e a redução do peso do produto, o que causa a redução do custo no transporte e armazenamento em relação aos produtos enlatados e congelados (AGEITEC, 2013).

Existem dois tipos de sistemas de secagem, a secagem natural que é caracterizada pela exposição do produto por longos períodos à radiação solar e sob condições climáticas de temperatura ambiente, com baixas umidades relativas e ventos de intensidade moderada, fazendo com que certas regiões que apresentam essas características climáticas utilizem esse sistema de secagem com maior frequência. Entretanto, apresenta diversas desvantagens, como a necessidade de áreas extensas para sua realização. Além disso, o método é consideravelmente demorado, as condições ambientais não são controladas, e se não for realizado de forma adequada com relação a manipulação e higiene, pode ocorrer perdas de produto por insetos e micro-organismos (SILVA; AFONSO; LACERDA, 2008). O outro tipo de sistema de secagem é a artificial, a qual se define como o processo de remoção de umidade que se tem a utilização de equipamentos e condicionamento do ar de secagem pelo controle de sua temperatura, umidade e velocidade. A vantagem em relação ao sistema natural, é que o sistema artificial não depende das condições climáticas, favorecendo assim a obtenção de um produto de maior qualidade em um tempo muito menor, porém apresentando um maior custo energético no processo (AGEITEC, 2013).

Alguns exemplos relacionados a esse sistema de secagem estão a secagem por infravermelho, secagem por leite fluidizado, secagem por micro-ondas e secagem por estufa.

### 2.2.1 Estufa com circulação forçada de ar

O método de secagem em estufa é um método antigo, que pode ser aplicado por convecção natural ou forçada. Considerado um método direto, o qual o ar aquecido absorve uma substância volátil, sendo geralmente a água, presente nos alimentos. Dessa forma, ainda é empregado para a preservação de alimentos, visto que se trata de um processo econômico e simples, comparado com outros métodos de secagem (RATTI, 2001).

A estufa de secagem (ou secador de bandeja) apresenta um método bem simples, em que o material a ser desidratado é colocado em bandejas ou tabuleiros, apresentando fundo telado ou inteiriço. Com funcionamento a partir de um sistema hermeticamente fechado com uma ventilação forçada, esse método trabalha com a extração do ar, que chega até a câmara de aquecimento, onde com o controle de um termopar, o ar é aquecido até a temperatura desejada (CHADA, 2021).

**Figura 11** – Exemplo de estufa de secagem com circulação forçada de ar



Fonte: Brastorno, 2022.

Esse fornecimento de ar aquecido e sua circulação forçada através do produto, resulta em uma redução de tempo nos processos de secagem, pelo fato de maximizar o arraste da umidade presente no alimento. Diversos fatores ocasionam a variação do tempo de secagem, são eles: a temperatura, a composição da matriz, a quantidade de água

presente no alimento, o tamanho dos cortes, quantidade de alimento colocada na estufa e a quantidade de vapor de água presente no ar (FOUST et al., 1982).

Em comparação com outros tipos de processos de secagem, o longo tempo apresentado pelo método de estufa, faz com que seja sua maior desvantagem, proporcionando um maior consumo de energia elétrica e degradação térmica de compostos termossensíveis, como compostos bioativos (MONTEVALI; MINAEI; KHOSH TAGAZA, 2011). Apesar de necessitar de um tempo mais longo para realizar a secagem, proporciona um baixo custo relacionado a estrutura e equipamentos necessários para realização do processo (CELESTINO, 2010).

### 2.2.2 Air fryer

Eletrodoméstico considerado novo no mercado, possuindo menos de 15 anos de existência e inspirada em fornos tradicionais, porém com um *design* otimizado e portátil, a fritadeira sem óleo, ou mais comumente chamada de *air fryer* (termo que tem origem no inglês que traduzido significa fritadeira a ar), vem conquistando um espaço cada vez maior nas casas dos consumidores do mundo inteiro, como observado pelo gráfico da Figura 12, que mostra o aumento da procura pelo termo *air fryer* nos últimos 10 anos.

**Figura 12** – Gráfico do interesse pelo termo air fryer nos últimos 10 anos



Fonte: Google, 2022.

Apesar do nome, as fritadeiras sem óleo não fritam os alimentos. Seu método utiliza calor seco, e, por isso, seu funcionamento ocorre de forma similar aos de fornos de convecção, que realizam a transmissão de calor pela movimentação de fluidos de ar em alta velocidade dentro do equipamento (CASTRO, 2018). Elas são dotadas de uma câmara com turbinas para ocasionar essa circulação de calor, que fazem com que o fluxo de ar quente permaneça sempre em contato com o alimento promovendo um aquecimento

mais rápido e de forma mais homogênea, dispensando a utilização de qualquer tipo de óleo nesse processo (SANSANO et al., 2015).

**Figura 13** – Exemplo de uma *air fryer*



Fonte: Autoria própria.

O *design* da maioria das *air fryers* apresenta um formato “oval”, que contém um motor na parte superior do conjunto, que controla dois ventilares ao mesmo tempo, um perto do motor e outro visível na parte traseira do equipamento, ficando próximo do sistema de aquecimento. Logo dentro da porta abrange uma cesta perfurada que pode ter diferentes volumes (de 2,2 L até 5,5 L), sendo utilizada para armazenar os alimentos durante o processo de aquecimento. Em sua interface há dois controladores, um de temperatura e outro de tempo.

O grande diferencial está no *design* de suas peças mecânicas, que fazem com que esse equipamento seja tão interessante. O ventilador possui desenhos de hélices específicas que empurram o ar para baixo somente em suas extremidades, proporcionando que o ar entre em contato com o alimento de fora para dentro, através das paredes da cesta e não pelo centro como é comum em outros tipos de equipamentos. Dessa forma, proporciona diversos benefícios como o aquecimento uniforme dos alimentos, a menor liberação de calor quando está em funcionamento, e o aumento da velocidade de preparo em até 20% em relação a aparelhos convencionais (DAKO, 2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

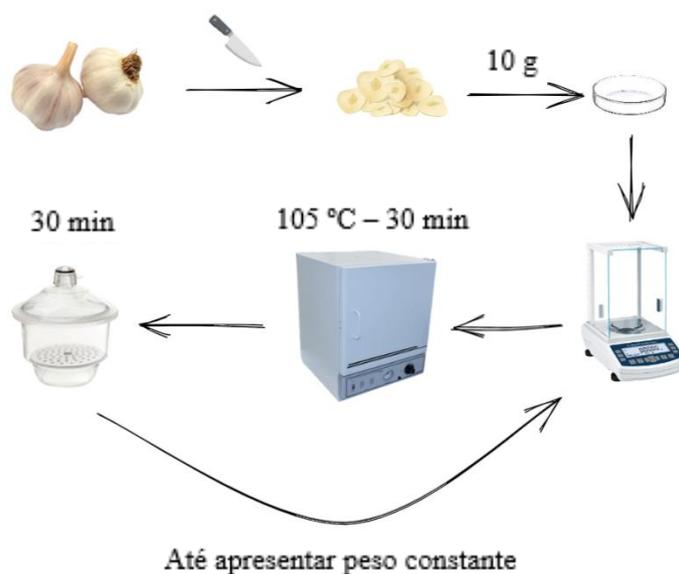
#### 3.1 Material

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química Orgânica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), em Belo Horizonte (MG). O alho (*A. sativum*) utilizado como matéria-prima, foi adquirido em supermercado da região metropolitana de Belo Horizonte. Os equipamentos utilizados ao longo do experimento foram uma estufa de secagem para determinação de umidade, fritadeira elétrica *air fryer* da marca Britânia (Figura 13) com capacidade de 3,2 L e potência de 1500 W, e o espectrofotômetro infravermelho da marca Shimadzu, modelo IR-Prestige 21 com acessório ATR. O reagente utilizado como pré-tratamento para evitar o escurecimento enzimático da matéria prima foi o metabissulfito de potássio P.A. da marca *Merck*, utilizado como uma solução 0,03%.

