

Potencial da extração de óleo essencial assistida por enzimas a partir do Jambu (*Spilanthes Oleracea* L.)

Potential of enzyme-assisted essential oil extraction from Jambu (*Spilanthes Oleracea* L.)

DOI:10.34117/bjdv9n3-162

Recebimento dos originais: 24/02/2023

Aceitação para publicação: 20/03/2023

Leandro Augusto Lima Silva

Bacharel em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Otávio, nº 6200, Manaus – AM,

CEP: 69077-000

E-mail: augustoleandro1996@gmail.com

Kevyn Melo Lotas

Mestre em Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Otávio, nº 6200, Manaus – AM,

CEP: 69077-000

E-mail: kevynmelo@gmail.com

Anderson Mathias Pereira

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Otávio, nº 6200, Manaus – AM,

CEP: 69077-000

E-mail: ampereira.eng@gmail.com

Leiliane do Socorro Sodré de Souza

Doutora em Engenharia de Recursos Naturais

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Otávio, nº 6200, Manaus – AM,

CEP: 69077-000

E-mail: leilianesodre@ufam.edu.br

RESUMO

O jambu é também como agrião-do-para, agrião- do-norte, agrião-do-brasil que é uma planta autóctone (flor nativa da região) encontrada por toda América do Sul onde pode ser encontrada cultivada ou de forme subespontânea, como a folha e os talos são utilizados na culinária, principalmente na região norte, tem um ciclo em cerca de 40 a 75 dias, exige pouca tecnologia para seu manuseio e é muito cultivado por pequenos agricultores. Sua germinação ocorre entre 5 a 7 dias aproximadamente, a colheita na região norte é realizada entre 35 a 50 dias após o plantio. São encontrados óleos essenciais na composição dessa matéria-prima, que são substâncias naturais, ou seja, substâncias sintetizadas, armazenadas e liberadas pelas plantas que podem ser extraídos das folhas, flores, raízes, sementes, frutos e outras partes das plantas. Esses

óleos podem ser utilizados como método de controle eficaz, com a redução dos custos, preservação do ambiente e dos alimentos da contaminação química, tornando-se prática adequada à agricultura sustentável. A utilização de enzimas específicas tem função no processo de romper a parede celular do vegetal, facilitando o processo de extração do óleo contido nas “bolsas”, por conta disso, espera-se um aumento no rendimento do óleo essencial. O produto final da extração de óleos essenciais resulta em um produto constituído de material resinoso volátil contendo o princípio ativo característico de cada óleo essencial. Existem vários meios de obter-se o óleo essencial de uma planta em específica, via destilação a vapor, prensagem a frio, extração por solvente, enfleurage, extração por fluidos supercríticos, e hidrodestilação, onde são formas de extração dependendo do tipo de material que irá utilizar, mas que possuem o mesmo objetivo. O potencial dessa matéria-prima para a bioeconomia é de extrema relevância, e os testes com o uso de enzimas para aumentar o rendimento da extração pode impulsionar os resultados encontrados na literatura.

Palavras-chave: Jambu, extração enzimática, bioeconomia.

ABSTRACT

Jambu is also known as cress-do-para, cress-do-norte, cress-do-brasil, which is an autochthonous plant (a flower native to the region) found throughout South America where it can be found cultivated or subsponaneously, as the leaves and stems are used in cooking, mainly in the north region, it has a cycle of about 40 to 75 days, requires little technology for its handling and is widely cultivated by small farmers. Its germination occurs between 5 and 7 days approximately, and the harvest in the northern region is carried out between 35 and 50 days after planting. Essential oils are found in the composition of this raw material, which are natural substances, that is, substances synthesized, stored, and released by plants that can be extracted from leaves, flowers, roots, seeds, fruits, and other parts of plants. These oils can be used as an effective control method, with reduced costs, and preservation of the environment and food from chemical contamination, making it a suitable practice for sustainable agriculture. The use of specific enzymes has a function in the process of breaking the cell wall of the plant, facilitating the process of extraction of the oil contained in the "bags", and because of this, an increase in the yield of essential oil is expected. The end product of essential oil extraction results in a product consisting of volatile resinous material containing the active ingredient characteristic of each essential oil. there are several means of obtaining essential oil from a particular plant, via steam distillation, cold pressing, solvent extraction, enfleurage, supercritical fluid extraction, and hydrodistillation, which are forms of extraction depending on the type of material you are going to use, but which have the same objective. The potential of this raw material for the bioeconomy is extremely relevant, and tests with the use of enzymes to increase the extraction yield can boost the results found in the literature.

Keywords: Jambu, enzymatic extraction, bioeconomy.

