

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

AUGUSTO LUIZ BORTOLIN

**ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E CINÉTICA DE SECAGEM DE FOLHAS DE
LOURO (*Laurus nobilis*)**

MEDIANEIRA

2023

AUGUSTO LUIZ BORTOLIN

**ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E CINÉTICA DE SECAGEM DE FOLHAS DE
LOURO (*Laurus nobilis*)**

Antimicrobial Activity and Drying Kinetics of Bay Leaves (*Laurus nobilis*)

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carolina Castilho Garcia
Coorientador: Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin

MEDIANEIRA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

AUGUSTO LUIZ BORTOLIN

**ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E CINÉTICA DE SECAGEM DE FOLHAS DE
LOURO (*Laurus nobilis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 12/junho/2023

Profa. Dra. Carolina Castilho Garcia
Doutora em Engenharia e Ciências de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira

Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin
Doutor em Ciências dos Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira

Prof. Dr. Flávio Dias Ferreira
Doutor em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira

Maria Gabriela Leichtweis
Doutoranda em Farmácia com especialização em Nutrição e Ciência dos Alimentos
Instituto Politécnico de Bragança

MEDIANEIRA

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Primeiramente, agradeço à minha família pelo apoio e incentivo durante toda a minha jornada acadêmica. Sem a compreensão e suporte incondicional de vocês, não teria sido possível chegar até aqui.

Aos meus amigos e colegas de curso, agradeço pela amizade, pela troca de conhecimentos e pela companhia durante os momentos de estudo e trabalho em grupo. Vocês tornaram essa jornada mais leve e enriquecedora.

A Profa. Dra. Carolina Castilho Garcia e Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin, pela valiosa orientação, obrigado pela dedicação e todo conhecimento compartilhado. Seus conselhos, correções e sugestões foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Flávio Dias Ferreira, por todo o auxílio e conhecimento compartilhado.

A todos os colegas e companheiros de laboratório que compartilharam conhecimento e experiência.

Ao Laboratório do Campus Medianeira (CEANMED), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo suporte.

Aos membros participantes da banca pelo tempo empregado na análise, críticas e sugestões para aperfeiçoamento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os outros indivíduos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho, seja através de sugestões, críticas ou incentivos.

Este trabalho é fruto da contribuição de muitos e agradeço a todos que me ajudaram nesta jornada.

Muito obrigado!

RESUMO

O louro ou loureiro (*Laurus nobilis*) é uma árvore robusta e de copa densa, com preferência por climas mediterrâneos, cultivada nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Esta planta é bastante conhecida por sua madeira nobre e principalmente por suas folhas que são frequentemente utilizadas secas na culinária como condimento. Por ser uma planta com alta umidade, é susceptível à deterioração e ao crescimento de microrganismos, por isso, a secagem é uma operação importante para a conservação e manutenção de sua qualidade. Seus metabólitos secundários estão relacionados com diversas atividades biológicas, tendo funções fisiológicas importantes, como antioxidante, antidiabético, antimicrobiano, analgésico, anti-inflamatório e antiviral, devido aos seu elevado teor de compostos bioativos. O objetivo do presente trabalho foi extrair compostos presentes em folhas frescas de louro e estudar sua cinética de secagem a 50 °C. A atividade antimicrobiana dos extratos avaliada utilizando as metodologias de disco-difusão para avaliação qualitativa e microdiluição em placas para avaliação quantitativa. Para a cinética de secagem as folhas foram secas em estufa com circulação de ar a 50 °C até atingirem equilíbrio com o ar de secagem, tendo sido utilizados modelos matemáticos para descrevê-la. O ajuste dos modelos aos dados experimentais foi avaliado por meio de parâmetros estatísticos. Após a secagem, foram avaliados em triplicata os teores de umidade, proteínas, cinzas, lipídeos e carboidratos e o pH das amostras. Em relação ao potencial antimicrobiano, apesar do extrato apresentar certa inibição qualitativa frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), quando avaliado de modo quantitativo não houve inibição. Verificou-se decaimento mais acentuado da umidade das amostras durante os minutos iniciais de secagem. Os modelos que apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais foram os de Page e Aproximação da Difusão. As folhas de louro apresentaram umidade média de $50,32 \pm 0,29\%$ antes da secagem e $5,65 \pm 0,10\%$ após a secagem, os teores médios de cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos totais, foram de, respectivamente, $4,15 \pm 0,07\%$, $2,54 \pm 0,35\%$, $18,07 \pm 0,29\%$ e $68,93 \pm 0,20\%$.

Palavras-chave: maceração; ultrassom; modelagem.

ABSTRACT

The laurel or bay tree (*Laurus nobilis*) is a robust tree with a dense canopy, prefers Mediterranean climates and is cultivated in Brazil's South and Southeast regions. This plant is well-known for its noble wood and mainly for its leaves, which are often used dried in cooking as a seasoning. Due to its high moisture content, it is prone to deterioration and the growth of microorganisms, which is why drying is an important operation for its conservation and maintenance of quality. Its secondary metabolites are associated with various biological activities, having important physiological functions such as antioxidant, antidiabetic, antimicrobial, analgesic, anti-inflammatory, and antiviral properties, due to its high content of bioactive compounds. This study aimed to extract compounds from fresh bay leaves and study their drying kinetics at 50 °C. The antimicrobial activity of the extracts was evaluated using disc diffusion for qualitative assessment and microdilution in plates for quantitative evaluation. For the drying kinetics, the leaves were dried in a ventilated oven at 50 °C until reaching equilibrium with the drying air, and mathematical models were used to describe it. The fit of the models to the experimental data was evaluated using statistical parameters. After drying, the samples' moisture, protein, ash, lipid, carbohydrate contents, and pH were evaluated in triplicate. Regarding antimicrobial potential, despite the extract showing some qualitative inhibition against *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), there was no quantitative inhibition. There was a more pronounced decrease in sample moisture during the initial minutes of drying. The models that showed the best fit to the experimental data were the Page and Diffusion Approximation models. The bay leaves had an average moisture content of $50.32 \pm 0.29\%$ before drying and $5.65 \pm 0.10\%$ after drying. The average contents of ash, lipids, proteins, and total carbohydrates were $4.15 \pm 0.07\%$, $2.54 \pm 0.35\%$, $18.07 \pm 0.29\%$, and $68.93 \pm 0.20\%$, respectively.

Keywords: maceration; ultrasonication; modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Razão de umidade experimental das replicatas das amostras e valor médio, adimensional, em função do tempo de operação	26
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem	17
Tabela 2 - Valores de CIM do extrato frente às bactérias patogênicas avaliadas	24
Tabela 3 - Umidade das folhas de louro antes e após a secagem convectiva a 50 °C	25
Tabela 4 - Parâmetros obtidos para os modelos.....	27
Tabela 5 - Características físico-químicas das folhas de louro secas	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS	8
2.1	OBJETIVO GERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1	Louro	9
3.2	Caracterização química do extrato da folha de Louro <i>in natura</i>	9
3.3	Métodos de extração de compostos bioativos	10
3.3.1	Extração convencional por maceração.....	10
3.3.2	Extração assistida por ultrassom.....	11
3.4	Avaliação da atividade antimicrobiana.....	12
3.5	Secagem de plantas medicinais.....	12
3.6	Modelagem matemática da secagem.....	14
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	Material.....	18
4.2	Análises físico-químicas de folhas de louro	18
4.3	Extração dos compostos presentes nas folhas	19
4.3.1	Extração por maceração	19
4.3.2	Extração assistida por ultrassom.....	19
4.4	Avaliação da atividade antimicrobiana dos extratos	20
4.5	Cinética de secagem	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1	Potencial antimicrobiano	23
5.1.1	Potencial qualitativo por disco-difusão	23
5.1.2	Potencial quantitativo por microdiluição em placas	24
5.2	Secagem das folhas de louro e caracterização das amostras secas.....	25
6	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O loureiro é uma árvore pertencente à família das Lauraceae, nativa da região mediterrânica, que crescem geralmente em regiões com climas tropicais e subtropicais (DERWICH; BENZIANE; BOUKIR, 2009), apresenta folhas aromáticas, tendo pequenas flores pouco vistosas e apresentando como fruto uma drupa (PROENÇA; RIBEIRO; ROQUE, 2009). Plantas aromáticas como o louro são mundialmente utilizadas como condimentos com o objetivo de dar sabor aos alimentos. Além disso também pode ser utilizado como conservante, por possuir propriedades antioxidantes e antimicrobianas, sendo estas atribuídas à presença de metabolitos secundários, como compostos fenólicos, vitaminas C e E, carotenoides, entre outros (DAGLIA, 2012; GÜLÇIN, 2012).

No Brasil, o cultivo do louro foi introduzido pelos portugueses ainda na época da colonização, e se adaptou muito bem às regiões Sul e Sudeste, principalmente nas regiões com altitudes entre 800 e 1000 metros (GONÇALVES, 2020). De acordo com o IBGE (2017) o estado de São Paulo é o maior produtor de folhas de louro do país seguido por Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

Nos últimos anos, o louro se tornou alvo de investigações com foco na caracterização química e na quantificação de metabolitos secundários que estão relacionados com diversas atividades biológicas, tendo funções fisiológicas importantes, como antioxidante, antidiabético, antimicrobiano, analgésico, anti-inflamatório, antifúngico e antiviral (EMAM et al., 2010; OUCHIKH et al., 2011; ALBAYRAK et al., 2012).