#### 3.2 Métodos

Inicialmente, foi determinado o teor de umidade inicial dos bulbos de alho (Figura 14), pelo método de secagem direta em estufa à temperatura de 105 °C estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), até o seu peso se manter constante, realizada em três repetições.

**Figura 14** – Esquema do processo de determinação do teor de umidade

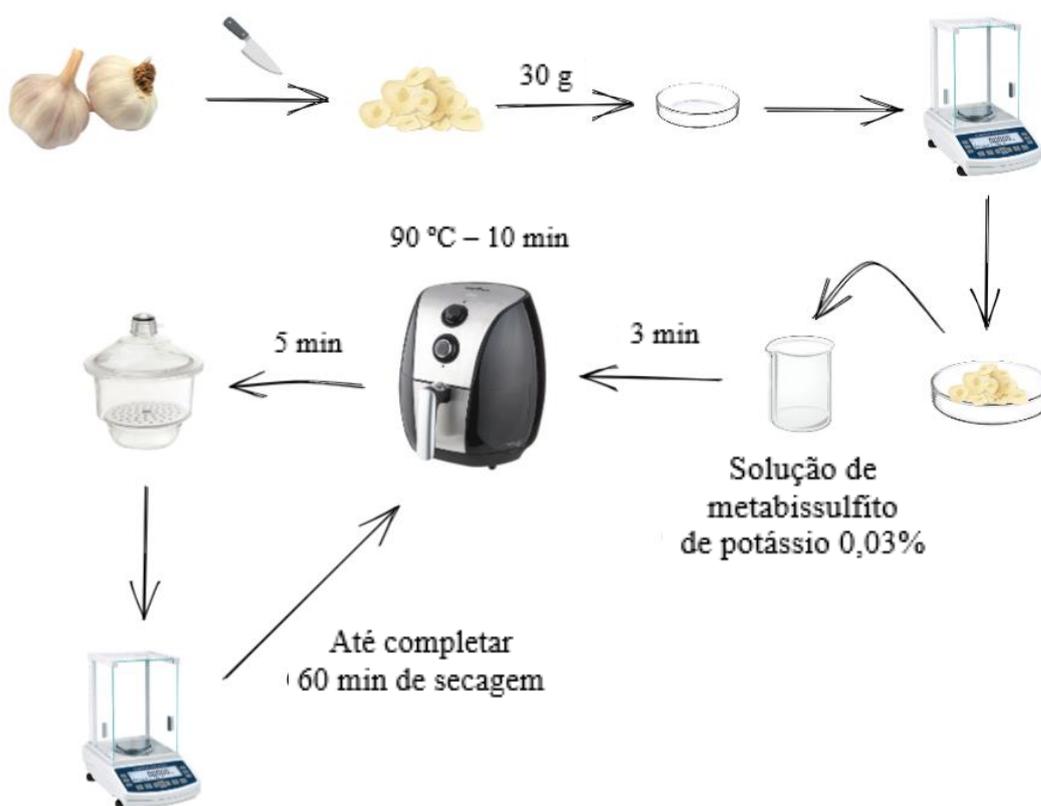


Fonte: Autoria própria.

Antes do início do experimento de secagem em *air fryer* foram realizados testes preliminares de secagem de alho em temperaturas de 80, 90, 100 e 110 °C também utilizando a *air fryer* para determinação do tempo e temperatura com o intuito de promover a otimização do processo de secagem experimental, a qual foram selecionadas para os testes em laboratório as temperaturas de 90 e 110 °C.

Os bulbos de alho foram descascados e cortados em fatias finas de 2 a 3 mm de espessura. Para se obter um alho com aparência mais clara, foi utilizado uma solução de metabissulfito de potássio 0,03%, de acordo com método apresentado por Melo (2015). Dessa forma, foi realizada a imersão em metabissulfito de potássio 0,03% de aproximadamente 30 g de fatias de alho por 3 min. Após a conclusão do tempo de imersão, as amostras foram retiradas da solução e transferidas para a bandeja perfurada da *air fryer*, já pré-aquecida a 90 °C, de forma que as fatias ficassem bem espalhadas ao longo da bandeja. Com o início do processo de secagem de alho, foi realizada a pesagem da amostra em intervalos de 10 min até o fim do processo de secagem, que se deu em 60 min. Todo processo foi realizado em três repetições (Figura 15).

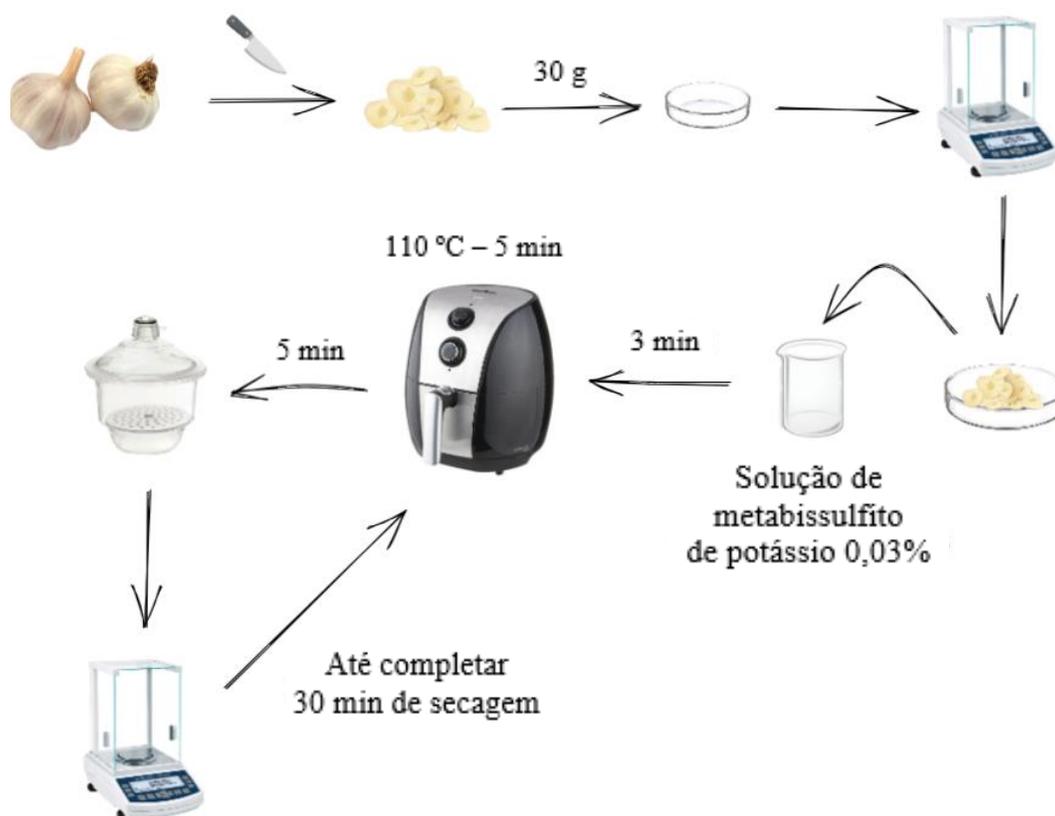
**Figura 15** – Esquema do processo de secagem de alho a 90 °C



Fonte: Autoria própria.

O mesmo processo foi feito em temperatura de 110 °C por 30 min, também em triplicata. Para a construção da curva de secagem, realizou-se pesagens da amostra a cada 5 min (Figura 16).