1 INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são substâncias naturais, ou seja, substâncias sintetizadas, armazenadas e liberadas pelas plantas que podem ser extraídos das folhas, flores,

raízes, sementes, frutos e outras partes das plantas. Esses óleos podem ser utilizados como método de controle eficaz, com a redução dos custos, preservação do ambiente e dos alimentos da contaminação química, tornando-se prática adequada à agricultura sustentável (KÉITA et al., 2001). Os óleos essenciais possuem inúmeras aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética e uma fragrância altamente estimada em composições para aromas e sabores. Os óleos essenciais são misturas complexas de compostos que se originam do metabolismo secundário e são próprios de várias espécies vegetais. Quimicamente, a grande maioria dos óleos essenciais é constituída de derivados de *terpenóides* ou de *fenilpropanóides* (BRUNETON, 1991; SIMÕES e SPITZER, 2001).

O Jambu (*Spilanthes oleracea*) também conhecido como agrião do Pará pertence à família *Asteraceae*, e é uma planta muito comum na região norte do Brasil. Pelas suas propriedades químicas, o jambu vem despertando o interesse das empresas farmacêuticas e de cosméticos que utilizam as plantas como matéria prima para seus produtos, e têm optado por plantas cultivadas de forma orgânica, uma vez que provavelmente, estarão isentos dos resíduos químicos dos defensivos. Muitos restaurantes de comida exóticas também utilizam a inflorescência de jambu para compor seus pratos diferenciados na gastronomia e através disso chamam a atenção dos novos consumidores, devido a esse diferencial. O jambu é encontrado em hortas domésticas e cultivadas com finalidade comercial por pequenos agricultores, e essas técnicas de cultivos predominantes são as tradicionais, herdadas dos nativos da Região Amazônica.

Segundo Lorenzi et al. (2002), o jambu detém de 0,7% de óleo essencial, que está sendo fornecido direto para as indústrias farmacêutica, pelas suas qualidades farmacológicas. Esse efeito farmacológico se deve as suas substâncias químicas, dentre as quais, *trans- cariofileno*, *germacreno D*, *L- dodeceno*, *espatulenol* e *espilantol* (BORGES et al., 2012). Substâncias presentes em óleos essenciais em diversas plantas podem apresentar atividade fungicida (ZUZARTE et al., 2012). Esse aumento da incidência de infestações causadas por esses fungos em alimentos tem levado a uma grande busca constante por alternativas naturais eficazes, sendo assim, que possam oferecer melhores opções de tratamento para haver esse controle de contaminação fúngicas.

Vista disso, os alimentos, processados ou crus são materiais vulneráveis a contaminação por fungos, em particular por *Aspergillus spp.*, a maior causa de

contaminação de alimentos em países tropicais (WHITFIELD, 2004). Deste modo, um estudo detalhado sobre a atividade antifúngica do óleo essencial de espécies Jambu (*Spilanthes oleracea L*) é importante para sua validação como substância que pode ser usada na indústria de alimentos. A extração enzimática consiste no uso de enzimas que hidrolisam a parede celular dos vegetais liberando o óleo para o meio aquoso. O óleo é separado da água por centrifugação, resultando em um produto praticamente isento de *fosfatídeos* e, conseqüentemente, com baixa turbidez (FREITAS et al., 1998; COURI & FREITAS, 2001; NASCIMENTO, 2004). Essa tecnologia desponta como uma alternativa potencial para extração de óleos vegetais, uma vez que o uso de solventes derivados de petróleo deverá ser substituído, no futuro, por processos tecnológicos mais sustentáveis, para atender às exigências dos órgãos governamentais de proteção ao meio ambiente (PARMENTIER, 2004).

Os óleos essenciais, de uma forma geral, apresentam um conjunto de propriedades, entre as quais destacam-se a elevada volatilidade, a insolubilidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos, o que permite caracterizá-los e promover a sua separação, apresentam-se geralmente como líquidos oleosos e comum aroma intenso (COSTA, 1994).

A enzima celulase sabe-se atualmente que o complexo *celulolítico* secretado por fungos filamentosos é formado por três componentes enzimáticos majoritários, sendo ele as *endoglucanases*, as *celobiohidrolases* e as *β-glicosidases*, que não são consideradas como celulases legítimas. Em relação como modelo de sinergismo “endo-exo”, essas enzimas cooperam da seguinte forma com as *endoglucanases*, elas agem eventualmente ao longo da cadeia produzindo novos sítios de ataque para as *celobiohidrolases*, dessa forma as *celobiohidrolases* agem como exo-enzimas e liberam celobiose como produto principal, e as *β-glicosidases* completam o processo através da hidrólise da celobiose e de outros oligossacarídeos à glicose (ZANDONA FILHO, 2001).

