

OBTENÇÃO DE OLEORESINA DE CAPSAICINA PELA TECNOLOGIA SUPERCRÍTICA PARA USO COMO PRESERVATIVO NATURAL DE MADEIRA PINUS SP.

Gabriel Sauhi de Barros (IC) e Maria Thereza de Moraes Gomes Rosa (Orientadora).

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

A oleoresina de capsaicina, extraída a partir da pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*), pode ser empregada como preservativo na madeira do gênero *Pinus sp.* contra o ataque de fungos apodrecedores. Para o preparo das amostras, foi realizado a secagem da pimenta em uma estufa de circulação forçada de ar e na sequência, as amostras foram moídas em um moinho de facas e peneiradas através de um agitador de peneiras, visando homogeneizar e reduzir a resistência à transferência de massa. A extração da oleoresina de pimentas foi efetuada através do CO₂ supercrítico, que apresenta altas densidades, difusividade intermediária entre gases e líquidos e viscosidades baixas, características de gases, deste modo, quando empregado como solvente, proporcionam taxas elevadas de rendimentos para extração. Com base na bibliografia estudada, as amostras de pimenta malagueta foram submetidas a condição otimizada de extração (25 MPa e 40 °C), com a finalidade de obter-se maiores concentrações de extratos. A partir da extração supercrítica (SFE), efetuada em uma unidade dinâmica de extração, da pimenta malagueta na condição otimizada de extração, verificou-se um rendimento de cerca de 5,875% do extrato de oleoresina de capsaicina, apresentando um desvio de 0,15%. Já em relação a capsaicina, obteve-se 18,5 mg de capsaicina/ g de extrato.

Palavras-chave: *Capsicum frutescens*, oleoresina de capsaicina, extração supercrítica

ABSTRACT

The capsaicin oleoresin, extracted from Malagueta pepper (*Capsicum frutescens*), can be used as a preservative in the wood of the genus *Pinus sp.* against the attack of rotting fungi. For the preparation of the samples, the pepper was dried in a forced air circulation oven and then the samples were ground in a knife mill and sieved through a sieve shaker, in order to homogenize and reduce the resistance to transfer of mass.

The extraction of oleoresin from peppers was carried out using supercritical CO₂, which has high densities, intermediate diffusivity between gases and liquids and low viscosities, characteristics of gases, in this way, when used as a solvent, they provide high rates of yields for extraction. Based on the bibliography studied, the chilli pepper samples were submitted to an optimized extraction condition (25 MPa and 40 °C), in order to obtain higher concentrations of extracts. From the supercritical extraction (SFE), performed in a dynamic extraction unit, of the chilli pepper in the optimized extraction condition, a yield of about 5.875% of the capsaicin

oleoresin extract was verified, with a deviation of 0.15 %. Regarding the extraction of capsaicin, 18.5 mg of capsaicin / g of extract were obtained.

Keywords: Capsicum frutescens, capsaicin oleoresin, supercritical extraction

1 INTRODUÇÃO

A madeira é o produto mercantil florestal predominante no mercado e possui inúmeras aplicações. O lenho de uma árvore é composto principalmente por polímeros naturais: celulose, hemiceluloses e lignina, que podem ser utilizados como matéria-prima.

A madeira é degradada naturalmente por organismos xilófagos, visto que, estes se alimentam dos polímeros naturais da parede celular, alterando a resistência mecânica e a densidade da madeira. A durabilidade natural da madeira é definida como a capacidade de resistir a ação de agentes degradadores, biológicos ou físico-químicos.

Devido aos efeitos prejudiciais da deterioração da madeira, a utilização de preservativos torna-se necessária para promover um prolongamento da resistência aos organismos deterioradores. Os preservativos sintéticos mais utilizados são a base de sais solúveis em água e compostos químicos com desempenho de inseticida e fungicida. Este tratamento ocorre por fixação dos sais no interior da madeira, produzindo compostos insolúveis de difícil lixiviação, em virtude da formação de complexos com os polímeros naturais.

O uso de preservativos químicos promove aumento da resistência da madeira aos organismos deterioradores. Entretanto, devido as características tóxicas dos preservativos sintéticos há uma busca pela substituição desses produtos, desta forma, uma alternativa é a utilização de preservativos naturais no tratamento da madeira, visto que estes geram menor impacto ambiental e são menos nocivos aos seres vivos. Os preservativos devem apresentar, preferencialmente, nenhuma toxidez e alto rendimento de proteção na madeira, evitando a decomposição química por intempéries, além da estabilidade em relação as alterações das características físicas e mecânica da madeira, com isso, uma possibilidade ecologicamente aceitável é a utilização dos preservativos naturais, uma vez que estes não deixam resíduos ao meio ambiente e são inofensivos a saúde humana e animal.

1.1 Problemas da pesquisa

A madeira é naturalmente degradada por organismos xilófagos, que utilizam os polímeros naturais da parede celular como fonte de nutrição. A capacidade de resistir a ação de agentes degradadores, biológicos ou físico-químicos, é o que define a durabilidade natural da madeira.

É convencional a utilização de preservativos químicos para aumentar a durabilidade da madeira, estes compostos químicos são a base de metais pesados e devido aos impactos

ambientais e riscos à saúde por serem tóxicos, há uma busca por materiais que possam substituí-los. Os preservativos naturais são uma possibilidade ecologicamente aceitável, uma vez que estes preservativos não deixam resíduos ao meio ambiente, são inofensivos à saúde humana e animal e apresentam resultados satisfatórios em relação à proteção da madeira.

1.2 Objetivo

O objetivo do presente trabalho foi estudar a viabilidade do uso da oleoresina de capsaicina, extraída a partir da pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*), como preservativo na madeira do gênero *Pinus sp.* contra o ataque de fungos apodrecedores. A obtenção da oleoresina de capsaicina ocorreu pelo método de extração com fluido supercrítico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Madeira

A madeira é um material de origem biológica, constituída por uma matéria heterogênea e anisotrópica processada a partir da árvore. É formada pelas paredes rijas e resistentes das células mortas do lenho, embora seja possível a utilização da madeira resultante das desramas, grande parte do material lenhoso origina-se do tronco da árvore. Além de constituir para a sustentação do organismo vegetal, o tronco exerce o deslocamento das matérias necessárias para o processo de fotossíntese e o armazenamento de substâncias elaboradas e de água, durante os períodos de menor atividade fisiológica ou mesmo repouso.