**Figura 16** – Esquema do processo de secagem de alho a 110 °C



Fonte: Autoria própria.

A aquisição do espectro de infravermelho foi realizada no Laboratório de Caracterização de Materiais do Departamento de Química do CEFET-MG, campus VI, fazendo uso de um espectrofotômetro Shimadzu, modelo IR-Prestige 21. A faixa de estudo foi entre 4000 e 400  $\text{cm}^{-1}$ , com resolução de 1  $\text{cm}^{-1}$  e 50 *scans* adquiridos. A amostra foi irradiada sem a necessidade de preparo prévio, pois utilizou-se o amostrador de Refletância Total Atenuada (ATR).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Pré-testes

Para definir quais seriam os parâmetros utilizados no processo de secagem, foram realizados pré testes com diferentes temperaturas, os quais apresentaram resultados (Figura 17) aparentemente similares entre eles em relação a coloração. Dentre as temperaturas testadas, destaca-se a temperatura de 80 °C, cujo alho desidratado apresentou um aspecto mais claro. No entanto, o processo demorou muito mais tempo do que os realizado em outras temperaturas, cerca de 2 h 30 min, além de apresentar uma textura levemente macia, ou seja, ainda poderia ser retirada mais água do alho.

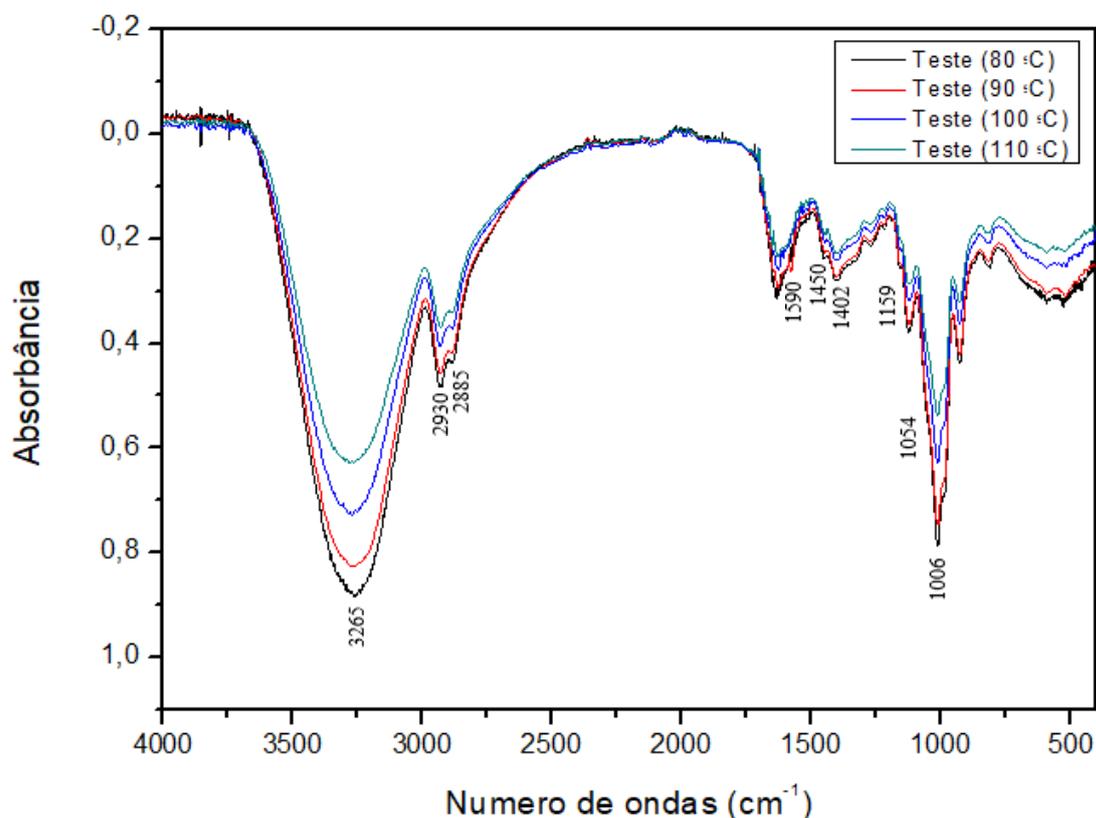
**Figura 17** – Resultado da secagem de alho nos pré testes experimentais em 80, 90, 100 e 110 °C



Fonte: Autoria própria.

Além do resultado visual, foi observado o resultado do espectro de absorvância na região do infravermelho em todas as temperaturas propostas (Figura 18), a partir da maceração do alho seco obtido após os processos de secagem, com intuito de identificar possíveis alterações dos compostos presentes no alho pela exposição a altas temperaturas no processo de secagem. Foi notado pelo espectro que não houve surgimento nem desaparecimento de nenhuma banda dos compostos existentes no alho, apenas a diminuição da intensidade das bandas em relação ao aumento da temperatura do sistema, o que já era esperado. Pensando no benefício de um processo mais curto e um processo de temperatura mais branda que realizasse a secagem com eficiência, escolheu-se as temperaturas de secagem de 110 e 90 °C, respectivamente, para dar continuidade ao trabalho.

**Figura 18** – Espectro de absorvância do alho seco após pré testes experimentais em 80, 90, 100 e 110 °C



Fonte: Autoria própria.

#### 4.2 Presença de compostos do alho por espectro infravermelho

A princípio observa-se que a banda larga em  $3265\text{ cm}^{-1}$  é atribuída ao estiramento axial  $\nu\text{O-H}$  de moléculas de água, indicando a presença de umidade nas amostras de alho pós secagem. Além disso, a banda se encontra na região de possíveis bandas de estiramento axial  $\nu\text{N-H}$  de resíduos de aminoácidos pertencentes as proteínas, bem como estiramentos  $\nu\text{O-H}$  de hidroxilas de carboidratos. As bandas em  $2930$  e  $2885\text{ cm}^{-1}$  foram atribuídas aos estiramentos axiais simétrico e assimétrico  $\nu\text{C-H}$ , respectivamente (BIANCOLILLO; MARINI; D'ARCHIVIO, 2020). Por serem comuns nos constituintes do alho, não foi realizada a associação da banda com classes de metabólitos.

Como esperado, a análise mostrou a presença de compostos de enxofre, que podem indicar alicina e ajoene, considerando que são metabólitos sulfurados de grande importância para a atividade biológica do alho. Observou-se, também, uma pequena

banda em  $1402\text{ cm}^{-1}$ , atribuída a um estiramento axial  $\nu\text{S}=\text{O}$ . A banda em  $1054\text{ cm}^{-1}$ , por sua vez, também é associada a um estiramento  $\nu\text{S}=\text{O}$  (DKHIL *et al.*, 2021).

Por sua vez, a banda em  $1590\text{ cm}^{-1}$  foi atribuída ao estiramento assimétrico de grupos carboxilato ( $\text{COO}^-$ ) de aminoácidos, resíduos de aminoácidos em proteínas ou em polissacarídeos. Os grupos aromáticos pertencentes a ligninas foram relacionados à banda em  $1518\text{ cm}^{-1}$  considerando ao estiramento axial simétrico  $\nu\text{C}=\text{C}$  em anéis aromáticos (BIANCOLILLO; MARINI; D'ARCHIVIO, 2020). A banda em  $1450\text{ cm}^{-1}$  foi relacionada ao conjunto de bandas de pouca intensidade vinculadas à deformação angular  $\delta\text{O}-\text{H}$  e a vários modos vibracionais dos grupos  $\text{CH}_2$  de lipídeos, polissacarídeos e de proteínas. A banda intensa, em  $1006\text{ cm}^{-1}$ , foi atribuída ao estiramento axial  $\nu\text{C}-\text{O}$  de carboidratos. Referendando esta hipótese, a banda em  $1159\text{ cm}^{-1}$  foi atribuída a vibrações associadas ao grupo  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  de ligações glicosídicas (BIANCOLILLO; MARINI; D'ARCHIVIO, 2020).