Cada vez mais, vem aumentando o interesse pela utilização de extratos vegetais e óleos essenciais para o controle de pragas e dentre os fatores que contribuem para isso, está a preocupação da população em consumir produtos isentos de resíduos de agrotóxicos, e devido essa preocupação com a preservação ao meio ambiente e também com a qualidade de vida dos agricultores que são diretamente responsáveis pela produção.

Mas, para isso, é importante que as pesquisas avancem com o intuito de mostrar a eficiência dos extratos vegetais e óleo essencial no controle de patógenos. Estudos sobre o potencial das espécies de vegetais, visando obter óleos essenciais para uso na agricultura como inseticidas naturais, vêm crescendo. Esses óleos podem ser utilizados como método de controle eficaz, com redução dos custos, preservação do ambiente e dos alimentos da contaminação química, tornando-se prática adequada à agricultura sustentável (KÉITA et al., 2001). Porém pesquisas relacionadas a extração assistida através dessas enzimas dos óleos essenciais do Jambu são escassas, uma vez que há um grande potencial da extração não ocorrer perda nutricional e funcional, além de ser sustentável, e não agredir o meio ambiente, o objetivo dessa revisão é apresentar informações sobre o jambu, os componentes presentes na planta, no óleo essencial e o potencial da técnica de extração assistida por enzimas, visando apresentar uma alternativa para o desenvolvimento econômico, social e preservação ambiental da região amazônica.

2 JAMBU (*SPILANTHES OLERACEA*)

2.1 ORIGEM

O jambu é conhecido também como agrião-do-para, agrião- do-norte, agrião-do-brasil que é uma planta autóctone (flor nativa da região) encontrada por toda América do Sul onde pode ser encontrada cultivada ou de forma subspontânea, como a folha e o talos são utilizados na culinária, principalmente na região norte, mas é preciso tomar cuidado ao grande consumo da planta, uma vez que a planta tem propriedades terapêuticas que podem provocar reações adversas se ingeridas em grandes quantidades inadequadas. O jambu é muito conhecido na Região Norte do Brasil por fazer parte da culinária local, em pratos como tacacá, pato no tucupi e saladas (SANTOS, 2010), e ser utilizado na medicina popular, como analgésico para tratamento de dores de dente, cabeça, garganta e aftas, entre outros (DI STATI; HIRUMA-LIMA, 2002).

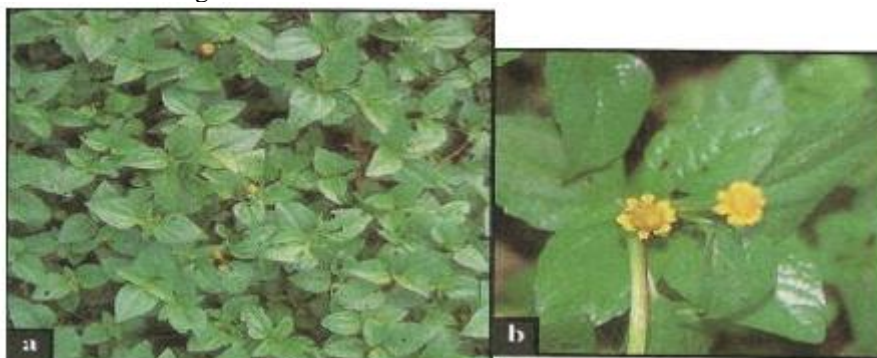
De acordo com o Hind e Bigs (2003), o jambu é uma planta de porte herbácea, medindo entre 30 a 60 cm de altura e suas folhas são compostas, opostas, membranáceas e pecioladas, inflorescências compostas de flores amarelas, caule cilíndrico e carnosos, a sua raiz sendo a principal do tipo pivotante com abundantes ramificações laterais. Essas espécies apresentam comportamentos idênticos em condições de clima subtropical e tropical, algumas localidades com altitudes de 1.100

m e o clima que é classificado como úmido mesotérmico (que a sua temperatura varia entre 15°C a 20°C), o jambu se mostrou em ótimo desenvolvimento vegetativo e em florescimento constante.

Na Amazônia as temperaturas elevadas e úmidas, o jambu também se adaptou-se com a região. Porém em períodos chuvosos, são provocadas doenças nas plantas, e ocorrem uma lavagem no solo que causa a perda de nutrientes, e assim o solo perde a sua qualidade resultando em produto de baixa qualidade na colheita do jambu, sendo assim o melhor período para o plantio é logo após o período de chuva.