Al-Hussaini e Mahasneh (2011) salientam que extratos etanólicos de folhas, frutos, flores e casca do caule de *Laurus nobilis*, apresentam atividade antimicrobiana, por apresentarem em sua composição determinados metabolitos secundários.

A extração trata-se basicamente da obtenção dos compostos de interesse por meio da ação de um solvente na estrutura celular de um vegetal, sendo este um dos principais processos utilizados para a obtenção de compostos bioativos. Os métodos de extração mais comuns são as metodologias: convencional, por meio de maceração ou percolação que utilizam equipamentos simples, porém necessitam de grande quantidade de solvente e tempo para a operação; e as metodologias não-convencionais, como a assistida por ultrassom, fluido supercrítico e líquido pressurizado, que utilizam equipamentos mais complexos geralmente apresentando

melhores resultados com menor quantidade de solvente e tempo do que os métodos convencionais, porém muitas vezes o custo-benefício destes processos é inviável (MEREGLI, 2017).

No processamento de produtos fitoterápicos é comum utilizar a parte aérea das plantas medicinais, que tem alto teor de água. Isso pode causar mudanças físicas e químicas no produto armazenado, devido à atividade metabólica elevada (GONELI et al., 2014). Para manter a qualidade das espécies medicinais, a secagem é necessária para reduzir a umidade inicial e garantir a segurança do produto durante o armazenamento, sem comprometer suas propriedades terapêuticas (LORENZI; MATOS, 2008). Ela deve ser realizada imediatamente após a colheita, pois as condições de secagem e armazenamento são cruciais para a conservação dos compostos das plantas (SOYSAL; ÖZTEKIN, 1999).

Para otimizar equipamentos, dimensionar novos sistemas e avaliar a viabilidade comercial, é importante obter informações teóricas sobre o comportamento de cada produto durante o processo de remoção de água (BERBERT et al., 1995; GINER; MASCHERONI, 2002). Para tanto são utilizados modelos matemáticos que representam a perda de água do produto durante a secagem. Esses modelos levam em consideração características do produto e variáveis externas, como temperatura, velocidade e umidade do ar de secagem. A escolha do modelo adequado depende das circunstâncias específicas de cada sistema (OGATA, 2003; RESENDE et al., 2008).

Portanto, estudos sobre o processo de secagem de plantas medicinais e aromáticas é fundamental para o setor alimentício e de fitoterápicos, visando garantir a qualidade e eficácia dos produtos oferecidos no mercado, com economia de escala, redução de custos, melhoria da qualidade do produto final, preservação das propriedades terapêuticas e aumento da durabilidade do produto.

Diante disso objetivou-se com o presente trabalho extrair compostos presentes nas folhas frescas de louro e estudar sua cinética de secagem a 50 °C.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Extrair compostos bioativos de folhas *in natura* de louro, avaliando seu potencial antimicrobiano, e descrever a cinética de secagem de folhas frescas a 50 °C.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair compostos bioativos presentes na folha de louro por meio da técnica de extração por maceração;
- Avaliar o potencial de inibição dos microrganismos *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus cereus* (ATCC 11778) e *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028) utilizando o extrato obtido por meio de testes qualitativos de disco diluição;
- Extrair compostos bioativos presentes na folha de louro por meio da técnica de extração assistida por ultrassom;
- Quantificar o potencial de inibição de microrganismos aos quais foi identificado potencial de inibição nos testes qualitativos de disco diluição, por meio de testes quantitativos de microdiluição em placas;
- Realizar a secagem das folhas frescas de louro a 50 °C;
- Realizar a caracterização físico-química das folhas secas de louro (*Laurus nobilis*), a partir das análises de: umidade, teores de cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos totais (por diferença) e pH;
- Modelar a operação de secagem através de modelos matemáticos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Louro

O loureiro tem como nome científico *Laurus nobilis*, é pertencente à família das Lauraceae e pode ser caracterizado como uma árvore robusta com uma copa densa podendo variar de 5 a 12 metros de altura, com madeira nobre geralmente utilizada na fabricação de móveis. Possui folhas simples e ásperas de odor específico geralmente utilizadas na culinária e na indústria de alimentos como tempero, podendo ser utilizadas folhas verdes ou secas para esse fim. As folhas devem ser utilizadas até no máximo dois anos depois de colhidas, pois, após este período perdem o seu aroma. O loureiro apresenta frutos de cor negra, não comestíveis, que amadurecem de julho a setembro e podem chegar de 1 a 1,5 cm de comprimento. O louro também é considerado pela medicina popular como digestivo e antiespasmódico (SANTOYO et al., 2006).

Atualmente seu cultivo no país é feito nas regiões Sul e Sudeste, tendo como maior produtora a cidade de São Roque localizada no estado de São Paulo, possuindo uma grande importância econômica já que suas folhas são amplamente utilizadas na culinária brasileira (GONÇALVES, 2020).

3.2 Caracterização química do extrato da folha de Louro *in natura*

De acordo com Pereira (2014) o extrato hidroalcolólico das folhas *in natura* de louro obtidos por maceração apresenta 21 compostos bioativos identificados, tendo como destaque seu composto majoritário o 1,8-cineol (eucaliptol) (PEREIRA, 2014), sendo este um composto monoterpeneo com forte atividade antimicrobiana que altera a bicamada lipídica da membrana celular microbiana, aumentando sua permeabilidade e liberando constituintes intracelulares vitais, além de causar danos nos sistemas enzimáticos do microrganismo (MARINO; BERSANI; COMI, 2001).

Os compostos bioativos presentes no extrato da folha *in natura* de acordo com a literatura apresentam diversas atividades biológicas, sendo o caso do β -cariofileno, humuleno, 1,8-cineol, α -felandreno e do α -pineno, com atividade antimicrobiana (SANTOYO et al., 2006; VAGIONAS et al., 2007; DERWICH; BENZIANE; BOUKIR, 2009; ELAISSI et al., 2011); do β -elemeno e do delta-3-careno com atividade

antiproliferativa comprovada contra células cancerígenas, demonstrando potencial como agentes antitumorais (QUASSINTI et al., 2013); e dos compostos eugenol e metileugenol com atividade antioxidante (POLITEO; JUKIĆ; MILOŠ, 2007; FIRUZI et al., 2010).

3.3 Métodos de extração de compostos bioativos

A extração é uma operação unitária que trata da obtenção dos compostos de interesse por meio da ação de um solvente na estrutura celular de um vegetal (raiz, caule, folhas, frutos, sementes), sendo que o método de extração deve ser escolhido de acordo com a estrutura do vegetal que irá ser utilizado e do composto de interesse a ser extraído (MEREGALLI, 2017). Os processos mais utilizados abrangem desde os métodos convencionais como maceração, prensagem e arraste, que utilizam equipamentos simples (NOVELLO, 2015), até os métodos com maior tecnologia envolvida, como extração assistida por ultrassom, fluido supercrítico e fluido pressurizado. Estas operações podem ser realizadas em meio sólido-líquido, líquido-líquido ou gás-líquido (VIEIRA, 2015), sendo estes processos utilizados para a obtenção de compostos bioativos.

3.3.1 Extração convencional por maceração

No processo de maceração, a extração ocorre por meio da ação de um solvente na parte desejada da planta, a qual teve sua estrutura previamente danificada para que ocorra maior rendimento. Ela é realizada em recipiente fechado, mantido à temperatura pré-definida e por determinado tempo, sob ocasional agitação e sem renovação de solventes (MEREGALLI, 2017). Geralmente há uma limitação no processo relacionada à transferência de massa, sendo que a ocasional agitação no recipiente contendo a mistura sólido-líquido dificulta o fenômeno da saturação na proximidade da superfície do sólido, aumentando o rendimento de extração (NAVIGLIO et al., 2007; GIZIR et al., 2008; NAVIGLIO; FERRARA, 2008).

Este método apresenta como principais vantagens a simplicidade e o baixo custo, devido ao processo ocorrer usualmente em temperatura ambiente, além da utilização de equipamentos simples (ZHANG; LIN; YE, 2018). Porém apresenta

algumas desvantagens, sendo estas, a baixa eficiência de extração, longos períodos de extração e grandes quantidades de solventes gastos (ZHANG; LIN; YE, 2018).

3.3.2 Extração assistida por ultrassom

A extração assistida por ultrassom baseia-se na utilização de um solvente e da energia acústica, com ondas mecânicas sendo geradas através de um transdutor, que converte energia elétrica em energia mecânica, assim proporcionando a extração dos compostos de interesse de diferentes matrizes vegetais (MINJARES-FUENTES et al., 2014).

A utilização do ultrassom tem como objetivo intensificar a extração através do fenômeno denominado cavitação, no qual os efeitos causados pelas ondas ultrassônicas geram um ciclo de bolhas de gás e cavidades no líquido solvente (VARDANEGA et al., 2014). Durante o colapso das bolhas, são geradas ondas de energia muito elevadas na zona de cavitação, que exercem um forte impacto sobre a superfície sólida. Assim, associado ao calor liberado no colapso das bolhas, ocorre aumento na solubilidade dos analitos, facilitando a entrada do solvente nos tecidos, pois aumenta a permeabilidade da parede celular, o processo de difusão e reforça a transferência de massa, aumentando, assim, a eficiência da extração (PATIST; BATES, 2008; CAVALHEIRO, 2013).