A madeira é uma excelente matéria-prima devido à alta resistência, peso elevado, durabilidade e solidez, com isso, acaba sendo utilizada em grande escala. Além disso, atualmente vem aumentando a preocupação em relação aos métodos utilizados na preservação e tratamento da madeira, no sentido de um comportamento menos agressivo ao meio ambiente e menos tóxica aos seres vivos (CRUZ e NUNES, 2005).

2.1.1 Características da madeira do gênero *Pinus*

Segundo Lima (1988), o gênero *Pinus*, pertence à família das *Pinaceae*, é composto por plantas lenhosas, geralmente arbóreas, com variação de altura entre 3 a 50 m. As plantas possuem tronco reto, cuja forma se assemelha a um cilíndrico e a copa apresenta forma cônica. As folhas são aciculadas, ou seja, elas apresentam forma pontiagudas, auxiliando em temperaturas mais baixas com a presença de neve, e são agrupadas em fascículos. Ela manifesta coloração no cerne entre amarelo-claro ao alaranjado ou castanho-avermelhado. A massa específica da madeira varia entre 400 a 520 kg.m⁻³, a 15% de umidade. A atuação do calor na madeira pode ocasionar diferentes níveis de transformações na estrutura, as quais estão correlacionadas ao fenômeno de pirólise. Esse fenômeno degrada a madeira, devido à ausência de agentes oxidantes ou de catalisadores (BRITOS, 1992).

Segundo Gorini (2011), o gênero *Pinus* é frequentemente utilizado na produção de móveis, devido a facilidade de manuseio. Por conta das crescentes preocupações com o desmatamento e a utilização de madeira ilegal, ampliaram-se medidas restritivas na esfera ambiental ao uso de madeiras de lei, logo, expandiram-se a importância no comércio internacional das madeiras de reflorestamento como o *pinus* e o *eucalyptus*. No Brasil, a madeira reflorestada, apesar da sua baixa competitividade, ainda não é empregada em seu potencial pleno, pois grande parte das florestas plantadas são exploradas visando à produção de fibra de celulose. Nesse ínterim, indústrias brasileiras estão se adequando as novas tendências através da viabilização da variação das madeiras reflorestadas e a fabricação de produtos intermediários destinados à indústria moveleira e à construção civil.

2.1.2 Deterioração da madeira por organismos xilófagos

A deterioração da madeira ocorre principalmente por organismos xilófagos como: insetos, fungos, moluscos, crustáceos e bactérias (MENDES e ALVES, 1988). O apodrecimento da madeira motivada pelos fungos ocorre pela decomposição ou aparição de manchas na madeira, criando condições de deterioração química e biológica, com isso, os acabamentos de superfície são destruídos e acaba ocorrendo grande perda econômica no produto (KOLLMAN e CÔTE, 1968). Segundo Levy (1979), os fungos que decompõem a madeira são divididos em cinco classes: podridão branca, podridão parda, podridão mole, manchadores e bolores. Sendo que as três primeiras classes citadas são conceituadas como fungos de apodrecimento, além de serem responsáveis pela perda da resistência da madeira.

Com o aumento dos fungos em ambientes propícios, ou seja, com grande umidade e mofo, verifica-se a manifestação de esporos em grande quantidade, apresentando efeitos nocivos à saúde dos ocupantes da área. Segundo Fisk, Eliseeva e Mendell (2010) a umidade e o mofo dentro dos estabelecimentos estão relacionados com aumentos significativos de infecções respiratórias e bronquite nos usuários. Para os autores, o controle e a prevenção dos mofos e umidades são essenciais para evitarem danos à saúde.

Os insetos xilófagos mais comuns na agressão das madeiras são os cupins e as brocas-de-madeira, cuja forma adulta são os besouros. Os ovos do inseto são depositados próximo a superfície da madeira e as larvas formam pequenos casulos, que após alguns dias afloram os insetos na forma adulta (WATT; COLSTON; SPALDING, 2000). Segundo Moreschi (2013), os cupins mais comuns no Brasil são de solo ou subterrâneos (*Rhinotermitidae*) e de madeira seca (*Kalotermitidae*), eles são adaptados a diferentes circunstâncias de apodrecimento da madeira.

2.2 Preservativos

Os produtos utilizados na preservação química de madeira são identificados como preservativos. Segundo Mendes e Alves (1988), para um preservativo ser considerado

eficiente, é necessário boa toxidez a organismos xilófagos; não ser volátil nem lixiviável; não se decompor nem se alterar e ter alta permanência na madeira; não ser corrosivo; não ser inflamável; não deve prejudicar as propriedades físicas e mecânicas da madeira; deve ser inodoro e seguro em relação ao homem e ao meio ambiente; ter custo acessível e estar disponível no mercado.

2.2.1 Preservativos Químicos Sintéticos Tradicionais

Do mesmo modo que outros materiais de construção e acabamentos, os produtos preservativos devem ser analisados quanto à toxicidade e aos danos causados à qualidade do ar nos ambientes e a saúde dos usuários. Os preservativos abrangem três grandes áreas no processamento da madeira: proteção contra insetos, proteção contra fungos e proteção contra incêndios (NINNEWITZ, et al, 2008).

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), os principais produtos de preservação da madeira em ação prolongada são: o creosoto, o pentaclorofenol, o CCA (Cromo – Cobre – Arsênio) e o CCB (Cromo – Cobre – Boro), estes produtos são responsáveis por 80% do tratamento da madeira no mundo. Além disso, a norma destaca algumas maneiras de aplicação dos preservativos como: pincelamento, aspersão, pulverização, imersão, banho quente-frio, substituição de seiva e autoclave. Destaca-se o processo de autoclave produzido em usinas de preservação por meio de equipamento que gera de maneira alternada, vácuo e pressão, assim, permitindo que o preservativo químico penetre profundamente e de maneira homogênea nas fibras de madeira (FAGUNDES, 2003).