A Figura 1 mostra a planta do jambu composta e oposta de 20-6-mm de comprimento, e na figura b suas flores amareladas que medem cerca de 1,0 cm de diâmetro. A planta atinge cerca de 40 cm de altura e é uma planta herbácea, ramificada, semi- carnosa (ALBURQUERQUE, 1989). A raiz é axial com muitas ramificações, a haste é do tipo rastejante ramificada em dicásio, podendo ocorrer em tricásio. As flores são em capítulos globulosos, amarelados e longo pedunculados (SAWAKI, 2000).

Figura 1- Jambu in natura em seu habitate natural.



Fonte: Marinice Oliveira, Lucinda Carneiro (1997).

Considerada uma das famílias de plantas mais ricas em diversidade, esta família conta com cerca de 25.000 a 30.000 espécies, pertencentes a 1.600 a 1.700 gêneros, e apresenta distribuição cosmopolita, não sendo encontrada apenas no continente Antártico (Funket al. 2009). Hoje existem cerca de 2.033 espécies *Acmella Slavonoi* L, conhecida popularmente como Jambu. Distribuídas em 278 gêneros, sendo que destas, cerca de 1.310 spp. E 76 gêneros, são endêmicos de nossa flora, ou seja, restritas a determinadas regiões ou localidades do Brasil (Nakajima et al. 2013). O gênero *Spilanthus* é largamente distribuído ao redor do mundo, em regiões tropicais e subtropicais (RAMSEWAK et al., 1999).

O Jambu tem um ciclo em cerca de 40 a 75 dias, e exige pouca tecnologia para seu manuseio e é muito cultivado por pequenos agricultores. Sua germinação ocorre entre 5 a 7 dias aproximadamente. A colheita, na Região Norte, é realizada entre 35 a 50 dias após o transplântio (CARDOSO; GARCIA, 1997).

A germinação começa com a embebição de água pela semente e termina com o início do crescimento do eixo embrionário, usualmente a protrusão da raiz primária (LABOURIAU, 1983). Os fatores ambientais mais importantes para a regulação da germinação são temperatura, luz e umidade do solo (BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M., 1988).

2.2 COMPONENTES QUÍMICOS

Jacobson (1957) retratou a presença de uma substância ativa, o espilantol, uma amida também abundante em outras espécies do gênero *Spilanthus*. A composição química desta espécie inclui ainda os compostos majoritários *trans-cariofileno*, *germacreno D*, *L-dodeceno* e *espatulenol* (BORGES, 2009). De acordo com Armond (2007) Em triagem química na área da planta do jambu através da técnica de cromatografia da camada delgada, foi confirmada a presença de óleos essenciais até em 0,7%, flavonoides, *espilantina*, *espilantol*, *spilol*, *afinina*, *colina* e *fitosterina*.

Nas folhas de jambu podem são encontrados os maiores teores de compostos fenólicos quando comparados com as outras partes do jambu (inflorescência e caule) (ABEYSIRI et al., 2013; BORGES et al., 2015). Navarro-González et al. (2015) caracterizou que quinze fenólicos presentes na inflorescência do jambu *Spilanthus flavonoi*, sendo que os flavonóis se destacaram como compostos que prevalecem, seguidos de antocianinas e ácido *hidroxicinâmico*. Prachayasittikul et al. (2009) identificou também que seis compostos fenólicos presentes na parte aérea da folha, inflorescência e caule dessa hortaliça *Spilanthus acmella* Murr.

De acordo com Herdy (1982) o espilantol produz na mucosa oral uma sensação semelhante quando se usa anestésicos, já para Oliver-Bever (1983) pode ser usado como inseticidas. Com a ação do espilantol sobre essas atividades elétrica do coração do coelho observou que esse princípio ativo pode ser servido como modelo arritmogênico para ser testado como drogas antiarrítmicas, e assim o jambu pode ser usado em inúmeras funções.

A quantificação dos compostos bioativos é importante devido as fortes evidências científicas que mostram que estes compostos antioxidantes podem ajudar a proteger o

corpo humano contra danos causados por espécies reativas de oxigênio. Incluem nestes grupos os compostos como a vitamina C, flavonoides, polifenóis, fenóis, flavonoides, dentre outros presentes nos vegetais (BERGQUIST, 2006). Na composição química do jambu são encontrados diversos tipos de minerais, sendo eles os macrominerais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), e microminerais: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn), onde nas folhas do jambu podem ser encontrados os maiores teores desses minerais (BORGES; GOTO; LIMA, 2013), entretanto, a quantidade desses microelementos pode variar de acordo com a variedade da espécie ou o tipo de cultivo (SOUTO, 2016). Nas folhas de jambu podem ser encontrados os maiores teores de compostos fenólicos quando comparados com as outras partes do jambu inflorescência e caule (ABEYSIRI et al., 2013; BORGES et al., 2015).