Esse método apresenta vantagens como a redução no tempo de processo, o baixo consumo de solvente e a alta reprodutibilidade dos ensaios quando comparado aos métodos convencionais. Os equipamentos mais utilizados são o banho ultrassônico, que se trata de um método indireto, onde as ondas são propagadas através do recipiente da amostra, e a sonda ultrassônica, que age diretamente na matriz e no solvente (CHEMAT; ZILL; KHAN, 2011). Os principais fatores que podem afetar este processo são a intensidade da onda sonora, tempo de exposição à frequência sonora, temperatura do processo e a granulometria da amostra (TAO et al., 2014).

3.4 Avaliação da atividade antimicrobiana

Algumas substâncias sintéticas ou naturais podem apresentar atividade antimicrobiana, impedindo e prevenindo o crescimento de determinados microrganismos. Sua ação ocorre a nível molecular, na estrutura celular ou processo metabólico dos microrganismos (MOTA et al., 2010).

Na literatura são encontrados diversos métodos para avaliação da atividade antimicrobiana de determinada substância, sendo os métodos mais comuns os de disco-difusão, método de macrodiluição e microdiluição (OSTROSKY et al., 2008).

O teste de disco-difusão é um dos testes mais simples e confiáveis para verificação da sensibilidade de um microrganismo a compostos antimicrobianos, descrito por Bauer e Kirby em 1966, trata-se de um teste qualitativo que consiste em dispensar um ou mais discos imbuídos com diferentes concentrações da substância de estudo em placas com meio de cultura contendo o microrganismo em que se deseja verificar sua ação inibitória (ANVISA, 2008).

Segundo Mendes et al. (2011), o método de microdiluição é o mais utilizado e indicado para analisar a atividade antimicrobiana de extratos vegetais, por apresentar pequena quantidade de reagentes e adequada sensibilidade, o que proporciona aumento de réplicas e resultados mais confiáveis. O método trata-se de uma miniaturização da técnica de macrodiluição, consiste em placas plásticas estéreis, com 96 poços em formato de “U”, para serem inoculados com o microrganismo desejado, sendo a substância antimicrobiana colocada em diferentes concentrações podendo ser de 4 a 8 diluições logarítmicas. Após a incubação, a leitura da placa, com a determinação da concentração inibitória mínima (CIM), é realizada visualmente, de preferência com o auxílio de um espelho parabólico, que amplifica a imagem e facilita a leitura (ANVISA, 2008).

3.5 Secagem de plantas medicinais

O processo de secagem é caracterizado pela transferência simultânea de calor e massa entre o ar de secagem e o produto, resultando na redução do teor de água. O aumento da temperatura provoca o aumento da pressão parcial de vapor na superfície do produto, favorecendo a evaporação da água; enquanto que a diferença

na concentração de água entre o sólido e o ambiente garante a transferência de massa. Além disso vale ressaltar que a redução do teor de água deve ser controlada de forma a preservar a aparência e a qualidade nutricional do produto final. Essa operação é fundamental para a conservação de produtos alimentícios, permitindo o armazenamento seguro sem comprometer suas características (ISQUIERDO et al., 2013; GONELI et al., 2014).

A matéria-prima mais importante para a indústria farmacêutica de fitoterápicos é a parte aérea das plantas medicinais e aromáticas, que geralmente são colhidas com altos teores de água. Nesse sentido, a secagem é essencial para controlar e manter a qualidade do produto final, pois altos teores de água resultam em aumento da atividade metabólica e das mudanças químicas e físicas que podem ocorrer durante o armazenamento (GONELI et al., 2014; LORENZI; MATOS, 2008).

A secagem de plantas medicinais é considerada uma etapa crucial no pré-processamento, uma vez que seu objetivo é remover parte da água contida nas mesmas, permitindo armazenamento seguro e preservando suas propriedades medicinais. Isso é particularmente indispensável para atender as necessidades das indústrias farmacêuticas de fitoterápicos, que muitas vezes não possuem meios para utilizar plantas frescas na quantidade exigida para a produção industrial. Dessa forma, a secagem é essencial para viabilizar a produção em larga escala e garantir a qualidade do produto final (LORENZI; MATOS, 2008).

A secagem pode levar desde algumas horas até vários dias, dependendo de fatores como método de secagem, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem (DALPASQUALE; SPERANDIO, 2010). A temperatura e a velocidade do ar são fatores que afetam a operação e quanto maiores, menor será o tempo de secagem do produto. No entanto, a secagem pode levar a um estresse hídrico nas folhas devido à rápida perda de água, que pode afetar sua qualidade causando alterações na cor, textura, aroma, sabor e propriedades bioativas. Para minimizar o risco de perda de qualidade, é importante controlar cuidadosamente a taxa de secagem e a umidade relativa do ambiente, de modo a garantir que as folhas sequem de forma uniforme e controlada (CARLESSO et al., 2005).

3.6 Modelagem matemática da secagem

Simular o comportamento do produto durante a secagem é essencial para desenvolver e melhorar equipamentos de secagem. Para isso, são utilizados modelos matemáticos que representem adequadamente a perda de água do produto durante o processo. Esses modelos permitem a predição do comportamento do produto em diferentes condições de secagem e podem ser úteis para o desenvolvimento de novos processos ou para a otimização de processos existentes (BERBERT et al., 1995; ANDRADE; BORÉM, 2008).

Existem três tipos de modelos matemáticos que podem ser utilizados para representar as curvas de secagem de produtos agrícolas: modelos teóricos, semiteóricos e empíricos. Os modelos teóricos consideram as condições externas e os mecanismos internos de transferência de calor e massa, enquanto os modelos semiteóricos e empíricos levam em conta somente a resistência externa à temperatura e umidade relativa do ar de secagem (ISQUIERDO, 2011; MIDILLI et al., 2002; PANCHARIYA et al., 2002).

Os modelos teóricos são baseados em princípios físicos e matemáticos que descrevem a transferência de massa e energia em sistemas de secagem. Esses modelos geralmente levam em consideração as propriedades físicas e químicas dos produtos, como a porosidade, a difusividade e a condutividade térmica, além das condições de secagem, como a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar (FALADE; ABBO, 2007). Dentre os modelos teóricos mais utilizados para descrever a secagem, tem-se a segunda Lei de Fick, representada pela Equação 1.

$$\frac{dX}{dt} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} \quad (1)$$

Em que: X é a umidade do sólido, em kg de água kg de sólido⁻¹ (bs); D_{ef} é o coeficiente de difusão efetivo do líquido aplicável ao movimento através do sólido, em m² s⁻¹; t representa o tempo, em s; z é a distância percorrida na direção do movimento do líquido, em m.

Segundo Falade e Abbo (2007), sua aplicação se dá na descrição do transporte de água durante os processos de desidratação de alimentos,

especialmente no período de taxa decrescente, no qual a difusão da água do interior do produto para sua superfície é o principal mecanismo de transferência de massa. Essa lei da difusão em estado estacionário considera apenas o gradiente de concentração e é utilizada para entender como os materiais se movem ou se difundem de uma região de alta concentração para uma de baixa concentração, sendo importante ressaltar que não leva em conta a influência da temperatura e dos gradientes de pressão total na difusão.

Os coeficientes de difusão efetivos de umidade são determinados de acordo com a Lei de Fick em uma forma modificada que descreve a umidade em termos de frações de massa de água com base no peso seco. Para os cálculos dos coeficientes de difusão da água são utilizadas as soluções integradas de Crank (1975) da segunda Lei de Fick, apresentada nas Equações 2 e 3, sendo as amostras consideradas como placas infinitas.

Para longos períodos de secagem/reidratação, a série representada pela Equação 2 converge rapidamente. Assim, é possível calcular o coeficiente de difusão graficamente a partir da linearização do primeiro termo da série representada pela Equação 4, como proposto por Ciolin et al. (2021).

$$ADM = \frac{8}{\pi^2} \left[e^{\left(\frac{-\pi^2}{4}Fo\right)} + \frac{1}{9} e^{\left(\frac{-9\pi^2}{4}Fo\right)} + \frac{1}{25} e^{\left(\frac{-25\pi^2}{4}Fo\right)} + \frac{1}{49} e^{\left(\frac{-49\pi^2}{4}Fo\right)} + \dots \right] = f(Fo) \text{ placa inf.} \quad (2)$$

$$Fo = \frac{D_{ef} \cdot t}{z^2} \quad (3)$$

$$ADM = \frac{8}{\pi^2} e^{-\left(\frac{\pi^2 D_{ef}}{z^2}\right)t} \quad (4)$$

Em que: ADM é a razão de umidade adimensional, calculada segundo a Eq. 5; Fo é o número de Fourier, adimensional; D_{ef} representa o coeficiente de difusão do líquido aplicável ao movimento através do sólido, em $m^2 s^{-1}$; t é o tempo; z é a meia-espessura da placa, em m.

A razão de umidade (*ADM*, adimensional) é determinada pela Equação 5 a partir dos dados experimentais.

$$ADM = \frac{\bar{X}_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad (5)$$

Em que: \bar{X}_t representa a umidade média do sólido no tempo t , em base seca; X_{eq} é a umidade de equilíbrio, em base seca; X_0 representa a umidade inicial do sólido, em base seca.