O preservativo a ser utilizado depende da espécie botânica, porque deve satisfazer o tipo de tratamento desejado, da umidade da madeira no momento do tratamento, do processo de aplicação do produto e dos parâmetros de qualidade necessários (retenção e penetração do produto preservativo na madeira). Ademais, necessita atender à classe de risco, determinada em função da durabilidade natural, tratabilidade e riscos biológicos aos quais o material estará exposto (BRAZOLIN et al., 2004).

O início da utilização do creosoto mineral como preservativo ocorreu em 1838. O creosoto possui coloração escura e alta viscosidade em temperatura ambiente, é resistente à lixiviação e extremamente eficiente como inseticida e fungicida. Ainda que o produto apresente eficácia e baixo custo, ele demonstra alta toxicidade e problemas de excesso na superfície tratada, assim, acaba provocando danos à saúde como a irritação de pele, caso a pessoa tenha contato com ele. Mesmo assim, o creosoto é um dos principais preservativos utilizados em madeiras empregadas em construção de postes, dormentes, mourões, e outras peças estruturais (SILVA, 2007).

O lançamento de gases prejudiciais à saúde são exemplos de toxicidade do preservativo no setor de armazenagem de postes recém tratados. As emissões de compostos

orgânicos voláteis (COVs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) neste setor se mostram intensas nos primeiros dias pós-tratamento, reduzindo-se proporcionalmente até a estabilização a partir do oitavo dia. No momento em que o produto é aplicado, há uma enorme emissão de benzeno, que é um carcinogênico comprovado por ser uma substância genotóxica capaz de provocar mutações no DNA e causar diversos tipos de câncer (leucemia, linfomas, mielomas), podendo atingir a um nível quase sete vezes mais alto do que o valor considerado como limite de exposição (GALLEGO et al., 2008).

A importância como preservativo ocorre, principalmente, devido a alta toxidez aos agentes xilófagos e a excelente resistência a lixiviação, pois apresenta características que o torna praticamente insolúvel em água à temperatura ambiente. Esse composto cristalino é comercializado na forma de pequenas escamas, que pode ser dissolvido em inúmeras substâncias orgânicas, por exemplo: álcool, éter, acetona, querosene, etc. Normalmente, o pentaclorofenol é dissolvido no óleo em um teor de 5% (massa/massa). A escolha do solvente é feita em função da finalidade da aplicação e suas características influenciam diretamente na eficiência do produto. Apesar das vantagens citadas, este produto apresenta alta toxicidade ao meio ambiente e aos seres neste contido, conseqüentemente sendo extremamente prejudicial à saúde dos seres humanos. Por esses fatos, o Pentaclorofenol não é legalmente utilizado em vários países, inclusive o Brasil; somente o seu sal sódico (pentaclorofenato de sódio) ainda é utilizado na prevenção contra fungos. (SILVA, 2007).

O arseniato de cobre cromatado (CCA), também conhecido como Celcure, é o produto hidrossolúvel mais utilizado como preservativo. Este preservativo pode ser empregado de inúmeras maneiras, variando a porcentagem de cobre, cromo e arsênio. O cromo quando introduzido na madeira, provoca a precipitação de grande quantidade de cobre e arsênio, reagindo com a madeira e tornando-os praticamente insolúveis. Por conta da fixação estimulada pelo cromo, o arsênio torna-se agente inseticida e o cobre, agente fungicida. Entretanto, antes da aplicação do tratamento preservativo, a madeira deve estar descascada e seca. Além disso, é necessário o armazenamento durante duas a três semanas para a total fixação dos químicos ativos. Entretanto, o preservativo já foi banido em vários países como Japão, Indonésia, Suécia e Dinamarca, por ser considerado extremamente tóxico (classe I). Essa classificação ocorre devido ao cromo ser um metal pesado e o arsênio, um elemento muito nocivo ao ser humano.

O borato de cobre cromatado, conhecido também como Celcure, é um preservativo que surgiu na Alemanha com o intuito de substituir as funções do arsênio no CCA devido a sua toxicidade. No entanto, o CCB apresenta perda quanto à resistência à lixiviação, assim, provocando uma grande queda na eficiência contra agentes xilófagos (SILVA, 2005). Segundo Kats e Salem (2005), o cobre também é extremamente prejudicial à saúde e ao meio ambiente, principalmente, em relação ao meio aquático.

2.2.2 Preservativos naturais

Devido a necessidade de preservação e controle das pragas da madeira, e a preocupação com os preservativos químicos nocivos ao ser humano, há uma crescente estimulação ao uso de produtos alternativos naturais, com toxicidade inferior ou nula em comparação aos sintéticos, com o objetivo de aumentar a durabilidade do material e, conseqüentemente, a vida útil, com efeitos mínimos aos seres vivos e ao meio ambiente (STUMPP, 2006). Segundo Moraes (1996a), a preservação natural da madeira é a aplicação de preservativos naturais nela, visando evitar a ação de agentes deterioradores, conservando-a sem o contato do solo e sem contato das fontes úmidas.

Além do uso de extratos vegetais como agentes xilófagos, um outro preservativo natural é a introdução de inimigos naturais para o controle das espécies de pragas (COSTA E THORNE, 1995).

Ricinus communis, óleo de mamona, é uma óleo-resina obtida a partir da folha da mamona. Em um estudo realizado por Stumpp (2006), o óleo demonstrou bom desempenho no controle do cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), tendo em alguns ensaios uma taxa de mortalidade de 100% em corpos de prova de madeiras da espécie *Pinus spp*, além de apresentar excelente resistência ao intemperismo, retendo 100% da massa do preservativos, o produto pode ser utilizado em ambientes internos ou externos. Entretanto, vale ressaltar que a eficiência da óleo-resina de mamona pode decair ao decorrer do tempo (STUMPP, 2006).

Segundo Machado (2006), a substância azadirachtina, presente em grande concentração no óleo de nim, pode ter atuação anti-alimentar, sendo capaz de levar a um efeito fago-inibidor e fago-repelente, impedindo que os organismos xilófagos ataquem a madeira. Todos os produtos à base de nim, além de serem totalmente naturais, são atóxicos para os seres vivos e ao meio ambiente. Os Frutos, sementes, óleo, folhas, cascas e raízes do nim dispõem de inúmeras aplicações como antissépticos e antimicrobianos. Pesquisas apontam que o óleo é eficaz contra fungos, parasitas, insetos, algumas bactérias e vírus (ARAÚJO et al., 2000; NEVES et al., 2003; MACHADO et al., 2006; RAHHAL et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009; PAES et al., 2010). Entretanto, Segundo Paes et al. (2010), o óleo de nim puro, apresenta pequena eficiência no tratamento de madeira contra cupins xilófagos, apesar de apresentar efeito de repelência, este não foi duradouro.