Outro metabólito secundário muito estudado no jambu devido suas propriedades biológicas é o composto espilantol (*N-isobutil-2ε,6(Z),8ε-decatrienamida*), encontrado principalmente nas inflorescências (DIAS et al., 2012). Algumas moléculas do grupo das N- alquilamidas no qual o espilantol faz parte, têm sido identificadas em diversas pesquisas utilizando o jambu como a matriz de estudos (BOONEN et al., 2010). No jambu, podem ser encontrados vários pigmentos naturais, como as clorofilas, carotenoides e antocianinas (BORGES et al., 2015; GUSMÃO, 2016; SILVA, 2015), que apresentam devido sua estrutura química, propriedades antioxidantes (Tabela 1). A concentração destes compostos pode variar de acordo com condições de cultivo, espécie e/ou cultivar, e a parte (flor, caule, inflorescência) do vegetal (BORGES et al., 2015).

O jambu exibiu uma série de efeitos biológicos tais como atividades anestésica local (LEY et al., 2006), anti-inflamatória e analgésica (CHAKRABORTY et al., 2004; WU et al., 2008), anestésica e antipirética (CHAKRABORTY et al., 2010), diurética (RATNASOORYA et al., 2004; DUBEY et al., 2013) e emagrecedora (EKANEM et al., 2007), as quais na sua grande maioria são atribuídas à presença da alquilamida espilantol, a principal molécula bioativa da planta, que atinge sua maior concentração (1%) nas flores (SARAF et al., 2002; LEY et al., 2006).

Tabela 1. Tabela nutricional do jambu.

Composição Nutricional do Jambu	
Valor Nutritivo	100g de folhas
Água	89g
Valor energético	≈ 32 cal.
Proteínas	Cada 100g contem 1,9g
Lipídios	0,3g
Carboidratos	7,2g
Fibras	1,3g
Cinzas	1,6g
Calcio	162mg
Fosforos	41mg
Ferro	4mg
Vitaminas B1	0,03mg
Vitamina B2	0,21mg
Niacina	1mg
Vitamina C	20mg

Fonte: BORGES, 2009.

3 EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL

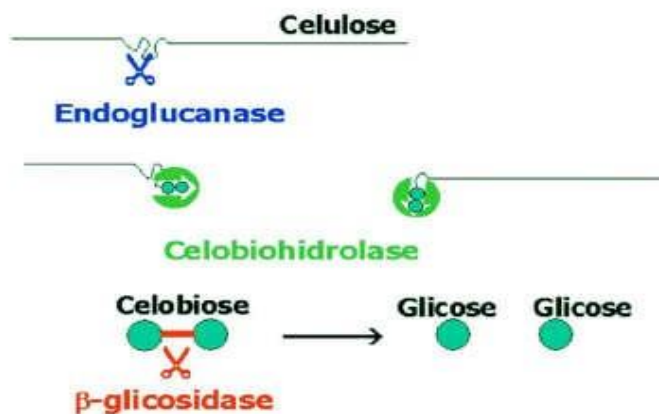
3.1 ASSISTIDA POR ENZIMAS

A celulase é uma classe de enzima que é produzida por fungos, protozoários ou bactérias, que é encontrado no rúmen de ruminantes e no trato digestivo de térmitas ou cupins. A celulase é dividida em três classes endo-1,4- β -D-glucanases ou endoglucanases, onde essas ligações quebram as glicosídicas das cadeias de celulose criando novos terminais; a exo-1,4- β -D-glucanases ou celobio-hidrolases, que são responsáveis pela ação nos terminais levando à celobiose; e a 1,4- β -D-glucosidades que hidrolisam a celobiose à glicose. Na figura 2 mostra a representação de forma simplificada da ação enzimática de cada classe de enzimas, onde sendo a 1,4- β -glucanases ou 1,4- β -D-glucana-4-glucano-hidrolases que atuam aleatoriamente nas regiões amorfas da celulose e de seus derivados, hidrolisando ligações glicosídicas β -(1,4).

Essa atividade catalítica pode ser medida através da diminuição da sua viscosidade do meio sequente da diminuição de massa molar média de celulose ou derivados de celulose. As celobio-hidrolases (exo-1,4- β -D-glucanases,) essas atuam nos terminais redutores das cadeias de celulose, liberando D-celobiose, que pode ser detectada pelas técnicas de HPLC. As “ β -D-glucosidases” ou β -D-glucoside gluco-hidrolases que catalisam a liberação de unidades monoméricas de D-glicose a partir da celobiose e celodextrinas solúveis, sendo assim essas atividades catalíticas podem ser medida através da análise dos produtos por HPLC ou CG, ou mesmo por espectrofotometria. A atividade catalítica de uma enzima em especifica depende da sua formação estrutural proteica natural. Ou seja, uma enzima, que tem conformação

complexa e devido à singularidade do seu sítio ativo, escolherá certa quantidade de compostos que será capaz de atacar (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006).