Os modelos semiteóricos são comumente utilizados para análise da transferência de massa por resfriamento, e são em geral baseados na Lei de Newton. Entretanto, é importante ressaltar que esses modelos são válidos apenas para as condições de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e teor de água nas quais foram originalmente desenvolvidos. Entre os modelos semiteóricos mais utilizados estão o modelo de Dois Termos, o modelo de Henderson e Pabis e o modelo de Page. Esses modelos são empregados em diversas áreas, como na indústria alimentícia e farmacêutica, para prever a perda de massa durante o processo de secagem de produtos (PANCHARIYA et al., 2002).

Os modelos empíricos, por sua vez, descrevem as curvas de secagem para determinadas condições experimentais, mas não oferecem uma visão apurada dos processos importantes que ocorrem durante o fenômeno, pois omitem os fundamentos do processo de secagem e seus parâmetros não têm significado físico (MUJUNDAR, 2006).

Alguns modelos empíricos ou semi-empíricos comumente utilizados para descrever a cinética de secagem estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem

	Modelo	
$ADM = 1 + at + bt^2$	Wang e Sing (WANG; SING, 1978)	(6)
$ADM = a e^{(-kt)} + (1 - a)e^{(-k_1.t)}$	Verma (VERMA et al., 1985)	(7)
$ADM = e^{[-a-(a^2+4.b.t)^{0.5}]/2.b}$	Thompson (THOMPSON et al., 1968)	(8)
$ADM = e^{(-k.t^n)}$	Page (PAGE, 1949)	(9)
$ADM = e^{(-k.t)}$	Newton (LEWIS, 1921)	(10)
$ADM = a.e^{(-k.t^n)} + b.t$	Midilli (MIDILLI, 2002)	(11)
$ADM = a.e^{(-k.t)} + c$	Logarítmico (YAGCIOGLU et al., 1999)	(12)
$ADM = a.e^{(-k.t)}$	Henderson e Pabis (HENDERSON; PABIS, 1961)	(13)
$ADM = a.e^{(-k.t)} + b.e^{(-k_0.t)} + c.e^{(-k_1.t)}$	Henderson e Pabis modificado (KARATHANOS, 1999)	(14)
$ADM = a.e^{(-k.t)} + (1 - a)e^{(-k.a.t)}$	Exponencial de Dois Termos (SHARAF-ELDEE et al., 1980)	(15)
$ADM = a.e^{(-k_0.t)} + b.e^{(-k_1.t)}$	Dois Termos (HENDERSON, 1974)	(16)
$ADM = a.e^{(-k.t)} + (1 - a).e^{(-k.b.t)}$	Aproximação da Difusão (KASSEM, 1998)	(17)

*ADM é a razão de umidade, adimensional; k , k_0 , k_1 são constantes de secagem, em unidade de tempo; a , b , c , n são coeficientes dos modelos, adimensionais; t é o tempo de secagem, em s.

Fonte: Sousa et al. (2011)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As folhas de louro (*Laurus nobilis*) *in natura* utilizadas neste trabalho foram colhidas manualmente de forma aleatória na zona rural do município de São Miguel do Iguaçu, PR, e transportadas em caixa térmica sob refrigeração. Para os experimentos e análises a amostra passou por um processo de lavagem em água fria e corrente, trituração para os ensaios de extração e secagem, além da retirada dos pecíolos com a finalidade de evitar possíveis interferências nos resultados. Para as análises foram utilizados reagentes e meios de cultura de padrão analítico.

4.2 Análises físico-químicas de folhas de louro

Foram realizadas, em triplicata, as seguintes análises físico-químicas das folhas de louro (*Laurus nobilis*) após os experimentos de secagem: umidade, teores de cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos totais e pH, conforme as metodologias descritas no Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

A determinação da umidade foi realizada por secagem direta em estufa a 105 °C, até peso constante (ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla a 550 °C, até as cinzas ficarem brancas ou ligeiramente acinzentadas (ADOLFO LUTZ, 2008).

A determinação do teor de lipídeos foi realizada por extração direta em Soxhlet, utilizando hexano como solvente extrator (ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de proteínas foi determinado por meio da metodologia de determinação de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, utilizando solução de ácido bórico a 4% para a destilação da amostra e solução de ácido clorídrico 0,1 N para a titulação do destilado até a viragem do indicador. O fator de conversão da relação nitrogênio/proteína utilizado foi 6,25 (ADOLFO LUTZ, 2008).

Os carboidratos totais foram determinados pela diferença dos demais constituintes da composição físico-química, segundo a Equação 18 (ADOLFO LUTZ, 2008)

$$\text{Carboidratos totais (\%)} = 100 - (\text{Umidade} + \text{Teor de Proteínas} + \text{Teor de Lipídeos} + \text{Teor de Cinzas}) \quad (18)$$

O pH foi medido em triplicata por meio de pHmetro de bancada calibrado, por leitura direta na solução de folhas trituradas e diluídas em água destilada (ADOLFO LUTZ, 2008).

4.3 Extração dos compostos presentes nas folhas

4.3.1 Extração por maceração

Para a extração por maceração, as folhas de louro *in natura* foram previamente trituradas em liquidificador, sendo colocadas em um erlenmeyer tampado, juntamente com água destilada, para que não houvesse influência do solvente nos testes qualitativos de inibição. A proporção folha:solvente utilizada foi de 40 g de folhas para 60 mL de água destilada. O erlenmeyer foi colocado em uma chapa de aquecimento com agitação constante a 40 °C durante 1 hora. Posteriormente, a solução foi filtrada e armazenada sob refrigeração para realização das análises de disco-difusão.

4.3.2 Extração assistida por ultrassom

Para a extração assistida por ultrassom, 40 g das folhas de louro *in natura* trituradas em liquidificador foram pesadas em uma balança analítica e acondicionada em frasco erlenmeyer, juntamente com 60 mL de solvente hidroalcolico.

Pereira (2014) estudou a extração de compostos antimicrobianos da folha de louro (*Laurus nobilis*), tendo verificado maiores atividades na faixa de 80% de concentração de água no solvente de extração. Com base neste estudo, a proporção do solvente hidroalcolico utilizado foi de 80% água e 20% etanol.

Os frascos foram cobertos com papel alumínio e imersos no banho ultrassônico à frequência de 33 kHz. Após a extração, as amostras foram centrifugadas, filtradas e armazenadas sob refrigeração para realização das análises de microdiluição em placas.

A frequência do ultrassom utilizada no presente estudo foi selecionada com base nas propostas de Espada et al. (2017) e Huang et al. (2017), que apontaram que altos rendimentos são obtidos pela utilização de ondas mecânicas em frequência acima do limiar da audição humana, ou seja, maior que 20 kHz. Considerando as configurações do equipamento disponível, a frequência utilizada no presente trabalho foi de 33 kHz.

O tempo de extração utilizado baseou-se na pesquisa de Skerget et al. (2014), que estudaram a eficiência de extração de compostos bioativos de folhas de louro (*Laurus nobilis*) em diferentes tempos de aplicação de ultrassom variando de 0 a 360 minutos a uma frequência de 24 kHz, tendo no tempo de 120 min as melhores concentrações de compostos bioativos presentes no extrato.

Em relação à temperatura de extração, de acordo com Corbin et al. (2015), a extração por ultrassom em temperaturas baixas, entre 25 e 60 °C, pode evitar danos térmicos ao extrato, minimizando a perda de compostos bioativos. Trabalhos como o de González-Centeno et al. (2015) relataram melhores resultados na obtenção de compostos bioativos por ultrassom do bagaço de uva com temperatura de 50 °C. Silva et al. (2015) observaram melhores resultados na obtenção de compostos bioativos por ultrassom da casca de lichia à temperatura de 60 °C. Em vista do exposto, para este estudo utilizou-se a temperatura de 40 °C, que foi controlada com um termômetro manual e adição de água fria.

4.4 Avaliação da atividade antimicrobiana dos extratos

Os microrganismos utilizados para verificação da atividade antimicrobiana dos extratos das folhas de louro foram selecionados a partir de referenciais de inibição disponíveis na literatura e disponibilidade de cepas, sendo eles: cepas padrão de *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus cereus* (ATCC 11778) e *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028). Os extratos foram preparados na concentração de 40% de folha em relação ao solvente (p/p), não tendo sido pesado ou medido seu volume após etapas de preparação (filtração, centrifugação).

Os microrganismos foram semeados em placas de petri contendo meios de culturas seletivos para cada microrganismo. A partir do extrato obtido pela técnica de maceração, foram infundidos discos de papel padronizados com cerca de 0,5 cm de

diâmetro no extrato e colocado no centro de placas de Petri para verificação de posterior formação de um halo de inibição ao redor do disco, possibilitando identificar de maneira qualitativa o potencial de inibição do microrganismo por parte do extrato.

Com isso, tendo identificados os microrganismos em que o extrato obtido por maceração em água destilada apresentou potencial de inibição, foram realizados testes quantitativos para medir o real potencial de inibição do extrato. Esses experimentos foram conduzidos com extratos obtidos por maceração e por ultrassom. As cepas bacterianas foram cultivadas por 24 h, e a suspensão bacteriana foi diluída a fim de atingir 0,5 de turbidez pela escala de McFarland (NCCLS, 2003).