De acordo com Cannas (1999) os taninos são compostos oligoméricos formado por unidades de estruturas múltiplas com grupos fenólicos livres, solúveis em água e com a propriedade de se ligar a proteínas originando outros complexos. Comercialmente já está um antimofa natural a base de tanino recomendado para tratamento de madeiras verdes recém serradas. O preservativo demonstra alta eficiência no pré-tratamento da madeira verde além de é possuir baixo odor, é biodegradável, possui fácil manuseio, não gera vapores tóxicos,

não é inflamável, é totalmente hidrossolúvel e natural, não contendo compostos tóxicos como fenóis clorados ou bromados, entre outros. Testes realizados pela empresa que elabora o antimoho natural evidenciam que 95% das tábuas analisadas tiveram índice de 0% de formação de mofo em condições altamente favoráveis (REMADE, 2006).

2.3 Preservativo natural a base de capsaicina

As pimentas do gênero *Capsicum* pertencem à família *Solanaceae*, como o tomate, a batata, a berinjela e o jiló. Dentre as espécies do gênero *Capsicum* destacam-se: *Capsicum annuum*; *Capsicum baccatum*; *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens* e *Capsicum pubescens*, devido ampla produção e utilização pelo homem. No Brasil, apenas a *Capsicum pubescens* não é cultivada (REIFSCHNEIDER; RIBEIRO, 2008). O gênero *Capsicum* encontra-se na vasta riqueza cultural brasileira, compõem o valioso patrimônio genético da biodiversidade do país e são cultivadas em todo o território, com inúmeras variedades de tamanhos, cores, sabores e pungência (VILELA; RIBEIRO; MADAIL, 2008).

A oleoresina de pimentas evidencia em sua composição lipofílicos como: mono, di e triacilgliceróis, ácidos graxos livres, vitaminas lipossolúveis, pigmentos, óleos essenciais, resinas ácidas, terpenos e produtos de oxidação ou polimerização de terpenos, ceras, esteróis vegetais e, em maior ou menor quantidade, os capsaicinoides (CONTRERAS-PADILLA; YAHIA, 1998; ORDÓÑEZ; IBAÑEZ; TORRE, 2002; VESPER; NITZ, 1997). Segundo Suhaj (2006), a maioria destes compostos apresentam características benéficas aos seres humanos, por exemplo atividades antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral, portanto, apresenta importância farmacológica. Os capsaicinoides, sobretudo, estão naturalmente presentes em inúmeras espécies de pimenta do gênero *Capsicum*, o composto é responsável pelo sabor pungente característico, tendo em vista o principal representante a capsaicina. Além disso, os capsaicinoides auxilia no controle de diabetes, na inibição da absorção de lipídios e no alívio das dores (SURASSMO et al., 2010).

A concentração de capsaicinoides em pimentas picantes pode alterar consideravelmente dependendo de cada pimenta. As variedades menos picantes têm concentrações de capsaicinoides entre 0,003% e 0,01% em peso seco da pimenta. A concentração de capsaicinoides nas variedades levemente picantes está faixa de 0,01% a 0,3%, e as variedades muito picantes são caracterizadas por um teor de capsaicinoides acima de 0,3% do peso total, podendo chegar a 1% (PERUCKA; OLESZEK, 2000).

A pungência de pimentas pode ser determinada por quantificação dos capsaicinoides, expressa em miligramas de capsaicinoides por grama de pimenta (mg capsaicinoide/g pimenta) ou de maneira sensorial, expressa como Scoville Heat Unit (SHU). A percepção de pungência é variável entre indivíduos diferentes e afetada pelo hábito, visto que a diminuição na sensibilidade tem sido observada após a exposição continuada (ROZIN; MARK; SCHILLER, 1981).

Conforme mencionado anteriormente, os preservativos naturais apresentam baixa toxicidade e baixo impacto ambiental. Além disso, vale ressaltar que a aplicação da oleoresina a base de capsaicina contribui para o retardo do crescimento dos fungos, devido a ruptura da membrana celular (ZIGLIO, 2015).

2.4 Processo de extração

O procedimento mais tradicional de obtenção da oleoresina de pimentas, constitui-se a partir da extração da pimenta seca e moída com solventes orgânicos, geralmente o n-hexano (FERNÁNDEZ-TRUJILLO, 2007). Entretanto, devido a presença de resíduos de solvente no extrato, podem ocorrer efeitos nocivos à saúde humana.

Grande parte das técnicas de extração se embasa na extração de diferentes solventes e pela exposição ao calor e/ou agitação em pressão próxima à atmosférica. Métodos clássicos de extração a baixa pressão são a extração Soxhlet, maceração e hidrodestilação. Esses métodos de extração sob baixa pressão podem obter maior rendimento quando submetidos a tecnologias como ultrassom e micro-ondas (CHAN et al., 2011; ESKILSSON; BJÖRKLUND, 2000; VILKHU et al., 2008).

A natureza da estrutura lipofílica dos compostos presentes na oleoresina e a alta solubilidade destes em dióxido de carbono supercrítico, torna a extração supercrítica (SFE) mais apropriada para a obtenção extrato da oleoresina de pimenta, além de apresentar benefícios ambientais e de qualidade em relação às técnicas convencionais. O CO₂ é um solvente amplamente utilizado neste tipo de operação e encontra grande aplicação em processos de SFE (ESQUÍVEL et al., 1999; QUISPE-CONDORI et al., 2005). A capacidade de adquirir produtos de alta pureza é uma superioridade da SFE em comparação as técnicas convencionais como destilação ou uso de solventes líquidos, isto posto, ocasiona maior valor agregado. Esta vantagem é consequência da seletividade que o processo propõe, ajustando a solubilidade de compostos de interesse através do controle da pressão e temperatura (BRUNNER, 1994).