### 4.3 Teor de umidade

O teor de umidade (expresso em % do peso total) referente aos bulbilhos de alho foi realizado em triplicata e calculado a partir da Equação 1. Dessa forma, o teor de umidade obtido alho *in natura* foi de 64,3%. O resultado encontrado está em conformidade com a literatura. Fante (2011), Silva (2009), e a tabela de composição centesimal TACO (2011), encontraram valores de 64,1, 64,5 e 67,5%, respectivamente. Esse teor de umidade representa a medida da quantidade total de água contida em um alimento (água total), sendo um dos principais fatores que causam a deterioração por microrganismos e alterações por reações químicas e enzimáticas, onde quanto maior a quantidade de água contida no alimento, mais susceptível ele estará de sofrer essa deterioração (CELESTINO, 2010).

$$\text{Umidade} = \left[ \frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final})}{\text{massa inicial}} \right] * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

#### 4.4 Pré-tratamento químico

Para que fosse evitado escurecimento enzimático dos alhos e para que estes apresentassem características visuais mais próximas às encontradas no mercado, realizou-se um pré-tratamento químico pela imersão em metabissulfito de potássio 0,03%. Na Figura 19 pode-se observar a coloração do alho desidratado a 110 °C com e sem a adição do antioxidante. Percebe-se nitidamente que a adição do metabissulfito de potássio evitou o escurecimento, provocando o chamado branqueamento químico.

Com a escassez de tempo para realização da parte experimental do trabalho, foi realizado o pré-tratamento químico apenas na temperatura de 110 °C, a qual poderia proporcionar maior alteração no alimento, comparada com a temperatura de 90 °C.

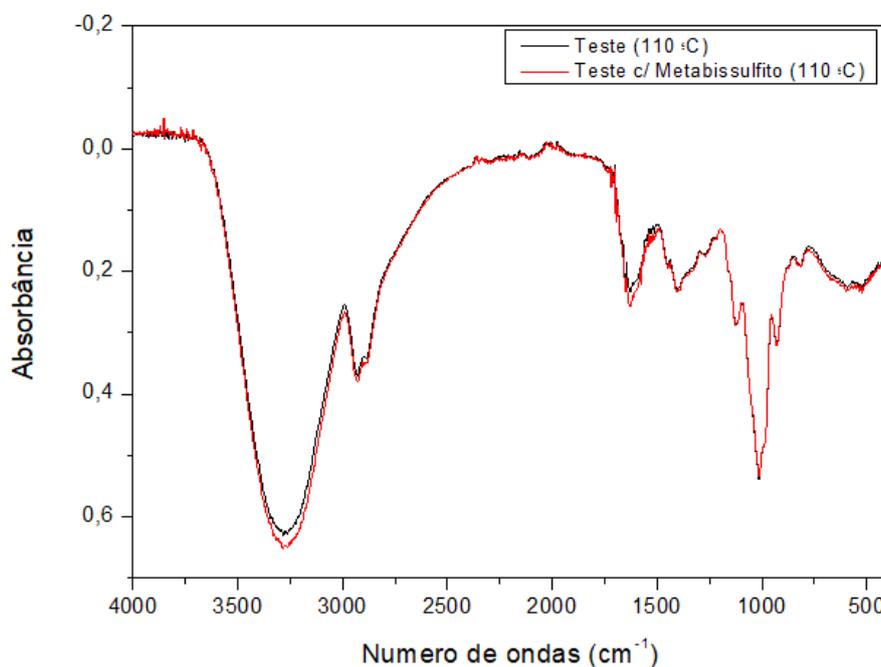
**Figura 19** – Resultado do processo de secagem de alho com e sem o pré tratamento com metabissulfito de potássio 0,03%



Fonte: Autoria própria.

Já pelo resultado da comparação dos espectros (Figura 20) entre as amostras, com e sem a adição de metabissulfito de potássio, há indícios que a realização do pré-tratamento não interferiu na alteração dos componentes presentes no alho, visto que todas as bandas do espectro se mantiveram com a mesma intensidade. Exceto a banda relacionada ao estiramento axial vO-H de moléculas de água ( $3265\text{ cm}^{-1}$ ), que apresenta uma banda mais intensa no espectro da amostra com pré-tratamento. Isso pode ser explicado pelo fato de a amostra ter sido inserida no processo de secagem logo após a imersão em solução de metabissulfito de potássio.

**Figura 20** – Espectro de absorvância do alho seco a 110 °C com e sem o pré-tratamento químico



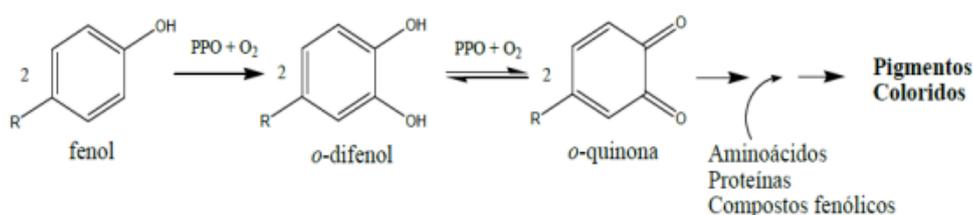
Fonte: Autoria própria.

De acordo com Santiago (2008), pelo fato da maioria das frutas e hortaliças apresentarem um rápido escurecimento quando submetidas ao descascamento, corte, trituração ou lesões superficiais, proporcionado por enzimas presentes nesses alimentos, se vê necessário a utilização de métodos para prevenção desse escurecimento enzimático, como por exemplo o uso de compostos químicos sulfurados. O uso de compostos como bissulfito de sódio e metabissulfito de potássio é bastante comum na indústria de alimentos, pois os sulfitos interagem diretamente com intermediários formados durante a ação enzimática e impedem a reação de formação de pigmento escuro nos produtos, sendo assim grandes inibidores das polifenoloxidasas (CLERICI et al., 2014). Entretanto, a utilização desses inibidores é restrita pela toxicidade que podem causar dependendo da concentração empregada, além de seu potencial efeito negativo no aroma, gosto, textura e custos (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

Conhecidas como grandes catalisadores biológicos, as enzimas são fatores muito importantes em frutas e hortaliças, estando presentes nos interiores desses alimentos, sendo indispensáveis para o seu amadurecimento, mas também proporcionando reações enzimáticas que resultam em aspectos não desejáveis como a reação de escurecimento enzimático, o que é um grande problema enfrentado pelas indústrias de alimentos

ocasionando perdas econômicas consideráveis (MELO, 2015). Esse escurecimento ocorre devido a presença da enzima conhecida como “polifenoloxidase” (PFO ou PPO *polyphenol oxidase*), que com auxílio do oxigênio molecular, são capazes de promover a oxidação catalítica dos compostos fenólicos obtendo como resultado as quinonas (COSTA, 2011). As quinonas são compostos amarelados, instáveis e altamente reativos, que ao reagirem com os componentes do meio (Figura 21), geram produtos de condensação de alta massa molecular de cor escura (melaninas), ou seja, ocasionam o surgimento dos pigmentos escuros em cortes ou superfícies danificadas em frutas e hortaliças, resultando na decadência da vida útil e do valor de mercado desses alimentos (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