A determinação da concentração inibitória mínima (CIM) se deu pelo método de microdiluição em caldo, com base no documento M7-A6 do NCCLS (*National Committee on Clinical Laboratory Standards*), traduzidos, editados e disponibilizados na íntegra pela ANVISA (2005). Em uma microplaca esterilizada de 96 poços foi depositado 100 µL de caldo *Brain Heart Infusion* (BHI), 100 µL do extrato previamente preparado e distribuídos em diluição seriada de modo a obter as concentrações desejadas. Na sequência adicionou-se 5 µL de suspensão bacteriana com 0,5 de turbidez McFarland. Foram utilizados controle de crescimento (caldo BHI e suspensão bacteriana) e controle negativo (somente caldo BHI). Em seguida, as placas foram incubadas por 24 h.

O crescimento bacteriano foi determinado pela presença de turbidez. A menor concentração do extrato necessária para inibir o crescimento de cada bactéria foi considerada o valor de CIM. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

4.5 Cinética de secagem

A secagem foi realizada em estufa de secagem com controlador digital de temperatura (Quimis, Diadema – SP) e circulação de ar natural à temperatura de 50 °C. Essa temperatura foi selecionada considerando que estudos para secagem de folhas utilizam temperaturas entre 40 °C e 70 °C, como o de Goneli et al. (2014) que realizou a secagem de folhas de aroeira às temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C. As amostras foram distribuídas de maneira uniforme em bandejas metálicas perfuradas, as quais foram pesadas em intervalos regulares a cada 20 min, até atingirem o equilíbrio com o ar de secagem. Foram utilizadas seis bandejas metálicas (replicatas) na operação.

Também foi realizada a medição da espessura de amostras aleatórias das folhas, utilizando paquímetro digital. A espessura média das folhas frescas foi de 0,3 mm e a das folhas secas foi de 0,1 mm, com desvios padrões da ordem de 10^{-7} .

Para modelar a operação de secagem foi utilizada a lei de Fick para placa infinita, representada pela Equação 4, e doze modelos empíricos/semi-empíricos, sendo eles, Wang e Sing (WANG; SING, 1978), Verma (VERMA et al., 1985), Thompson (THOMPSON et al., 1968), Page (PAGE, 1949), Newton (LEWIS, 1921), Midilli (MIDILLI, 2002), Logarítmico (YAGCIOGLU et al., 1999), Henderson e Pabis (HENDERSON; PABIS, 1961), Henderson e Pabis modificado (KARATHANOS, 1999), Exponencial de Dois Termos (SHARAF-ELDEE et al., 1980), Dois Termos (HENDERSON, 1974) e Aproximação da Difusão (KASSEM, 1998), representados pelas Equações 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17, respectivamente.

O ajuste dos dados experimentais aos modelos propostos baseou-se no algoritmo de Levenberg-Marquardt, que foi utilizado para estimar os parâmetros não lineares por meio do método dos quadrados mínimos (MARQUARDT, 1963).

Para a verificação do ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram avaliados a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) e do erro quadrático médio ($RMSE$) obtido pela Equação 1.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{calc} - x_{exp})^2}{n}} \quad (19)$$

Em que: x_{exp} é o valor experimental; x_{calc} é o valor predito pelo modelo; n é o número de observações experimentais.

Os parâmetros estatísticos para verificação do ajuste dos modelos aos dados experimentais foram calculados utilizando planilhas do LibreOffice, sendo que valores de R^2 próximos a 1 e baixos valores de $RMSE$ indicam bom ajuste do modelo aos dados experimentais (RUDY et al., 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Potencial antimicrobiano

5.1.1 Potencial qualitativo por disco-difusão

Com o extrato obtido através de maceração utilizando somente água destilada como solvente, imbuído em disco de papel padronizado com 0,5 cm de diâmetro, identificou-se a formação de halo inibitório nas placas de Petri contendo *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). Para as placas contendo as culturas de *Bacillus cereus* (ATCC 11778) e *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028) não houve formação de halo inibitório. Os tamanhos dos halos formados não foram medidos, já que a análise teve o objetivo de identificar potencial inibitório dentre as cepas disponíveis.

Estudos como o de Silveira (2012) utilizando a técnica de disco-difusão com diversos óleos essenciais incluindo o *L. nobilis* apontaram forte inibição para as placas contendo culturas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*. Al-Hussaini et al. (2011) também utilizando a técnica de disco-difusão evidenciaram forte inibição do extrato com solvente hidroalcológico de folhas de *L. nobilis* contra *Bacillus subtilis* Gram positivo, e contra os fungos filamentosos *Aspergillus niger* e *Aspergillus fumigatus*.

Segundo Santos et al. (2022) a eficiência na inibição de microrganismos pode variar entre um extrato com solvente hidroalcológico e um óleo essencial, devido às diferentes composições químicas, sendo que extratos podem conter uma variedade de compostos químicos, como polissacarídeos, flavonoides e outros compostos solúveis em água e álcool. Por outro lado, os óleos essenciais são obtidos por meio da destilação a vapor de plantas aromáticas e são compostos principalmente por voláteis lipofílicos, como terpenos, fenóis e aldeídos. Extratos obtidos com solvente hidroalcológico são solúveis em água e têm uma maior afinidade por moléculas polares, o que pode afetar sua capacidade de penetrar nas células dos microrganismos e inibir seu crescimento. Já os óleos essenciais são lipossolúveis e têm uma maior afinidade por moléculas lipídicas, facilitando sua penetração nas membranas celulares dos microrganismos.

Ainda, a concentração de compostos ativos nos extratos com solvente hidroalcoólico pode variar dependendo do método de extração e da concentração do solvente utilizado. Já nos óleos essenciais, a concentração de compostos ativos é geralmente alta devido ao processo de destilação a vapor, o que pode contribuir para sua eficiência na inibição de microrganismos e sua especificidade de ação. Para mais, os extratos com solvente hidroalcoólico e os óleos essenciais podem ter diferentes espectros de atividade contra microrganismos. Alguns extratos com solvente hidroalcoólico podem ser mais específicos contra certos tipos de microrganismos, enquanto que os óleos essenciais podem ter um espectro de atividade mais amplo, abrangendo uma variedade de microrganismos (SANTOS et al., 2022).

5.1.2 Potencial quantitativo por microdiluição em placas

Para avaliação do potencial quantitativo por microdiluição em placas utilizando o extrato obtido a partir da técnica de extração assistida por ultrassom apenas as cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) foram utilizadas, devido ao fato de apenas as placas contendo estas culturas apresentarem halo de inibição no teste de disco-difusão.

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que apesar do extrato obtido por maceração apresentar certa inibição qualitativa frente a estas cepas patogênicas, quando avaliado de modo qualitativo não houve inibição, apresentando crescimento visível dos microrganismos em todos os poços para cada teste. Esse resultado foi obtido tanto para o extrato obtido por maceração, quanto para o obtido por ultrassom, como representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de CIM do extrato frente às bactérias patogênicas avaliadas

Microrganismo	CIM*	CBM*
Extrato obtido por maceração		

<i>E. coli</i>	NE	NE
<i>S. aureus</i>	NE	NE
Extrato obtido por ultrassom		
<i>E. coli</i>	NE	NE
<i>S. aureus</i>	NE	NE

***NE: Resultados não encontrados nas concentrações testadas; CIM: Concentração inibitória mínima; CBM: Concentração bactericida mínima.
Fonte: A autoria própria (2023)**

Apesar de muitos estudos relatarem atividade antimicrobiana do óleo essencial de *L. nobilis*, os estudos referentes a extratos aquosos e etanólicos são poucos.

Luzzi (2010) não observou atividade antimicrobiana do extrato etanólico de folhas de louro em nenhuma das concentrações testadas frente a *E. coli* e *S. enteritidis*. Bara e Vanetti (1998) não observaram atividade antimicrobiana do extrato etanólico frente às bactérias *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica* e *S. anatum*. Sagdiç et al. (2003) também não observaram atividade antimicrobiana do extrato aquoso (hidrossol) frente às bactérias *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. brevis*, *B. cereus*, *B. subtilis var. niger*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella enteritidis*, *S. gallinarum*, *S. typhimurium*, *Staphylococcus aureus* e *Yersinia enterocolitica*. Já Shan et al. (2007) observou atividade do extrato aquoso frente às bactérias *B. cereus*, *L. monocytogenes* e *S. aureus*, mas não frente a *E. coli*.