O CO₂ se encontra em temperatura e pressão ambiente em estado gasoso, portanto, uma simples despressurização da mistura de solvente e extrato é suficiente para ocorrer a separação, além do que os extratos resultantes são livres de solvente. Outra importante qualidade, apresenta alta difusividade no estado supercrítico, poder de solvatação ajustável e pressão e temperatura críticas amenas ($T_c = 31,1 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_c = 7,38 \text{ MPa}$). Em consequência dessas propriedades se torna ideal para a obtenção de extratos de alimentos e produtos naturais, uma vez que a SFE pode ser conduzida a baixas temperaturas e em meio livre de oxigênio, o que facilita a extração de compostos termolábeis (MENDIOLA et al., 2007). Vale ressaltar que a adição de pequenas quantidades de outros solventes, conhecidos como modificadores ou cossolventes, auxilia o CO₂ supercrítico em extrair compostos polares. (SMITH; WRIGHT; YONKER, 1988).

3 METODOLOGIA

3.1 Matéria-prima

A matéria prima utilizada foi a *Capsicum frutescens*, conhecida como pimenta malagueta (Figura 1), uma vez que Aguiar (2015), após analisar vinte diferentes pimentas compreendidas em quatro espécies (*Capsicum chinense*, *Capsicum annum*, *Capsicum frutescens* e *Capsicum baccatum*), observou que apesar do extrato possuir a segunda maior concentração de capsaicina, é a pimenta de origem brasileira com maior acesso de compra. Esta foi adquirida no CEASA de Campinas, que a matéria-prima apresente mesma característica de estágio de maturação, tamanho e integridade.



Figura 1: Pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*)

3.1.1 Secagem

A secagem da pimenta malagueta ocorreu no laboratório de química da Universidade Presbiteriana Mackenzie-campus Campinas. Os frutos de pimenta malagueta, aproximadamente 5 kg, foram submetidos a uma estufa de circulação forçada de ar durante 20 horas a 70 ± 2 °C. Após passarem pelo processo de secagem, as amostras foram moídas em um moinho de facas (Marconi, modelo 340, São Paulo, SP, Brasil) visando homogeneizar e reduzir a resistência à transferência de massa. Vale ressaltar que já com as pimentas secas e moídas (Figura 2), os frutos foram peneirados através do agitador de peneiras (Solotest, modelo 8X2 110/220-50/60HZ, Campinas, SP, Brasil). O peneiramento da matéria serviu para organizar as pimentas de acordo com a granulometria, descartando as pimentas com menor granulometria, assim evitando o entupimento do fluxo das vias da unidade dinâmica de extração. Posteriormente, as amostras foram misturadas para a realização da etapa de extração da capsaicina.



Figura 2: Pimenta seca e moída

3.1.2 Extração da capsaicina

A extração da oleoresina de pimentas foi efetuada através de CO_2 supercrítico no laboratório de processamento de alimentos e subprodutos em altas pressões (LAPEA) da Faculdade de engenharia de alimentos da Universidade Estadual de Campinas. O CO_2 supercrítico apresentar altas densidades, difusividade intermediária entre gases e líquidos e viscosidades baixas, características de gases (BRUNNER, 1994; DÍAZ-REINOSO et al., 2006). Por conta dessas características, quando empregado como solvente, torna-se alta as taxas e rendimentos para extração, uma vez que as altas massas específicas conferem grande poder de solvatação, enquanto os baixos valores de viscosidade associado com os valores de difusividade proporciona alto poder de penetração na matriz sólida (AGHEL et al., 2004). Além disso, em análise Peusch et al. (1997) constatou que, a técnica de SFE se demonstrou eficiente e os resultados obtidos foram comparáveis aos resultados da extração com solventes orgânicos.

Para o experimento de SFE empregou-se a unidade dinâmica de extração (Applied Separations, Spe-ed, Allentown, PA, EUA), constituído por Cilindro de CO_2 ; Banho de refrigeração; Bomba de CO_2 ; Manômetro; Coluna de extração; Forno; Frasco de coleta; Fluxômetro e Totalizador de gás.

Cerca de cinco gramas da amostra de pimenta malagueta seca e moída foram inseridos dentro da célula de extração de 100 mL Além disso, esferas de vidro foram usadas para reduzir o volume da célula empregando um material inerte e a lã de vidro foi usada como material filtrante. O processo de extração foi submetido a pressão de 25 MPa e temperatura

40 °C, segundo Aguiar (2015), essas condições apresentaram maiores concentrações nos extratos.

A vazão de CO₂ usada foi de $1,39637 \times 10^{-4}$ kg/s. Estabeleceu-se que, por meio dessa vazão de solvente, o tempo de 90 minutos foi suficiente para extrair todo o soluto. Cessou-se o experimento após a constatação que o leito foi exaurido, ou seja, não foi mais observada a saída de extrato no frasco coletor.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Determinação do Tempo de Extração

Para o planejamento do processo de SFE, a relação entre massa de solvente e massa de matéria-prima (S/F) foi de $354,47 \pm 20,36$ (kg de solvente/kg de matriz vegetal). Segundo Dias (2015), este valor é elevado equiparado aos valores utilizados por Duarte et al. (2004), Daood et al. (2002) e Perva-Uzunalic et al. (2004), que apresentaram 170, 30 e 120 kg de solvente por kg de pimenta vermelha, respectivamente. Sendo assim, o alto S/F utilizado garantiu o esgotamento de soluto na amostra e sua aplicação nos experimentos de rendimento global.

A curva da figura 3 representa o rendimento, em massa de extrato por massa de matéria-prima seca, em função do tempo de extração. A curva apresentou o comportamento característico de uma curva de SFE, conforme descrito por Sovová (1994).