**Figura 21** – Reação de escurecimento enzimático a partir da polifenoloxidase

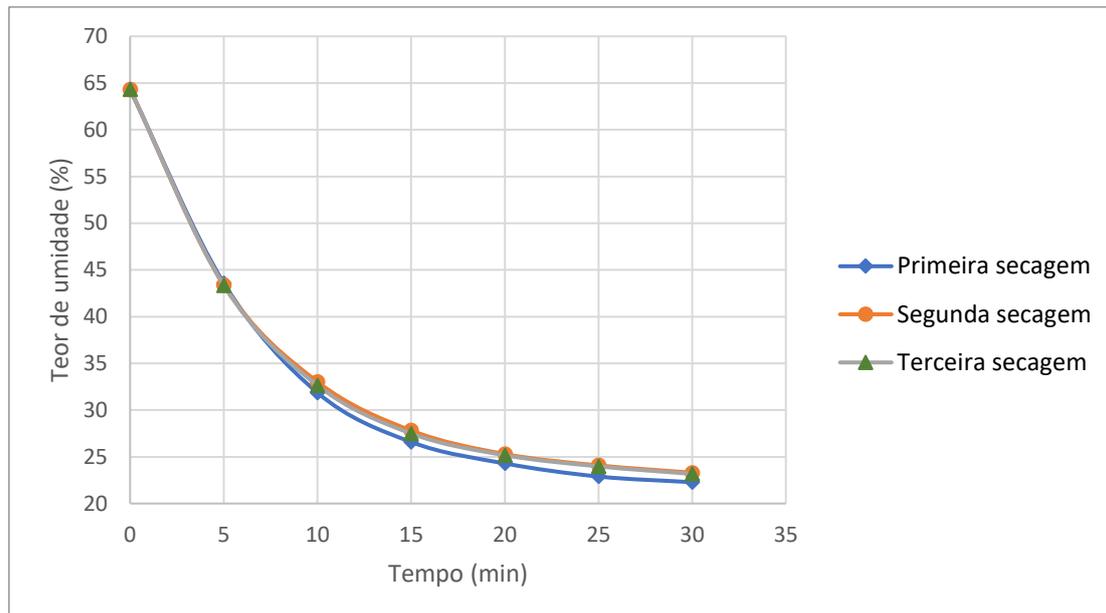


Fonte: Clerici et al., 2014.

#### 4.5 Curva de secagem

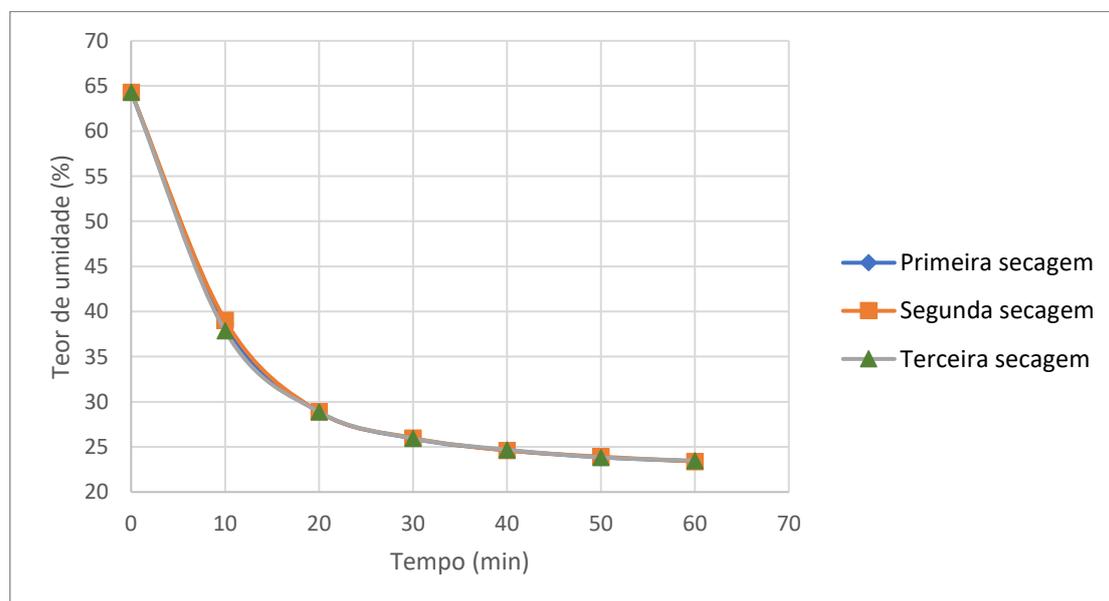
Após a realização do pré-tratamento das amostras e a finalização do processo de secagem em triplicata de ambas temperaturas, pôde-se perceber que os dados obtidos expuseram um baixo grau de dispersão do conjunto de dados, ou seja, indica que o conjunto de dados é bem uniforme, visto que as repetições de secagem em 110 e 90 °C representadas pelos gráficos das Figuras 22 e 23 apresentaram um desvio padrão máximo de 0,6601 e 0,5971 respectivamente, onde quanto mais próximo de 0, mais preciso são os dados (OLIVEIRA; MACÊDO; MOREIRA, 2019).

**Figura 22** – Gráfico do teor de umidade (%) de alho em cada repetição de secagem a 110 °C por 30 min



Fonte: Autoria própria.

**Figura 23** – Gráfico do teor de umidade (%) de alho em cada repetição de secagem a 90 °C por 60 min



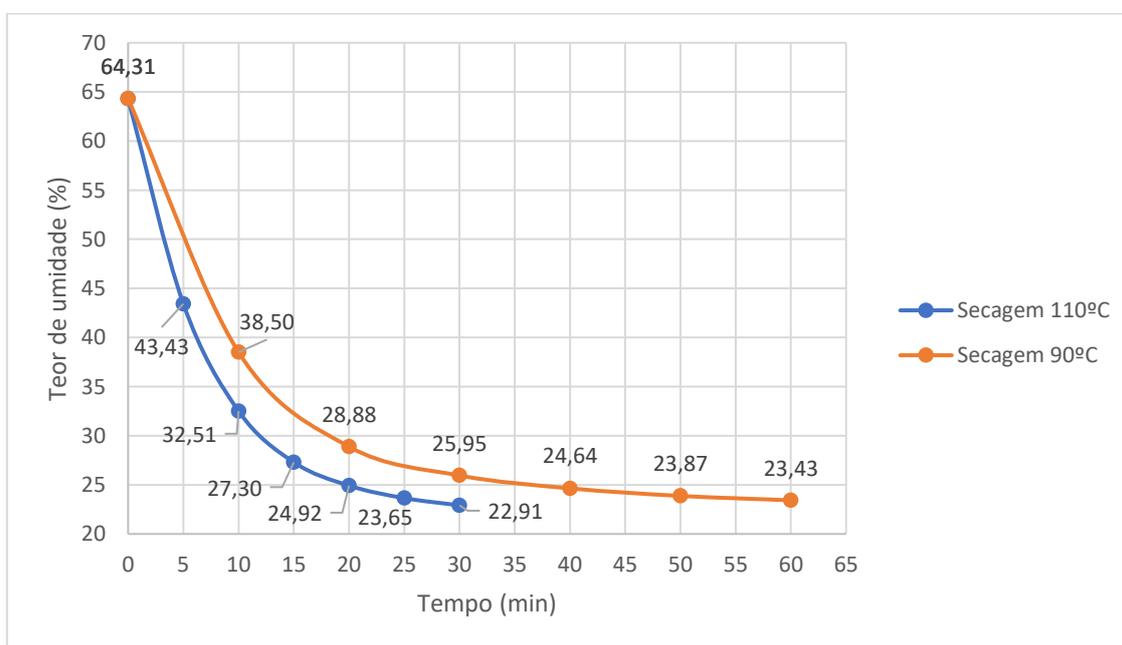
Fonte: Autoria própria.