5.2 Secagem das folhas de louro e caracterização das amostras secas

A secagem das folhas foi realizada até peso constante, resultando em tempo total de 100 minutos. A umidade das folhas antes e após a secagem está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Umidade das folhas de louro antes e após a secagem convectiva a 50 °C	
	Umidade (%)
Folhas frescas	50,32 ± 0,29

Folhas secas

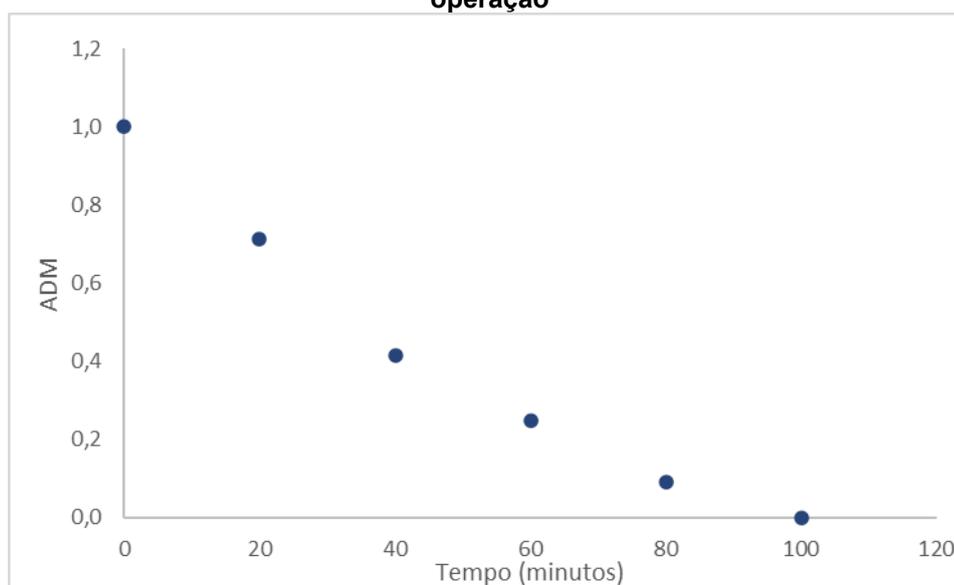
5,65 ± 0,10

Resultados apresentados como média ± desvio padrão.**Fonte: A autoria própria (2023)**

A umidade inicial das amostras foi de 50,32%. Após a secagem, a umidade das folhas foi de 5,6%. É possível afirmar que a operação de secagem foi eficaz, já que a umidade das amostras reduziu a quase 10% do valor inicial. Semelhantemente Pereira (2014) verificou redução da umidade inicial de folhas de louro de 52,4% para 8,6% após a secagem a 25 °C por 3 semanas, reforçando a eficácia da operação.

A partir dos dados experimentais de secagem e utilizando balanços de massa, foi construída a curva de secagem das folhas de louro, que é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Razão de umidade experimental média, adimensional, em função do tempo de operação

**Fonte: A autoria própria (2023)**

A umidade inicial das folhas em base seca foi de 1,0128 kg água kg sólido seco⁻¹, atingindo seu valor mínimo de 0,0583 ± 0,001 kg água kg sólido seco⁻¹ ao final da operação.

A partir da Figura 1 verificou-se rápida redução da umidade das amostras nos quarenta minutos iniciais de secagem, já que a força motriz para a transferência de massa é elevada, diminuindo de forma mais lenta após esse tempo, até atingir o valor de equilíbrio.

Ainda, observou-se que todas as bandejas atingiram o equilíbrio com o ar de secagem no tempo de 100 minutos, apresentando adimensional de umidade próximo

de zero (Figura 1). Nos estudos de Khodja et al. (2020) em que foi realizada a secagem de folhas de louro em estufa a 60 °C, o equilíbrio com o ar de secagem foi atingido a partir de 90 minutos. Porém deve-se levar em conta que o tempo pode variar dependendo de diversos fatores, como o teor inicial de umidade das folhas, o tamanho das folhas, a umidade relativa, a velocidade do ar na estufa e a temperatura utilizada (BERK, 2010). Condições e período de plantio e colheita influenciam diretamente as características das folhas, e, portanto, as condições de secagem.

Pequena diferença entre as umidades das folhas dispostas nas diferentes bandejas foi verificada na Figura 1, o que pode ser explicado pela posição das bandejas dentro da estufa de secagem, já que a temperatura e a umidade do ar podem variar no equipamento.

Dentre todos os modelos utilizados para representar a secagem das folhas de louro, Equação 2 e Equações 6 a 17, os modelos de Page, Midilli, Henderson e Pabis e Aproximação da Difusão, apresentaram valores razoáveis para o coeficiente de determinação (R^2), em comparação aos demais.

Apesar de fenomenológica, a lei de Fick não representou os dados experimentais da secagem das folhas frescas de louro, fato possivelmente relacionado ao baixo número de dados, visto que as amostras atingiram o equilíbrio com o ar de secagem em aproximadamente 100 minutos.

Para os modelos que apresentaram valores de R^2 satisfatório, foram estimados seus parâmetros não lineares por meio do método dos quadrados mínimos (MARQUARDT, 1963) e seus valores estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros obtidos para os modelos

Modelo	R^2	k	n	a	b
Page	0,80	-3,04 ± 0,37	0,16 ± 0,06	-	-
Midilli	0,98	-0,12 ± 0,13	71,73 ± 0,00	85,23 ± 6,82	-95,90 ± 15,73
Henderson e Pabis	0,98	2,42 ± 0,35	-	103,21 ± 9,22	-
Aproximação da Difusão	0,97	21,35 ± 9,61	-	-126,39 ± 31,21	0,14 ± 0,09

*** R^2 é o coeficiente de determinação; k é a constante de secagem, em unidade do tempo; n , a e b são coeficientes dos modelos, adimensionais. Resultados apresentados como média ± desvio padrão.**

Fonte: Autoria própria (2023)

O erro quadrado médio ($RMSE$) foi calculado para os modelos apresentados na Tabela 4, tendo sido verificado que apenas os modelos de Page e Aproximação da

Difusão apresentaram valores baixos, próximos de zero, sendo eles de 0,35 e 0,40, respectivamente.

Assim, verificou-se que os modelos de Page e Aproximação da Difusão foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais, devido ao fato de apresentarem R^2 próximo de 1 e baixos valores de *RMSE*. Nos trabalhos de Martins et al. (2015) para cinética de secagem de folhas de timbó, Radünz et al. (2011) para avaliação da cinética de secagem de carqueja e Martinazzo et al. (2007) para análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão, os dados experimentais foram ajustados a diversos modelos matemáticos, e apontaram que os modelos de Page e Aproximação da Difusão são adequados para descrever a secagem de folhas. Porém, em todos os estudos citados o modelo matemático que melhor se adequou a secagem de folhas foi o modelo de Midilli, que não apresentou ajuste aos dados experimentais da secagem das folhas de louro no presente estudo. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que, no presente trabalho, a umidade das folhas de louro entrou em equilíbrio com a do ar de secagem em um curto período de tempo, resultando na obtenção de poucos dados experimentais, já que o intervalo de pesagem das bandejas foi a cada 20 minutos, impactando no ajuste dos modelos.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da caracterização físico-química das folhas de louro secas.

Teor de Cinzas, %	4,15 ± 0,07
Teor de Lipídeos, %	2,54 ± 0,35
Teor de Proteínas, %	18,07 ± 0,29
Teor de Carboidratos totais, %	68,93 ± 0,20
pH	6,25 ± 0,05

Resultados apresentados como média ± desvio padrão.
Fonte: Autoria própria (2023)

Resultados semelhantes aos apresentados na Tabela 3 foram encontrados por Pereira (2014) para as características físico-químicas das folhas secas de louro: teor de cinzas 4,0%, teor de lipídeos 2,3% e teor de carboidratos totais 68,6%. No presente trabalho foi verificado maior teor de proteínas, 18,07%, em relação ao encontrado por Pereira (2014), que foi de 16,1%.

Verificou-se na Tabela 5 que os carboidratos totais foram os compostos mais abundantes nas folhas secas de louro, apresentando teor médio de 68,9%, o que já

era esperado já que neste grupo são incluídas as fibras, que correspondem a grande parte da composição das folhas (PEREIRA, 2014).

O teor de cinzas fornece uma medida quantitativa dos minerais presentes na amostra. Assim, no presente estudo, constatou-se que as folhas de louro apresentaram em média 4,1% de conteúdo mineral. Ainda, as folhas secas apresentaram baixo teor de lipídeos, cerca de 2,5%, e seu pH foi de 6,25, valor próximo à neutralidade, como esperado. Segundo Silva et al. (2018a) o pH das folhas de louro tende a apresentar pH ligeiramente ácido a neutro.

Algumas diferenças nos valores da composição nutricional do *Laurus nobilis* podem ser observadas no presente estudo quando comparadas com outros estudos como de Pereira (2014) e Silva et al. (2018a), as quais podem ser explicadas por diversos fatores como a variância genética, bem como por fatores como a produção, o clima, a conservação e as técnicas analíticas e de preparo utilizadas.

6 Conclusão

Concluiu-se que os extratos aquosos e hidroalcolócos de folhas de louro *in natura* obtidos por meio de maceração e uso de ultrassom não inibiram as cepas padrão de *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus cereus* (ATCC 11778) e *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028). Apesar de haver indicativo qualitativo de inibição dos microrganismos *E. coli* e *S. aureus* pelo extrato aquoso obtido por maceração, não foi possível mensurar sua inibição por meio da avaliação quantitativa para os extratos obtidos por maceração e ultrassom.

A secagem das folhas de louro mostrou rápido decaimento da umidade no início da operação, sendo que os modelos de Page e Aproximação da Difusão apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais.