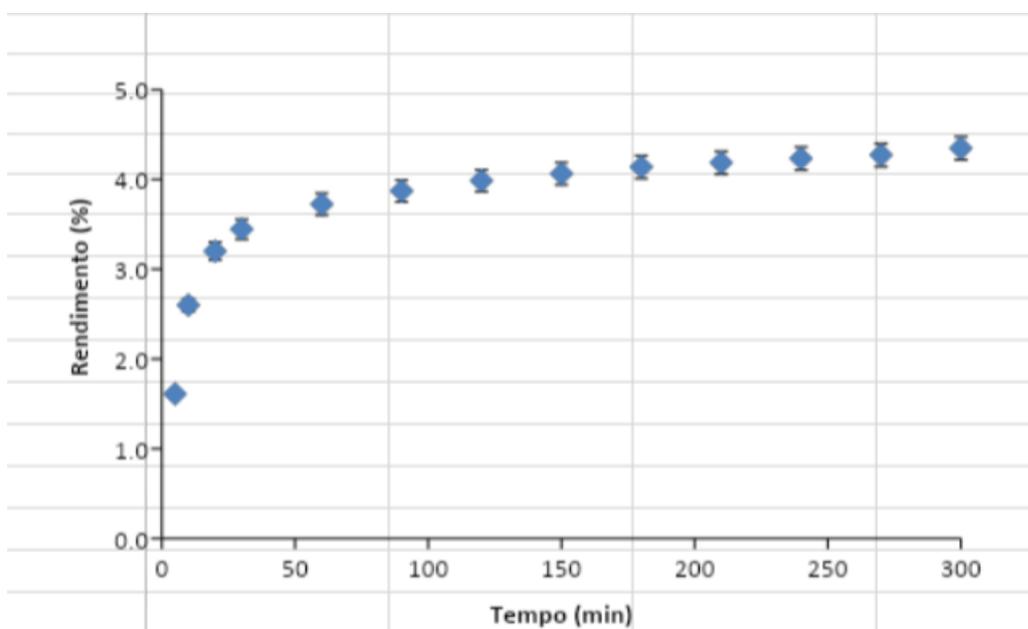


Figura 3: Curva de rendimento em massa de extrato por massa de matéria-prima seca

Segundo Dias (2015), entre os primeiros 50 minutos, ocorre a taxa de extração constante (CER – constant extraction rate), onde ocorre a extração do soluto de fácil acesso, localizado na superfície externa das partículas. Em um segundo momento, entre 50-125 minutos, verifica-se a taxa de extração decrescente (FER – falling extraction rate), no qual

inicia o esgotamento e a difusão intraparticular do soluto de fácil acesso, transformando-se no principal mecanismo de transferência de massa. Por último, a partir de 125 minutos, no período difusional (DC – diffusion controlled), o soluto de acesso livre se esgota, assim o processo de extração é controlado pela difusão do solvente para o interior das partículas e a curva de extração apresenta o formato tradicional de uma curva difusional, com a diminuição da taxa de extração, até o rendimento global totalizado.

4.1.1 Extração da capsaicina

A pimenta malagueta foi selecionada para a realização dos ensaios de SFE para obtenção de capsaicoides, pois segundo Aguiar (2015), esta pimenta foi a terceira pimenta com maior concentração de capsaicoides totais entre todas as pimentas avaliadas, além de ser facilmente encontrada e possuir elevada importância econômica no país.

A tabela 1 apresenta os resultados de rendimento global de extração (X0) da oleoresina de pimenta malagueta, obtidos por SFE para a condição otimizada de extração (25 MPa e 40°C).

Tabela 1: Rendimento global (X0) e concentração (mg/g de extrato) de capsaicina obtido por SFE de pimentas malagueta

Experimento	Pressão (MPa)	Temperatura (°C)	X0 (%)	Vazão (kg/s)	Capsaicina (C)
1	25	40	5,87 ± 0,15	1,4.10 ⁻⁴	18,5 ± 0,80
2	25	40	13,6 ± 0,4	1,98.10 ⁻⁴	32,8 ± 0,30

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão das análises realizadas em duplicata. Experimento 2: resultado obtido por Aguiar (2015).

Em comparação com os resultados coletados por Aguiar (2015), observa-se que tanto no rendimento global (X0) quanto na capsaicina (C) do presente trabalho foi menor. Segundo Dias et al. (2016), fatores como a possibilidade de cruzamento de espécies e um grande número de genótipos de pimenta podem explicar as diferenças entre os compostos químicos das pimentas *Capsicum*. Embora a vazão de CO₂ utilizada como solvente no SFE ser diferente entre os experimentos, ambas as vazões foram fixas em todos os experimentos. Figura 4 expressa o extrato de capsaicina obtido por SFE de pimenta malagueta.



Figura 4: Extrato de capsaicina

4.1.2 Análise fúngica

Inicialmente, para a análise fúngica do projeto, propôs a utilização da madeira espécie *Pinus sp.* dimensionada em 5x3x1 cm, submetida ao tratamento térmico e a submissão da oleoresina da pimenta por impregnação, além da utilização dos fungos *Paecilomyces variotti* e *Pynoporus sanguineus*. Estes procedimentos seriam realizados em parceria com o laboratório da Biologia da Universidade de Campinas- UNICAMP.

Entretanto, devido ao surgimento do novo coronavírus e a disseminação mundial da doença evoluindo para a Pandemia, as atividades práticas fungicidas foram interrompidas. Além disso, a estrutura do laboratório da Biologia está sendo utilizada pela força tarefa da Unicamp para o desenvolvimento e estudos contra o coronavírus. Portanto, as atividades previstas não foram concretizadas como o esperado no projeto.

A análise fungicida é de suma importância para o entendimento e compreensão da eficiência da oleoresina de capsaicina extraída a partir da pimenta malagueta como preservativo contra agentes xilófagos

Segundo Ziglio (2010), o desenvolvimento completo do fungo *Paecilomyces variotti* ocorreu no período de 4 meses em amostras de madeiras (Pinheiro e Jatobá) imersas em ágar nutriente com presença do preservante de oleoresina de capsaicina da pimenta malagueta.