Figura 2- Representação esquemática da ação catalítica do complexo enzimático (celulase) sobre celulose com geração de glicose.



Fonte: Langmuir, 2009.

O produto final da extração de óleos essenciais resulta em um produto constituído de material resinoso volátil contendo o princípio ativo característico de cada óleo essencial (BASER; BUCHBAUER, 2010). O processo de se ligar na celulose é a primeira etapa na degradação enzimática da celulose. Celulases que carregam tanto um domínio ligante de celulose livre como ligado a um peptídeo parecem altamente passível em se perder da celulose, pois pode ocorrer adsorção não específica e ligação não-produtiva de várias enzimas à celulose. As enzimas apresentam alta especificidade e funcionam sob boas condições de Ph e temperatura (COELHO; SALGADO; RIBEIRO, 2008). A ligação de enzimas, como as *T. reesei*, não segue o modelo de isoterma de adsorção de Langmuir, porque os sítios de ligação para as proteínas na superfície da celulose não são energeticamente equivalentes. Sendo assim, a lignocelulose apresenta-se como um substrato ainda mais complexo para a ação da celulase essa evidência clara de uma relação entre o conteúdo de lignina e a redução na hidrólise da celulose em substratos lignocelulósicos foi demonstrada na literatura. Praticamente todas as reações do metabolismo humano, animal e vegetal são mediados por enzimas. (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006).

A aplicação de enzimas na extração de óleos essenciais tem sido uma metodologia utilizada em alguns estudos para o aumento de rendimento do processo (CASSINI 2010; REIS, 2015; SANTOS, 2008; SOWBHAGYA; SRINIVAS; KRISHNAMURTHY, 2009; TAVARES, 2012). A utilização de enzimas específicas

tem função no processo de romper a parede celular do vegetal, facilitando o processo de extração do óleo contido nas “bolsas”, por conta disso, espera-se um aumento no rendimento do óleo essencial. Essa extração torna-se viável e promissora quando aplicada simultaneamente a processos hidroddestilação, por exemplo (SANTOS, 2008). Assim, para a extração de óleo essencial de uma planta, as principais enzimas, que podem ser utilizadas por atuarem na parede celular vegetal, são a celulase e hemicelulases (CASSINI 2010; FARINAS, 2011; REIS, 2015; SANTOS, 2008; TAVARES, 2012,).

Ao analisar as bibliografias existentes, é possível observar que as variáveis do processo influenciam grandemente numa maior ou menor eficácia no aumento do teor de óleo essencial (CASSINI 2010; REIS, 2015; SANTOS, 2008; TAVARES, 2012). Foram realizados alguns trabalhos em diversas plantas desde frutos, sementes e cítricos, e assim com o intuito de avaliar a capacidade de enzimas celulases e hemicelulases e assim aumentar o seu teor de óleo essencial obtido por meio de extração enzimática.

3.2 OUTROS MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL

Existem vários meios de obter-se o óleo essencial de uma planta em especifica, via destilação a vapor, prensagem a frio, extração por solvente, enfleurage, extração por fluidos supercríticos, e hidroddestilação.

3.2.1 Arraste a vapor

O método de arraste a vapor é o mais utilizado pelas indústrias a nível mundial (JOSÉ; OLIVEIRA, 2007). Esse processo ele submete o material vegetal à ação do vapor d’água, então o vapor d’água atravessa os tecidos da parede vegetal da matéria prima, e leva todo o óleo contido no interior das glândulas da planta, e assim o choque térmico, esse óleo é vaporizado, e arrastado pelo vapor até atingir o condensador, onde resfriará e voltará à fase líquida, então o último estágio do processo é o separador, que irá separar o óleo do hidrolato, ou seja, o subproduto por meio das diferenças de polaridade e densidade destas substâncias (PISTELLI; SILVA, 2012).

3.2.2 Prensagem a frio

O método de prensagem a frio é o mais empregado na extração de óleos essenciais de frutos cítricos. Os frutos são adicionados inteiros e em uma prensa

hidráulica, que por meio de esmagamento, faz com que o suco e o óleo essencial da fruta sejam expelidos (WAN; WAKELYN, 1997). Um jato d'água forma uma emulsão, e os detritos são removidos por um ciclone. Após isso, uma sequência de centrífugas realiza a clarificação desse óleo, no qual a fração leve e mais 15 concentrada de óleo passa por decantação para uma separação final (JOSÉ; OLIVEIRA, 2007).