Com a determinação da alta precisão dos dados, foi utilizada a média dos valores encontrados em cada triplicata para determinar a curva de secagem das amostras de alho, representada pelo gráfico da Figura 24, a fim de realizar a comparação entre as duas temperaturas utilizadas no processo, devido ao fato de que as curvas de secagem

permitem prever o momento do processo em que se atinge o teor de umidade desejado, obtendo um produto de boa qualidade (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004). Dessa forma, nota-se que, desde o início, a temperatura tem um fator de grande importância na curva, visto que logo ao entrar em contato com o ar quente ocorre a transferência de calor do ar para o alimento, devido ao gradiente de temperatura existente entre eles, sendo assim, quanto maior a temperatura, maior será a velocidade de transferência (NOGUEIRA, 1991).

Desde o início da curva de secagem, a curva referente a temperatura de 110 °C já apresenta um menor teor de umidade quando comparada à temperatura de 90 °C, com destaque para todos os pontos equivalente (5, 15 e 30 min), o que perdura até o fim das curvas, mesmo a curva de 90 °C durante 30 min a mais. Os valores do teor de umidade final do processo de secagem mostram que, em temperatura de 110 °C o alho obteve um resultado mais expressivo do que em temperatura de 90 °C, onde apresenta um total de 22,91% de teor umidade em 30 min de processo contra 23,43% em 60 min.

**Figura 24** – Gráfico da curva de secagem de alho em *air fryer* a 90 e 110°C

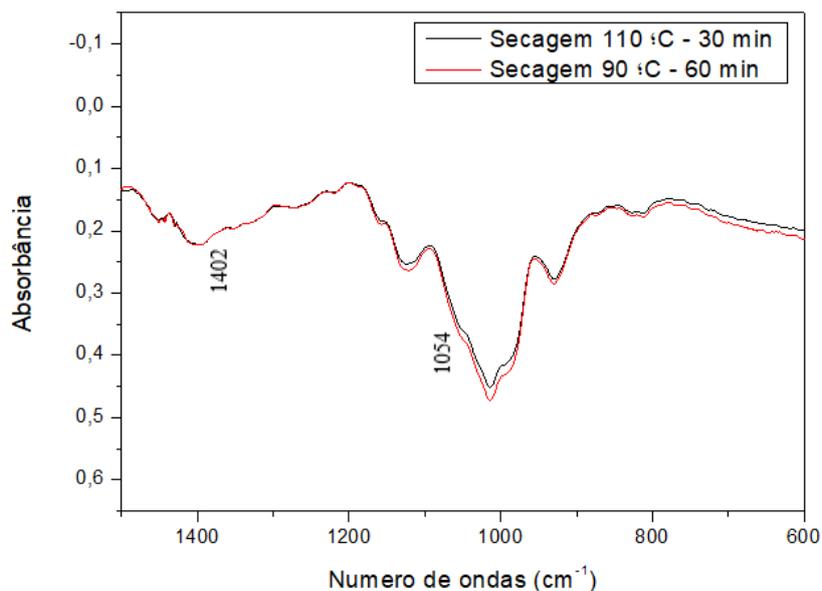


Fonte: Autoria própria.

Além do teor de umidade, observou-se, também, as características físicas e sensoriais das amostras pós secagem. Ambas amostras apresentaram aspectos de alimento seco, firme e crocante, com odor e sabor característico de alho, o que indica a permanência de compostos organossulfurados (que proporcionam essa característica

sensorial forte do alho), comprovado pela presença das bandas de estiramento axial  $\nu S=O$  (1402 e 1054  $\text{cm}^{-1}$ ) de seus espectros de absorvância representado pela Figura 25. Ou seja, o aroma característico foi mantido, mesmo com a incidência de altas temperaturas durante o processo que poderiam interferir ocasionando a volatilização desses compostos.

**Figura 25** – Espectro de absorvância do alho seco a 90 °C em 60 min e 110 °C em 30 min



Fonte: Autoria própria.

As amostras também apresentaram uma coloração bem clara (amostra de secagem em 90 °C levemente mais clara) (Figura 26), o que demonstra ser resultado da influência do pré-tratamento.

**Figura 26** – Resultado do alho após o processo de secagem a 110 e 90 °C



Fonte: Autoria própria.

De acordo com Resende e Pereira (2009), o alho desidratado de boa qualidade deve apresentar baixo teor de umidade, usualmente com valores próximos de 5%, para minimizar a deterioração de cor, odor e sabor, causados pelas reações oxidativas, além de impedir o desenvolvimento microbiano. Entretanto, os resultados de secagem apresentados no referente trabalho, mesmo apresentando aspecto bem seco atingiram um teor mínimo de 22,91%, mostrando que para ser considerado um alho desidratado, deveria ocorrer o processo de secagem por mais tempo.

Apesar disso, os resultados obtidos pela curva de secagem experimental são bem promissores quando comparado a estudos como o de Utama-Ang *et al.* (2018), que utilizando o mesmo diâmetro nas fatias de alho e um forno com circulação de ar quente na velocidade do ar a 0,002 m/s com vazão a 10 CFM (pés cúbicos/min) e temperatura de 40 e 60 °C, obtiveram resultados de teor de umidade (no mesmo período de tempo) bem inferiores, sendo de 57 e 45% para 30 e 60 min à temperatura de 60 °C, e 61 e 54% para 30 e 60 min à temperatura de 40 °C. Para chegar no mesmo teor de umidade encontrado pelo processo de secagem por *air fryer* foi preciso um tempo total de aproximadamente 120 min para 60 °C e 240 min para 40°C, ou seja, quatro vezes o tempo gasto no processo utilizando a *air fryer* em 90 e 110 °C.

Outro estudo comparativo realizado foi com o de Demiray e Tulek (2014), que utilizando um forno de convecção forçada obtiveram valores de teor de umidade de 54, 38 e 42% em temperaturas de 55, 65 e 75 °C, respectivamente, no período de tempo de 30 min. Esses resultados foram inferiores ao encontrado em 110 °C utilizando a *air fryer*, no mesmo período de tempo. Já os resultados apresentados no período de tempo de 60 min para as temperaturas de 65 e 75 °C se mostraram melhores, com valores de teor de umidade de 19% em ambas temperaturas.

#### **4.6 Custo energético**

Um fator importante de se comparar é o custo energético promovido pelo processo de secagem utilizado. Todo aparelho ou equipamento elétrico ao ser ligado consome energia elétrica, onde esse consumo de energia está relacionado com a sua potência e o tempo de funcionamento do equipamento, sendo determinado pela equação da definição da potência que é a transferência de energia (trabalho) por unidade de tempo (Equação 2) (POMILIO; PAREDES; DECKMANN, 2013).

$$E = P * \Delta t \quad (\text{Eq. 2})$$

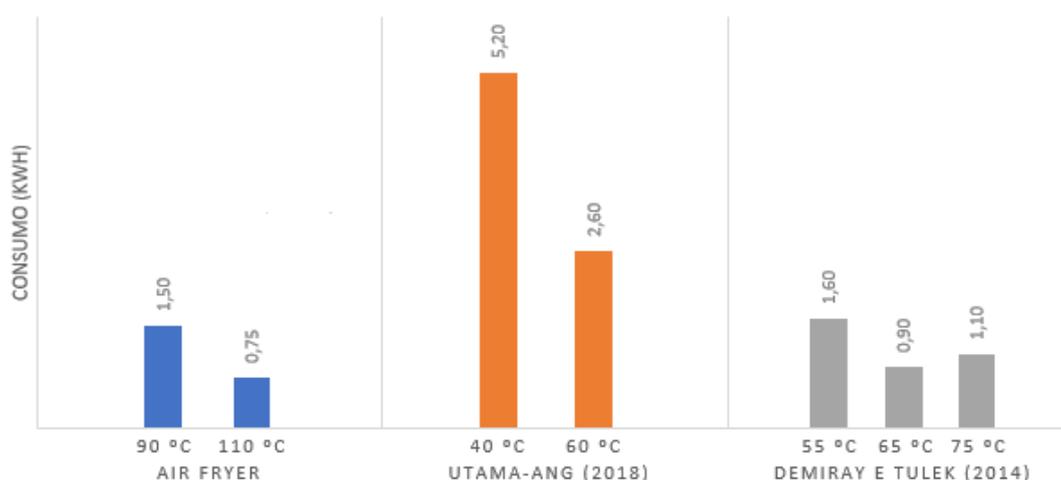
E = Energia elétrica (kWh)