Devido a inoculação da oleoresina de capsaicina extraída a partir da pimenta malagueta foi possível retardar em dias o desenvolvimento do fungo *Paecilomyces variotti* nas amostras de madeiras (Pinheiro e Jatobá). Além disso, a partir da análise ângulo de contato, constatou-se que a oleoresina da pimenta malagueta penetra melhor nas estruturas das madeiras, assim, proporciona maior eficiência nas amostras contra o ataque de organismos xilófagos. Ziglio (2010) também observou que a madeira de Pinheiro apresenta menor

resistência ao fungo *Paecilomyces variotti* em relação ao Jatobá, devido a menor densidade do primeiro comparado ao último. Após as amostras serem submetidas a oleoresina de capsaicina da pimenta malagueta, detectou-se menor perda de massa, portanto, indica que a oleoresina inibiu a evolução do fungo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto que a utilização de preservativos naturais é uma possibilidade ecologicamente aceitável, em razão de que estes preservativos não deixam resíduos ao meio ambiente, são inofensivos a saúde humana e animal e apresentam resultados satisfatórios em relação a proteção da madeira. Analisou-se a viabilidade do uso da oleoresina de capsaicina, extraída a partir da pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*), como preservativo na madeira do gênero *Pinus sp.* contra o ataque de fungos apodrecedores, que utilizam os polímeros naturais da parede celular como fonte de nutrição. A obtenção da oleoresina de capsaicina ocorreu pelo método de extração com fluido supercrítico.

A extração da oleoresina de capsaicina pelo método supercrítico utilizando CO₂ permitiu-se um rendimento de 5,875% do extrato, com desvio de 0,15%. Já em relação a capsaicina, obteve-se 18,5 mg de capsaicina/ g de extrato. Desse modo, o objetivo de extração e análise da capsaicina foram obtidos com sucesso. Este trabalho foi aceito e será apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), o maior e mais relevante evento de Engenharia Química no país, realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Química.

A análise fungicida é de extrema importância para o entendimento e compreensão da eficiência da oleoresina de capsaicina extraída a partir da pimenta malagueta como preservativo contra agentes xilófagos, portanto, sugere-se a realização da análise fungicida. Além disso, visando a comparação com os resultados apresentados de extração de capsaicina, recomenda-se o emprego de outros gêneros de pimentas como: biquinho, dedo de moça, naga jolokia.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

AGHEL, N.; YAMINI, Y.; HADJIAKHOONDI, A.; POURMORTAZAVI, S. M. Supercritical carbon dioxide extraction of *Mentha pulegium* L. essential oil. *Talanta*, v. 62, n. 2, p. 407-11, 2004.

AGUIAR, A. C. Valorização de pimentas *Capsicum* nativas do Brasil com uso de tecnologia supercrítica: extração e encapsulação. Tese (Doutorado de Engenharia de Alimentos). UNICAMP, 2015.

- ARAÚJO, L. V.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. *Scientia Forestalis*, n. 57, p. 153-159, jun. 2000.
- BRAZOLIN, S.; LANA, E. L.; MONTEIRO, M. B. B., LOPEZ, G. A. C.; PLETZ, E. Preservação de madeiras sistema de classes de risco. *Madeira: arquitetura e engenharia*, 2004
- BRITO, J. O. Estudo das influências da temperatura, taxa de aquecimento e densidade da madeira de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus citriodora* sobre os resíduos sólidos da pirólise. 1992. 81 f. Tese (Livre Docência) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.
- BRUNNER, G. Gas extraction: an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation process. Darmstadt/Germany Steinkopff, 1994.
- CHAN, C-H.; YUSOFF, R.; NGOH KUNG, G-C.; F. W-L. Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants. *Journal of Chromatography A*, v. 1218, n. 37, p. 6213-6225, 2011.
- CONTRERAS-PADILLA, M.; YAHIA, E. M. Changes in Capsaicinoids during Development, Maturation, and Senescence of Chile Peppers and Relation with Peroxidase Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, n. 6, p. 2075-2079, 1998.
- COSTA, L. A. M.; THORNE, B. Iscas e outras metodologias alternativas para o controle de cupins. Em: BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. Aspectos atuais da Biologia e Controle de Cupins. Piracicaba: FEALQ, p. 89-94. 1995.
- CRUZ, H.; NUNES, L. A Madeira como Material de Construção. Núcleo de Estruturas de Madeira Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2005. Disponível em <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/8453916/hcruzmadeiramaterial1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1552260242&Signature=UaviNOuQHM%2FkSQL71puGb42%2BUCQ%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filenam e%3DA_madeira_como_material_de_construcao.pdf>. Acesso em 10 de mar. 2019
- DAOOD, H. G. et al. Extraction of pungent spice paprika by supercritical carbon dioxide and subcritical propane. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 23, n. 2, p. 143-152, 2002.
- DÍAZ-REINOSO, B.; MOURE, A.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. Supercritical CO₂ Extraction and Purification of Compounds with Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 7, p. 2441-2469, 2006.
- DUARTE, C. et al. Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 30, n. 2, p. 155-161, 2004
- ESKILSSON, S. C.; BJÖRKLUND, E. Analytical-scale microwave-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, v. 902, n. 1, p. 227-250, 2000.
- ESQUÍVEL, M. M.; BANDARRA, N. M.; FONTAN, I.; BERNARDO-GIL, M. G.; BATISTA, I.; NUNES, M.L.; EMPIS, J. A. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Sardine *Sardina pilchardus* Oil. *LWT - Food Science and Technology*, v. 30, n. 7, p. 715720, 1997.
- FURTADO, E. L. Microorganismos manchadores da madeira. Instituto de pesquisa e estudos florestais. Serie técnica – IPEF. Piracicaba, v. 13, n. 33, p. 91-95, São Paulo. 2000.
- FAGUNDES, H. A. V. Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2003.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. Extracción convencional de oleorresina de pimentón dulce y picante I. Generalidades, composición, proceso e innovaciones y aplicaciones. *Grasas y Aceites*, v. 58, n. 3, p. 252-263, 2007

FISK, W. J.; ELISEEVA, E. A.; MENDELL, M. J. Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis. *Environmental Health*, 2010. Disponível: <<http://www.ehjournal.net/content/pdf/1476-069X-9-72.pdf>>. Acesso em 05/12/2018

GALLEGO, E.; ROCA, F. J.; PERALES, J. F.; GUARDINO, X.; BERENGUER, M. J. VOCs and PAHs emissions from creosote-treated wood in a field storage area. *Science of the total environment* 402, pp. 130-138, 2008.