Trabalhos avaliando o potencial antimicrobiano do óleo essencial obtido da folha de *Laurus nobilis*, comparando com o de extratos aquosos e hidroalcolócos são uma sugestão para estudos futuros, já que estudos como o de Silva (2018b) que avaliou o potencial antimicrobiano do óleo essencial de louro contra bactérias patogênicas encontradas em alimentos, mostrou que o óleo essencial de louro apresentou atividade antimicrobiana contra todas as bactérias testadas. Outra sugestão seria a realização da secagem das folhas de louro com pesagens em menores intervalos de tempo, já que como visto no presente estudo, o equilíbrio com o ar de secagem ocorre em um curto período de tempo, o que resultou em poucos dados experimentais.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, J.M. The Page equation as applied to food systems. **Journal of Food Engineering**, v. 40, n. 4, p. 179-186, 1999.
- ALBAYRAK, S.; AKSOY, A.; SAGDIC, O.; ALBAYRAK, S. Antioxidant and antimicrobial activities of different extracts of some medicinal herbs consumed as tea and spices in Turkey. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 5, p. 547–554, 2012.
- AL-HUSSAINI, R.; MAHASNEH, A. M. Antibacterial and Antifungal Activity of Ethanol Extract of Different Parts of Medicinal Plants in Jordan. **Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 1, p. 57-69, 2011.
- ANDRADE, E. T.; BORÉM, F. M. **Modelagem matemática e simulação aplicados na secagem do café**. In: BORÉM, F. M. (Ed.). Pós-colheita do café. Lavras: UFLA, 2008. p. 301- 347.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Metodologia dos Testes de Sensibilidade a Agentes Antimicrobianos por Diluição para Bactéria de Crescimento Aeróbico**. Norma aprovada M7-A6, ANVISA, v. 23, n. 2, 2005. 81 p.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Teste de Sensibilidade aos Antimicrobianos**. 2008. Disponível em: <https://www.anvisa.gov.br/servicos/controle/rede_rm/cursos/boas_praticas/modulo5/interpretacao.htm>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- BARA, M. T. F.; VANETTI, M. C. D. Estudo da atividade antimicrobiana de plantas medicinais, aromáticas e corantes naturais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 7-8, n. 1, p. 21-34, São Paulo, 1998.
- BERBERT, P. A.; QUEIROZ, D. M.; SILVA, J. S.; PINHEIRO FILHO, J. B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 3, p. 167-73, 1995.
- BERK, Zeki. **Food Drying: Science and Technology**. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2010.
- BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 32 – 38, Campinas, 2007.

- CARLESSO, V. DE O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F. DA; VIANNA, A. P.; DETMANN, E.; DIONELLO, R. G. Secagem de sementes de maracujá em camada delgada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 444-448, 2005.
- CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetale. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanità**, v. 41, n. 1, p. 7-16, 2005.
- CHEMAT, F.; ZILL E, H.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, n. 4, p. 813-835, 2011.
- CIOLIN, I. H. de M. R.; ANTUNES, C. W.; LENHARD, D. C.; GARCIA, C. C. Rehydration Kinetics of Dehydrated Berries. **Engenharia Agrícola**, v. 41, n. 3, p. 389-395, maio/jun. 2021.
- CORBIN, C.; FIDEL, T.; LECLERC, E. A.; BARACZOY, E.; SAGOT, N.; FALGUIÉRES, A.; RENOUEAU, S.; BLONDEAU, J. P.; FERROUD, C.; DOUSSOT, J.; LAINÉ, E.; HANO, C. Development and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum* L.) seeds. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 26, p. 176–185, 2015.
- CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion**. 2^a Ed. Clarendon Press, 1975.
- DAGLIA, M. Polyphenols as antimicrobial agents. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, n. 2, p. 174–181, 2012.
- DALPASQUALE, V. A.; SPERANDIO, D. Modelo de simulação de secagem de produtos agrícolas usando entalpia do ar constante. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 726-731, 2010.
- DERWICH, E.; BENZIANE, Z.; BOUKIR, A. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Leaves Essential oil of *Laurus nobilis* from Morocco. **Australian Journal of Basic Applied Sciences**, v. 3, n. 4, p. 3818-3824, 2009.
- ELAISSI, A.; SALAH, K. H.; MABROUK, S.; LARBI, K. M.; CHEMLI, R.; HARZALLAH-SKHIRI, F. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils from fifteen eucalyptus species grown in the korbous and jbel Abderrahman arboreta, North East Tunisia. In: **Technological Innovation in Pharmaceutical Research Vol. 5**. [s.l.] Book Publisher International (a part of SCIENCEDOMAIN International), 2021. p. 69–81.

- EMAM, A. M.; MOHAMED, M. A.; DIAB, Y. M.; MEGALLY, N. Y. Isolation and structure elucidation of antioxidant compounds from leaves of *Laurus nobilis* and *Emex spinosus*. **Drug Discovery & Therapeutics**, v. 4, n. 3, p. 202–207, 2010.
- ESPADA-BELLIDO, E.; GARCÍA, M. C.; PALMA, C.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M.; FRENÁNDEZ-LÓPEZ, J.; GARCÍA-ALONSO, F. J.; ALMAJANO, M. P. Optimization of the ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds in mulberry (*Morus nigra*) pulp. **Food Chemistry**, v. 219, p. 23–32, 2017.
- FALADE, O. K.; ABBO, S. E. Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 724-730, 2007.
- FILHO, A. F. S.; SILVA D. A.; SILVA L. H. M.; RODRIGUES A. M. C. Avaliação da extração assistida por ultrassom de compostos bioativos das folhas de chicória (*Eryngium foetidum* L.) e cariru (*Talinum triangulare* Jacq. Willd) / Evaluation of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from amazonian chicory (*Eryngium foetidum* L.) and cariru (*Talinum triangulare* Jacq. Willd) leaves. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 118256–118270, 2021.
- FIRUZI, O.; ASADOLLAHI, M.; GHOLAMI, M.; JAVIDNIA, K. Composition and biological activities of essential oils from four Heracleum species. **Food Chemistry**, v. 122, n. 1, p. 117–122, 2010.
- GARCIA, C. C. **Avaliação da desidratação de mamão utilizando métodos combinados**, 2012. 45f. Dissertação (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2012.
- GINER, S. A.; MASCHERONI, R. H. Diffusive drying kinetics in wheat, Part 2: applying the simplified analytical solution to experimental data. **Postharvest Technology**, v. 81, n. 1, p. 85-97, 2002.
- GIZIR, A. M.; TURKER, N.; ARTUVAN, E. Pressurized acidified water extraction of black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) anthocyanins. **European Food Research and Technology**, v. 226, p. 363-370, 2008.
- GONCALVES, R. **Como plantar Louro - Laurus nobilis L. - Confira as dicas**, 2020. Disponível em: <<https://projetojardinando.com.br/louro/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária e Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014.

GONZÁLEZ-CENTENO, M. R.; COMAS-SERRA, F.; FEMENIA, A.; ROSSELLÓ, C.; SIMAL, S. Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): experimental kinetics and modeling. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 22, p. 506–514, 2015.

GÜLÇİN, İ. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives of Toxicology**, v. 86, n. 3, p. 345–391, 2012.

HUANG, Y.; FENG, F.; JIANG, J.; QIAO, Y.; WU, T.; VOGLMEIR, J.; CHEN, Z. G. Green and efficient extraction of rutin from tartary buckwheat hull by using natural deep eutectic solvents. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1400-1405, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro**. 2017. Disponível em:

<https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76334>. Acesso em: 20 abr. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008. Disponível em:

<<https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

ISQUIERDO, E. P. **Cinética de secagem de café natural e suas relações com a qualidade para diferentes temperaturas e umidades relativas do ar**. 2011. 157f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

ISQUIERDO, E. P.; BORÉM, F. M.; ANDRADE, E. T.; CORREA, J. L. G.; OLIVEIRA, P. D.; ALVES, G. E. Drying kinetics and quality of natural coffee. **Transactions of the ASABE**, v. 56, n. 1, p. 1003–1010, 2013.

KHALED KHODJA, Y.; DAHMOUNE, F.; BACHIR BEY, M.; MADANI, K.; KHETTAL, B. Conventional method and microwave drying kinetics of *Laurus nobilis* leaves: effects on phenolic compounds and antioxidant activity. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2019214, 2020.

KROKIDA, M. K.; MARINOS-KOURIS, D. Rehydration kinetics of dehydrated products. **Journal of Food Engineering**, v. 57, n. 1, p. 1-7, 2003.

LORENZI, Harri; MATOS, Francisco José de Abreu. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ª ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 544p.

- LUZZI, J. C. **Atividade antimicrobiana do extrato etanólico de folhas de louro – *Laurus nobilis L.* - frente as bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella enteritidis*.** 2010. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Industrial). Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2010.
- MARINO, M.; BERSANI, C.; COMI, G. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. **International Journal of Food Microbiology**, v. 67, n. 3, p. 187–195, 2001.
- MARQUARDT, D. W. na Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. **Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics**, v. 11, p. 431–441, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1137/0111030>.
- MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. de C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 301-306, 2007.
- MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN, C. P. F.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 238–244, Campina Grande, 2015.
- MENDES, L. P. M.; MACIEL, K. M.; VIEIRA, A. B. R.; MENDONÇA, L. C. V.; SILVA, R. M. F.; ROLIM NETO, P. J.; BARBOSA, W. L. R.; VIEIRA, J. M. S. Atividade antimicrobiana de extratos etanólicos de *Peperomia pellucida* e *Portulaca pilosa*. **Revista de Ciência Farmacêutica Básica e Aplicada**, v. 32, n. 1, p. 1-6, 2011.
- MEREGALLI, M. **Estudo comparativo de diferentes métodos de extração de compostos bioativos da casca do araçá vermelho (*Psidium cattleianum sabine*)**, 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2017.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 1, p. 1503-1513, 2002.
- MINJARES-FUENTES, R.; BRIONES-LABARCA, I.; SÁNCHEZ-VEGA, E.; ASTUDILLO-CASTRO, C. E.; FREDES-CIFUENTES, C.; VERGARA-BALDERAS, C.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, F. J. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 106, p. 179-189, 2014.