3.2.3 Enfleurage

A enfleurage foi desenvolvida visando à obtenção de óleos essenciais de matérias primas delicadas, como flores. É um processo lento, complexo e caro. No método clássico, as pétalas eram picotadas e colocadas sobre algumas placas de vidro em contato com uma gordura vegetal ou animal inodora, que funciona como esponja. As pétalas vão sendo substituídas a cada 24 horas, até a “esponja” estar cheia de óleo. A gordura é então filtrada e destilada com álcool (JOSÉ; OLIVEIRA, 2007).

3.2.4 Extração por fluidos supercríticos

Na extração por fluídos supercríticos a biomassa é colocada dentro do cilindro que possui uma capa de metal poroso para permitir a circulação do fluido supercrítico. O CO₂ passa pela matéria prima, onde os óleos são dissolvidos. Essa solução gasosa sai do extrator e passa por uma válvula redutora de pressão, causando precipitação dos componentes no separador (JOSÉ; OLIVEIRA, 2007).

3.2.5 Hidrodestilação

A hidrodestilação é considerada o método mais usado em escala laboratorial. A matéria prima vegetal é adicionada mergulhada totalmente em água. A destilação ocorre de forma mais lenta e à temperatura de 100°C. Já em escala industrial, é considerado obsoleto (JOSÉ; OLIVEIRA, 2007). Assim o material a ser destilado para obtenção do óleo essencial fica em contato direto com a água.

Quando a água entra em ebulição, arrasta consigo o óleo, e quando condensa, forma uma mistura heterogênea, com duas fases, devido à diferença de polaridade e densidade entre a água e o óleo. O método dessa extração do óleo essencial por hidrodestilação utiliza o aparelho Clevenger (SILVA et al., 2013).

3.5.6 Extração por solvente

A extração por solventes é utilizada aplicando um solvente que preserve a integridade dos compostos do óleo essencial. A planta é misturada ao solvente, e essa mistura é deixada em agitação por um tempo pré-determinado. Posteriormente, os resíduos sólidos da planta são filtrados, e o extrato líquido é submetido ao aparelho rota evaporador para a separação do óleo e do solvente (JOSÉ; OLIVEIRA, 2007).

4 CONCLUSÃO

O jambu possui óleo essencial, um bioproduto com maior valor agregado de composição importante para indústria de alimentos e farmacêutica, e a busca por formas de aumentar rendimento e qualidade desse produto é essencial. Assim, novas técnicas para extração de óleos essenciais como a extração assistida por enzima podem ser avaliadas para essa espécie.

O Brasil apresenta grande potencial para a produção de óleos essenciais e o estado do Amazonas pode contribuir significativamente com essa produção, assim investimentos nas pesquisas sobre o assunto permitirá desenvolver de forma sustentável a região amazônica.

REFERÊNCIAS

- ABEYSIRI, G. R. P. I. et al. Screening of phytochemical, physicochemical and bioactivity of different parts of *Acmella oleracea* Murr. (Asteraceae), a natural remedy for toothache. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 852–856, 2013.
- ARMOND, C. Indicadores químicos, crescimento e bioeletrografias de plantas de Jambú (*Acmella oleracea* L.), capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf) e folhada- fortuna (*Bryophyllum pinnatum* (Lam.) Oken) submetidos a tratamentos homeopáticos. **Tese Universidade Federal de Viçosa – MG**. 142p, 2007.
- BASER, K. Hüsnü Can; BUCHBAUER, Gerhard. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. **UEA: CRC Press**, 2010.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **Am. J. Bot.**, v. 75, n. 2, p. 286-305, 1988.
- BERGQUIST, S. Bioactive compounds in baby spinach (*Spinacia oleracea* L.): Effects of pre-and postharvest factors. **Doctoral thesis. Faculty of 34 Landscape Planning, Horticulture, and Agricultural Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp**, 2006.
- BOONEN, J. et al. LC-MS profiling of N-alkylamides in *Spilanthes acmella* extract and the transmucosal behaviour of its main bio-active spilanthol. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 53, n. 3, p. 243–249, 2010.
- BORGES, L. S. Biomassa, teores de nutrientes, espilantol e atividade antioxidante em plantas de Jambu (*Acmella ciliata* Kunth) sob adubação mineral e orgânica. 108p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP**, 2009.
- BORGES, L.S.; VIANELLO, F.; MARQUES, M. O. M.; LIMA, GIUSEPPINA P. Influence of Organic and Mineral Soil Fertilization and Essential Oil of *Spilanthes oleracea*. **American Journal of Plant Physiology**, 2012.
- BORGES, L. S.; VIEIRA, M. C. S.; VIANELLO, F.; GOTO, R.; LIMA, G. P.P. Antioxidant compounds of organically and conventionally fertilized jambu (*Acmella oleracea*). **Biological Agriculture and Horticulture**, v.31, p.1-10, 2015.
- BORGES, L. da S.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. Exportação de nutrientes em plantas de jambu, sob diferentes adubações. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 107-116, 2013.
- BORGES, L. S.; VIANELLO, F.; MARQUES, M. O. M.; LIMA, G. P. P. Influence of Organic and Mineral Soil Fertilization and Essential Oil of *Spilanthes oleracea* cv.Jambuarana. **American Journal of Plant Physiology**, v.7, p.135-142, 2012.
- BRUNETON, J. Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia. Zaragoza: **Acribia**, 1991. 594p, 1991.