GORINI, Ana Paula Fontenelle. Panorama do Setor Moveleiro no Brasil, com Ênfase na Competitividade Externa a partir do Desenvolvimento da Cadeia Industrial de Produtos Sólidos de Madeira. Sindicato da Indústria, 2011. Disponível em <arquivos.sindicatodaindustria.com.br/app/cni_sindicatos/2011/01/10/123/20150819100413531341e.pdf>. Acesso em: 12/12/2018

KOLLMAN, F.F.P. e CÔTE, Jr. W.A. Principles of wood science and technology. Solid Wood. Berlin, SpringerVerlag. 1968. 552 p.

LEVY, J.S. - Record of the 1989 Annual Conservation of the British Wood Preserving Association. Cambridge: Issued by the BRITISH WOOD PRESERVING ASSOCIATION BUILDING NO. 6, THE OFFICE VILLAGE, 4 ROMFORD ROAD, STRATFORD, LONDON E15 4EA, 1989.

LIMA, A.F.; JARÁ, E. R. P.; ALFONSO, V. A. Madeira como matéria-prima para fabricação de pasta celulósica. In: PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. p.129-167.

MACHADO, G. O.; CALIL JÚNIOR., C.; POLITO, W.; PAWLICKA, A. Preservante natural de madeira para uso na construção civil – óleo de neem. *Minerva*, v. 3, n.1, p. 1-8, jan./jun. 2006.

MENDES, A. S; ALVES, M.V.S. A degradação da madeira e sua preservação. Brasília: IBDF/DPq – LPF, 1988. 58p.

MORAES, M. A. F. D. A indústria da madeira preservada no Brasil: um estudo da sua organização industrial. Piracicaba, 1996a. 173 p. Dissertação (Mestrado) -Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MORESCHI, J. C. Biodegradação e Preservação da Madeira. Departamento de Engenharia e Tecnologia da UFPR. Paraná: 4edição. 2013. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/BIODETERIORACAO.pdf>>. Acesso em 27 dez. 2018.

NENNEWITZ, I.; WOLFGANG, N.; PESCHEL, P.; SEIFERT, G. Manual de tecnologia da Madeira. São Paulo: Blucher, 2008.

NEVES, B. P.; OLIVEIRA, I. P.; NOGUEIRA, J. C. M. Cultivo e utilização do nim indiano. Circular Técnica – Embrapa, n. 62, Santo Antônio de Goiás/GO, dez. 2003.

PAES, J. B.; DE SOUZA, A. D.; DE LIMA, C. R.; NETO, P. N. de M. Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada. *Cerne*, Lavras, v.16, n.1, p. 105-113, jan./mar. 2010

PERUCKA, I.; OLESZEK, W. Extraction and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *Capsicum annuum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, v. 71, n. 2, p. 287-291, 2000.

PERVA-UZUNALIĆ, A., SKERGET, M., WEINREICH, B., KNEZ, Z. Extraction of chilli pepper (var. Byedige) with supercritical CO₂: Effect of pressure and temperature on capsaicinoid and colour extraction efficiency. *Food Chemistry*, v. 87, n. 1, p. 51-58. 2004.

PEUSCH, M.; MÜLLER-SEITZ, E.; PETZ, M.; MÜLLER, A.; ANKLAM, E. Extraction of capsaicinoids from chillies (*Capsicum frutescens* L.) and paprika (*Capsicum annuum* L.) using supercritical fluids and organic solvents. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, v. 204, n. 5, p. 351-355, 1997.

RAHHAL, M. M. H.; ISMAIL, I. A.; RAHMOU, A. A. Efficacy of repeated spray of neem oil for control of gray mold disease of lentil plants caused by *Botrytis cinerea* and on some of the chemical components of lentil seeds. *Journal of Pest Control and Environmental Sciences*, v. 15, n. 1 p. 43-67, 2007.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. C. Cultivo. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A., et al (Ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, v.1, 2008. p. 199

REVISTA DA MADEIRA. Madeira preservada os impactos ambientais. São Paulo: n. 16, ano 100, nov. 2006.

RODRIGUES, M.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; MARTINOTTO, C.; SILVA JR, J. M. Morfogênese in vitro de nim a partir de explantes cotiledonares. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 21-26, 2009.

ROZIN, P.; MARK, M.; SCHILLER, D. The role of desensitization to capsaicin in chili pepper ingestion and preference. *Chemical Senses*, v. 6, p. 23-31, 1981

SILVA, J. de C. Madeira Preservada e Seus Conceitos. *Revista da Madeira*, edição nº. 103. Viçosa, 2007.

SMITH, R. D.; WRIGHT, B. W.; YONKER, C. R. Supercritical fluid chromatography: current status and prognosis. *Analytical Chemistry*, v. 60, n. 23, p. 1323A-1336A, 1988.

SOVOVÁ, H. Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO₂—I. Modelling of extraction curves. *Chemical Engineering Science*, v. 49, n. 3, p. 409-414. 1994.

STUMPP, E. et al. Avaliação da eficácia de tratamentos naturais de madeiras para o controle do cupim-da-madeiraseca. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 21-31, 2006

SUHAJ, M. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, n. 6–7, p. 531-537, 2006

SURASSMO, S.; MIN, S-G.; BEJRAPHA, P.; CHOI, M-J. Effects of surfactants on the physical properties of *Capsicum* oleoresin-loaded nanocapsules formulated through the emulsion–diffusion method. *Food Research International*, v. 43, n. 1, p. 8-17, 2010

VILELA, N. J.; RIBEIRO, C. S. C.; MADAIL, J. C. M. Eficiência técnico-econômico de quatro sistemas de produção de pimentas *Capsicum*. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A., et al (Ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, v.1, 2008.

VILKHU, K.; MAWSON, R.; SIMONS, L.; BATES, D. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 9, n. 2, p. 161-169, 2008.

WATT, D; COLSTON, B; SPALDING, D. Assessing the impact of chemical treatments on the health of buildings and their occupants. *Research Paper Series, Volume 3, Number 13*. RICS Foundation, 2000.

ZIGLIO, A. C. Oleoresina de capsaicina como preservante natural de madeira de *Pinus sp.* contra a ação de fungos de podridão branca e de podridão mole. Tese (Doutorado) USP, 2015

ZIGLIO, A. C. Uso da capsaicina como preservante de madeiras ao ataque de fungo apodrecedor. Dissertação (Mestrado) USP, 2010

Contatos: gsauhidebarros@gmail.com e maria.rosa@mackenzie.com.br