P = Potência elétrica (W)

$\Delta t$  = intervalo de tempo (h)

A partir dos dados obtidos pela curva de secagem, calculou-se que o gasto energético total do processo de secagem utilizando a *air fryer*, que possui uma potência de 1500 W, é de 0,75 e 1,50 kWh para 30 e 60 min, respectivamente. Utama-Ang *et al.* (2018), realizaram a desidratação de alho com diâmetro de aproximadamente 2 mm em forno com circulação de ar quente de 1300 W e obtiveram gasto energético relativamente alto, se comparado à *air fryer*, de 2,6 e 5,2 kWh para 120 e 240 min, respectivamente. Já Demiray e Tulek (2014), que utilizaram forno de convecção forçada com potência de 1200 W, para desidratação de alho com diâmetros de 2-3 mm, teve um gasto energético do processo de 0,90, 1,10 e 1,60 kWh para 45, 55 e 80 min, respectivamente, valores de tempo esses que representam o tempo gasto no processo para que o alho atingisse o teor de umidade próximo do encontrado utilizando a *air fryer*, que foi de aproximadamente 23%. Comparando-se os resultados com o obtido neste trabalho, percebe-se que a *air fryer* não tem um consumo energético muito maior do que estufas convencionais, como visto na Figura 26.

**Figura 26** – Gráfico do gasto energético entre diferentes processos de secagem de alho



Fonte: Autoria própria.

Apesar do consumo energético não ser exorbitante, um aspecto deve ser considerado juntamente com o custo energético, que seria a capacidade total disponível em cada tipo de equipamento. A *air fryer*, apresenta valores de consumo bem menores, mas, também possui uma capacidade de armazenamento limitada quando comparada a outros equipamentos mais robustos. No entanto, esse estudo pode ser interessante para possibilitar, talvez, projeção de equipamentos similares a *air fryers* em escala industrial.

## 5 CONCLUSÃO

O estudo do método de secagem é uma ferramenta importante para o processo de determinação do teor de umidade nos alimentos, visto que a quantidade de água interfere diretamente em sua conservação. No presente trabalho, os resultados de pré-tratamento químico se mostraram eficientes, com as fatias de alho apresentando uma coloração bem mais clara que sem o tratamento. Já os resultados experimentais do processo de secagem de alho em *air fryer* obtidos através da curva de secagem, se mostraram satisfatórios principalmente quando realizado na temperatura de 110 °C, a qual obteve-se o alho desidratados com bons atributos sensoriais em um tempo relativamente curto, 30 min, quando comparados aos métodos tradicionais. O tempo curto de processamento proporcionou uma grande economia no gasto energético. Além disso, o produto final apresentou um teor de umidade de 22,91%, consideravelmente baixo em comparação com outros métodos encontrados pela literatura.

A análise por infravermelho proporcionou a determinação da presença de alguns compostos presentes no alho, principalmente os organossulfurados, os quais são responsáveis pelos aspectos de odor e sabor característicos do alho. Com o trabalho apresentando resultados promissores através do método de secagem em *air fryer*, propõe-se, para continuidade da pesquisa, testes de vida-de-prateleira, a fim de analisar a estabilidade do alho desidratado nas condições testadas em *air fryer*, e também a realização de análises instrumentais a fim de quantificar os compostos presentes no alho, para determinar a quantidade de perda dos compostos após o processo de secagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2013. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia\\_de\\_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html#](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html#)>. Acesso em: 10 de fev. de 2022.

ALMEIDA, M.; BONAVENTURA, C.; LIMA, A. D.; AZAR, L. *Alho*. Tecnologia em Gastronomia: Noções de Nutrição. 2006.

ANAPA – Associação Nacional dos Produtores de Alho. 2021. Disponível em: <<https://anapa.com.br/blog/>> Acesso em: 17 de dez. de 2021.

ANVISA. **RDC 313 de 23 de outubro de 2005**. Aprova o Fascículo 6 da Parte II da 4ª Edição da Farmacopéia Brasileira. 4 ed. Brasília, Distrito Federal, 2005.

ARUOMA, O. I.; SPENCER, J. P. E.; WARREN, D.; JENNER, P.; BUTLER, J.; HALLIWELL, B. **Characterization of food antioxidants illustrated using commercial garlic and ginger preparations**. Food Chemistry, S.I., v. 60, n. 2, p. 149-156, 1997.

BIANCOLILLO, A.; MARINI, F.; D'ARCHIVIO, A. A. Geographical discrimination of red garlic (*Allium sativum* L.) using fast and non-invasive Attenuated Total Reflectance-Fourier Transformed Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy combined with chemometrics. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, p. 1-6, 2020.

BRASIL. **Alimentos Funcionais**. Ministério da saúde, 2009. Disponível em: <<https://bvsmms.saude.gov.br/alimento-funcionais/#:~:text=Os%20alimentos%20funcionais%20caracterizam-se,câncer%20e%20diabetes%2C%20dentre%20outras.>> Acesso em: 13 de set. de 2022

BRASIL. **MONOGRAFIA DA ESPÉCIE *Allium sativum* (ALHO)**. Ministério da saúde, Brasília, 2015.

BRASTORNO. **Drybox – Estufa de secagem**. 2022. Disponível em: <<https://brastorno.com.br/equipamentos-mineracao/drybox-estufa-de-secagem/>> Acesso em: 20 de set. de 2022

CAETANO, M. Alho mostra seu Potencial no Brasil. **Revista Campo e Negócios**. V.1, n. 62, 2006.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, P. I. **Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa**. Boletim do centro de pesquisa de processamento de alimentos. Curitiba, v. 22, n. 1, p 125, 2004.

CASTRO, V. L. B. **Avaliação físico-química de filé mignon bovino submetido a diferentes métodos de cocção**. Monografia (Graduação em Nutrição) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CEFET-MG. **Desidratação de alimentos para a produção de farinhas e redução do desperdício**. Belo Horizonte - CEFET-MG, 2020.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Embrapa cerrados-documentos (infoteca-e), 2010.

CEPEA. Alho Brasileiro quer mais espaço na mesa do consumidor. **Revista Hortifruti Brasil**. ESALQ/USP, nº 215, 2021.

CHADA, P. S. N. **Obtenção de licopeno do bagaço de tomate industrial" Solanum lycopersicum L." por técnicas não convencionais de extração e secagem**. 2021. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2021.

CLERICI, M.T.P.S.; SEBASTIÃO, R.H.; OLIVEIRA, L.C.; SANTOS, M.S.; MORAES, A.N.L.; CLARETO, S.S. Escurecimento enzimático: uma aula prática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 2, n. 2, p. 71-90, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica - Custos - Alho - 2015 a 2021**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/789-alho>> Acesso em: 08 de dez. de 2021.

COSTA, A. **Determinação da atividade enzimática e antioxidante de variedades comerciais de *Ananas comosus* e avaliação do efeito de tratamento térmico e do uso de aditivos químicos.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

CRUZ, J. C. da.; CARVALHO, L. C. S.; SILVA, R. A. B.; GONÇALVES, G. A. S. **Estudo de caso das perdas e aproveitamento de coproduto de alho em uma fábrica de temperos.** Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2021.