- MOTA, L. M.; GALES, A. C.; GUIMARÃES A. C. P.; COSTA, S. F.; ROSSI, F.; PIGNATARI, A. C. Uso racional de antimicrobianos. **Medicina (Ribeirão Preto Online)**, v. 43, n. 2, p. 164–172, 2010.
- MUJUMDAR, A. S. A review on the Page model of drying: A theoretical analysis. **Drying Technology**, v. 24, n. 6, p. 667-673, 2006.
- NAJAFABADI, F. A.; LATIFI, H.; ENAYATI, A. A. Comparison of Page and modified Page models to predict drying kinetics of beech wood (*Fagus orientalis* L.). **Wood Science and Technology**, v. 47, n. 5, p. 941-953, 2013.
- NATIONAL COMMITTEE FOR CLINICAL LABORATORY STANDARDS. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically**. Approved standard M7-A4. Wayne, Pa: National Committee for Clinical Laboratory Standard, 1997.
- NAVIGLIO, D.; FERRARA, L. **Tecniche estrattive solido-liquido**. Teoria e pratica. Roma: Aracne, 2008.
- NAVIGLIO, D.; PIZZOLONGO F.; ROMANO, R.; FERRARA, L.; NAVIGLIO, B.; SANTINI, A. An innovative solid-liquid extraction technology: use of the Naviglio extractor for the production of lemon liquor. **African Journal of Food Science**, v.1, p. 42-50, 2007.
- NOVELLO, Z. **Extração e caracterização química de extratos obtidos de matrizes vegetais utilizando n-butano pressurizado como solvente**. 2015. 75f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2015.
- OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 4.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 940p.
- OSTROSKY, E. A.; MIZUMOTO, M. E.; LIMA, A. L.; KANASHIRO, R. K.; SOUZA, A. E.; UEDA-NAKAMURA, C. S.; DIAS FILHO, B. P.; NAKAMURA, C. V. Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração mínima inibitória (CMI) de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 2, p. 301-307, 2008.
- OUCHIKH, O.; CHAHED, T.; KSOURI, R.; TAARIT, M. B.; FALEH, H.; ABDELLEY, C.; KCHOUK, M. E.; MARZOUK, B. The effects of extraction method on the measured tocopherol level and antioxidant activity of *L. nobilis* vegetative organs. **Journal of Food Composition and Analysis: an official publication of the United Nations**

- University, International Network of Food Data Systems**, v. 24, n. 1, p. 103–110, 2011.
- PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 4, p. 349-357, 2002.
- PEREIRA, L. **Caraterização química de folhas e atividade antioxidante de extratos de *Laurus sp.*** 2014. 79f. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2014.
- POLITEO, O.; JUKIĆ, M.; MILOŠ, M. Chemical composition and antioxidant activity of free volatile aglycones from laurel (*Laurus nobilis* L.) compared to its essential oil. **Croatia Chemica Acta**, v. 80, n. 1, p. 121-126, 2007.
- PROENÇA DA CUNHA, A.; RIBEIRO, J. A.; ROQUE, O. R. **Plantas aromáticas em Portugal caracterização e utilizações**. 2d Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.
- QUASSINTI, L.; BRAMUCCI, M.; LUPIDI, G.; BARBONI, L.; RICCIUTELLI, M.; SAGRATINI, G.; PAPA, F.; CAPRIOLI, G.; PETRELLI, D.; VITALI, L. A.; VITTORI, S.; MAGGI, F. In vitro biological activity of essential oils and isolated furanosesquiterpenes from the neglected vegetable *Smyrniololus atrum* L. (Apiaceae). **Food Chemistry**, v. 138, n. 2–3, p. 808–813, 2013.
- RADÜNZ, L. L.; AMARAL, A. S.; MOSSI, A. J.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P. Avaliação da cinética de secagem de carqueja. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 1, p. 19-27, 2011.
- RAMOS, C.; TEIXEIRA, B.; BATISTA, I.; MATOS, O.; SERRANO, C.; NENG, N. R.; NOGUEIRA, J. M. F.; NUNES, M. L.; MARQUES, A. Antioxidant and antibacterial activity of essential oil and extracts of bay laurel (*Laurus nobilis* Linnaeus (Lauraceae) from Portugal. **Natural Product Research**, v. 26, n. 6, p. 518-529, 2012.
- REISSIG, G.N. **Geleias convencionais e diet de araçá e de pitanga: estabilidade no processamento e armazenamento**. 2015. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2015.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.

- RUDY, S.; DZIKI, D.; KRZYKOWSKI, A.; GAWLIK-DZIKI, U.; POLAK, R.; RÓZYLO, R.; KULIG, R. Influence of pre-treatments and freeze-drying temperature on the process kinetics and selected physico-chemical properties of cranberries (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 497-503, 2015.
- SAGDIÇ, O.; ÖZCAN, M. Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. **Food Control**, v. 14, n. 3, p. 141-143, 2003.
- SANTOS, M. C. Q.; CARVALO, L. M. A.; AZEVEDO, M. M. M.; PAZ, M. C. F. Os usos dos diferentes tipos de extratos para cada tipo de microorganismo: uma revisão da literatura. In: III Congresso Brasileiro de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde, 2022, São Paulo. **Anais do III Congresso Brasileiro de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde**. São Paulo: Revista de Práticas Integrativas e Complementares, 2022. p. 123-128.
- SANTOYO, S.; LLORÍA, R.; JAIME, L.; IBAÑEZ, E.; SEÑORÁNS, F. J.; REGLERO, G. Supercritical fluid extraction of antioxidant and antimicrobial compounds from *Laurus nobilis* L. chemical and functional characterization. **European Food Research and Technology**, v. 222, n. 5–6, p. 565–571, 2006.
- SHAN, B.; CAI, Y.-Z.; BROOKS, J.; CORKE, H. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 117, p. 112-119, 2007.
- SILVA, C. D. A.; GARCIA, V. A. DOS S.; FRANCISCATO, L. M. S. DOS S. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from Litchia peels (*Litchi chinensis* Sonn.). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 18, p. 81-96, 2016.
- SILVA, E. C. A.; SILVA M. C. C.; SILVA, I. S. S.; MARTINS, A. C.; SOARES, J. K. B. Caracterização físico-química da flor de hibisco (*Rosa-sinensis* L.) e folhas de louro (*Laurus nobilis* L.) utilizados como fitoterápicos e no consumo alimentar. In: **III CONBRACIS**, 2018a, Campina Grande. Anais online...Campina Grande: Realize Editora. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/40885>>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- SILVA, J. R.; RIBEIRO, D. A.; SILVA, P. A.; BEZERRA, R. G. O.; LIMA, E. O.; TEIXEIRA E. H.; SILVA, M. F. G. F. Potencial antimicrobiano do óleo essencial de louro contra bactérias patogênicas encontradas em alimentos. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 4, p. 1356-1362, 2018b.

- SKERGET M.; KOTNIK P.; HADOLIN M.; HRAS A. R.; SIMONIC M.; KNEZ Z. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oils extracted from *Laurus nobilis* L. leaves by using solvent-free microwave and hydrodistillation. **Food and Nutrition Sciences**, v. 05, n. 02, p. 97–106, 2014.
- SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011.
- SOUZA, B. A.; PIAS, K. K. S.; BRAZ, N. G.; BEZERRA, A. S. Aditivos Alimentares: Aspectos Tecnológicos e Impactos na Saúde Humana. **Revista Contexto & Saúde**, v. 19, n. 36, p. 5–13, 2019.
- SOYSAL, Y.; ÖZTEKIN, S. Equilibrium moisture content equations for some medicinal and aromatic plants. **Journal of Agricultural Engine**, v. 74, n. 3, p. 317-324, 1999.
- TAO, Y.; WU, D.; ZHANG, Q. A.; SUN, D.W. Ultrasound-assisted extraction of phenolics from wine lees: Modeling, optimization and stability of extracts during storage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, n. 2, p. 706-715, Mar. 2014.
- VAGIONAS, K., GRAIKOU, K., NGASSAPA, O., RUNYORO, D., CHINO, I. Composition and antimicrobial activity of the essential oils of three Satureja species growing in Tanzania. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 319–324, 2007.
- VIEIRA, G.S. **Estudo dos processos de extração de Antocianinas da polpa de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) e da concentração do extrato por nanofiltração**. 2015. 249f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2015.
- ZHANG, Q. W.; LIN, L. G.; YE, W. C. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. **Chinese Medicine**, v. 13, n. 1, p. 1–26, 2018.