DAKO. **Atlas eletrodomésticos – Empresa de eletrodomésticos.** 2019. Disponível em: <<https://blog.dako.com.br/forno-turbo-conveccao/>>. Acesso em: 15 de set. de 2022.

DEMIRAY, E.; TULEK, Y. **Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer.** Heat and Mass Transfer, v. 50, n. 6, p. 779-786, 2014.

DKHIL, M. A.; AL-SHAEBI, E. M.; ALAZZOUNI, A. S.; AL-QURAI SHY, S.; KHALIL, M. Murine liver response to *Allium sativum* treatment during infection induced-trypanosomiasis. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 6, p. 3270-3274, 2021.

DUQUE, A. P.; MASSOLAR, C. D.; JUNIOR, L. F. Propriedades cardioprotetoras do alho (*Allium sativum*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 20, p. 71-82, 2018.

EMBRAPA. **Embrapa Hortaliças – Como plantar alho.** 2020. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/hortalias/alho/botanica#:~:text=Descrição%20botânica,o%20bulbo%20\(Figura%201A\)](https://www.embrapa.br/hortalias/alho/botanica#:~:text=Descrição%20botânica,o%20bulbo%20(Figura%201A))> Acesso em: 25 de set. de 2022.

FANTE, L. **Estudo da cinética de branqueamento e de secagem por ar quente e liofilização do alho (*Allium sativum* L.).** Dissertação (Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2011.

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. **Food wastage footprint & climate change**. Roma, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-bb144e.pdf>>. Acesso em: 15 de dez. de 2021.

FAOSTAT - *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database*. 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/>>. Acesso em: 06 de dez. de 2021.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípios das Operações Unitárias**. 2 Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora AS, Rio de Janeiro, 1982.

GOOGLE. **Google Trends – Air fryer**. 2022. Disponível em: <<https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2012-01-03%202022-01-03&q=air%20fryer>>. Acesso em: 23 de set. de 2022.

GRUNDLING, R. D. P.; GAZZOLA, R.; ARAGÃO, A. A. **Mercado mundial do alho: tendências gerais e as implicações para o Brasil**. Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 59 Ed., Brasília, DF, 2021.

HOLUB, B. J.; ARNOTT, K.; DAVIS, J. P.; NAGPURKAR, A.; PESCHELL, J. **Organosulfur compounds from garlic**. *Functional foods: biochemical and processing aspects*. Washington, Cap. 7, p. 213-238, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Alho**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alho/br>>. Acesso em: 11 de nov. de 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3 ed. São Paulo: IMESP, p. 21-22, 1985.

LEONÊZ, A. C. **Alho: Alimento e saúde**. 2008. Monografia (Especialista em Gastronomia e Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária de Abastecimento. **Portaria nº 242 de 17/09/1992**. 1992. Disponível em:

<<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1429352813#:~:text=Objetivo%3A%20a%20presente%20Norma%20tem,do%20alho%2C%20para%20fins%20decomercializa%C3%A7%C3%A3o.>>  
> Acesso em: 10 de dez. de 2021.

MARCHIORI, V.F. Propriedades Funcionais do Alho *Allium sativum L.* **Revista Usp**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2014. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/propriedades-funcionais-do-alho/4871175/>>. Acesso em: 03 de dez. de 2022.

MASSON, C. O. Alho "Tecnoemocional". **Revista Época**. 2007 Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,ERT16747-15201-16747-3934,00.html.2008>>. Acesso em: 13 de nov. de 2021.

MELO, M. A. **Aplicação de métodos de inativação e inibição enzimática em frutas e hortaliça**. Monografia (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, 2015.

MONTEVALI, A.; MINAEI, S.; KHOSHTAGAZA, M. H. *Evaluation of energy consumption in different drying methods*. *Energy Conversion and Management*, v. 52, p. 1192–1199, 2011.

NOGUEIRA, R. I. **Estudos dos fenômenos de secagem da banana: parâmetros ótimos na obtenção de banana passa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p 158, 1991.

OLIVEIRA, C. G.; MACÊDO S. V. D. T. L. D.; MOREIRA S. F. C. **Desvio padrão e imprecisão de leitura: Paquímetro**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT – Sergipe, 2019.

OLIVEIRA, F. L. D.; DORIA, H.; TEODORO, R. B.; RESENDE, F. V. **Características agrônômicas de cultivares de alho em Diamantina**. *Horticultura Brasileira*, v. 28, p. 355-359, 2010.

POMILIO, J. A.; PAREDES, H. K. M.; DECKMANN, S. M. **Eletrônica de potência para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. São Paulo, v. 23, p. 1-3, 2013.

QUEIROZ, Y.S. **Efeito do processamento do alho *Allium sativum* L. sobre os seus compostos bioativos e potencial antioxidante in vitro e in vivo.** Tese (Doutorado em nutrição e saúde pública) - Universidade de São Paulo, 161 p. 2010.

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

RESENDE, G. M. de.; PEREIRA, A. J. **Colheita, pós-colheita, comercialização e industrialização.** Embrapa Semiárido - Capítulo em livro técnico (infoteca-e), p. 177-178, 2009.

SANSANO, M.; JUAN-BORRÁS, M.; ESCRICHE, I.; ANDRÉS, A.; HEREDIA, A. *Effect of pretreatments and air-frying, a novel technology, on acrylamide generation in fried potatoes.* **Journal of food science**, v. 80, n. 5, p. T1120-T1128, 2015.

SANTIAGO, A. M. **Apostila do curso de Tecnologia de Alimentos.** Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, 2008.

SANTOS, K. L. D.; PANIZZON, J., CENCI, M. M.; GRABOWSKI, G.; JAHNO, V. D. *Food losses and waste: reflections on the current brazilian scenario.* **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

SEDOGUCHI, E. T.; CARMO, M. G. F.; PARRAGA, M. S.; TOZANI, R.; ARAÚJO, M. L. **Características morfológicas, de produção e efeitos da vernalização sobre cultivares de alho em duas épocas de plantio em Seropédica-RJ.** *Agronomia, Seropédica*, v. 36, n. 1/2, p. 42-47, 2002.

SHANG, A.; CAO, S. Y.; XU, X. Y.; GAN, R. Y.; TANG, G. Y.; CORKE, H.; LI, H. B. *Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.).* **Foods**, v. 8, n. 7, p. 246, 2019.

SILVA, E. Y. Y. D. **Propriedades Funcionais “in vitro” e “in vivo” de alhos frescos e processados.** Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVA, E. Y. Y.; MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. **Compostos funcionais presentes em bulbilhos de alhos armazenados sob refrigeração, provenientes de cultivos no Brasil e na China.** *Ciência Rural*, v. 40, p. 2580-2587, 2010.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D.; LACERDA, A. F. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Viçosa: Aprenda Fácil, p. 560, 2008.

SILVA, M. V. D; ROSA, C. I. L. F.; BOAS, E. V. D. B. V. **Conceitos e Métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças.** *Boletim do centro de pesquisa de processamento de alimentos*, v. 27, p. 83-96, 2009.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 4 Ed., 2011. Disponível em: <[https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)>. Acesso em: 28 de set. de 2022.

UTAMA-ANG, N.; CHEEWINWORASAK, T.; SIMAWONTHAMGUL, N.; SAMAKRADHAMRONGTHAI, R. S. *Effect of drying condition of Thai garlic (Allium sativum L.) on physicochemical and sensory properties.* *International Food Research Journal*, v. 25, n. 4, 2018.

VIEIRA R. L. **Aspectos fisiológicos e fitossanitários na micropropagação para a obtenção de alho-semente livres de vírus.** 2012. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

ZARO, M. **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios.** Caxias do Sul, RS: Educs, v. 417, 2018.