COSTA, A. F. Farmacognosia. Vol 1, 5ª. Ed., Lisboa: **Fundação Calouste Gulbenkian**, 1031p.p, 1994.

CALL, H. P.; MÜCKE, I. History, overview and applications of mediated lignolytic systems, especially laccase-mediator-systems (Lygnozyl®- process): Minireview. **J. Biotechnol.** 53: 163- 2002, 1997.

CARDOSO, M. O.; GARCIA, L. C. jambu. in: CARDOSO, M. O. (Coord.). Hortaliças não convencionais da Amazônia. **Mamaus: EMBRAPA, CPAA**, p. 133-140, 1997.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. e FERRIER, D. R. Bioquímica Ilustrada. 3ª ed. São Paulo, SP: **Editora Artmed**, 2006.

COELHO, Maria Alice Zarur; SALGADO, Andréia Medeiros e RIBEIRO, Bernardo Dias. Ténologia Enzimática. Petrópolis, RJ: **EPUB**, 2008.

COURI, S.; FREITAS, S.P. Aplicação de enzimas na extração aquosa de óleos vegetais. In: MERCADANTE, A. Z; BOBBIO, F. O; BOBBIO, P. A; PEREIRA, J. L; PASTORE, G. M. (Org.). **Ciências de Alimentos: avanços e perspectivas. Campinas: UNICAMP**, 2001. v.2, p. 28-32, 2001.

DWIVEDI, N. U.; SINGH, P.; PANDEY, P. V.; KUMAR, A. (2001). Structure–function relationship among bacterial, fungal, and plant laccases. **J. Mol. Catal. B-Enzym.** 68: 117- 128., 2001.

FREITAS, S. P.; LAGO, R.C.A.; QASSIM, R.Y. Economics analysis of enzymatic extraction of avocado oil. **Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, Milano**, v.75, p.15-19, 1998.

1. HERDY, G. V. H. Ação do espilantol sobre a atividade elétrica do coração do coelho action o the espilantol on the eletric activity of the rabbit heart. 1982. 97. p. **Tese (Doutorado) – Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, 1982.

Hofrichter, M. (2002). Review: lignin conversion by manganese peroxidase (MnP). **Enzyme Microb. Tech.** 30: 454-466, 2002.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabelas de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009, Rio de Janeiro: **IBGE**, 351p. 2011.

JACOBSON, M. The Structure of espilantol. **Chemistry and Industry**, v. 12, p. 50-51, 1957.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, SP: **Instituto Plantarum**. p.396, 2002.

NAKAJIMA, N.J. & SEMIR, J. Asteraceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revta. Brasil. Bot.** 24(4): 471-478. 2001.

OLIVEIRA, R. A. Guerra de et al. Estudo da interferência de óleos essenciais sobre a atividade de alguns antibióticos na clínica. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. João Pessoa, PB: 16 ed., n. 1, p. 77-82, jan./mar. 2006.

PARMENTIER, M.; GUILLEMIN, S.; BARBAR, R.; LINDER, M. FANNI, J. De nouveaux procédés d'extraction des huiles pour des produits finis de haute qualité. **Oleagineux Corps Lipids, Edinbourg**, v. 11, n. 6, p. 377-380, 2004.

PRACHAYASITTIKUL, V. et al. Bioactive metabolites from *Spilanthes acmella* Murr. **Molecules**, v. 14, n. 2, p. 850-867, 2009.

PISTELLI, E. C. e SILVA, A. B. Descrição da metodologia do uso do Clevenger na extração de óleos vegetais. **Anais Eletrônicos SEMIC**. Alfenas: UNIFENAS, out. 2012.

PIRES, I. V.; DA SILVA, A. E. Caracterização e capacidade antioxidante do jambu (*Spilanthes oleracea* L.) in natura procedente do cultivo convencional e de hidroponia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 74624- 74636, 2020.

RAMSEWAK, R. S.; ERICKSON, A. J.; NAIR, M. G. Bioactive N-isobutyl amides from the flower buds of *Spilanthes acmella*. **Phytochemistry**. v. 51, p. 729-732, 1999.

REIS, N. S.. Aplicação de enzimas produzidas por *Aspergillus niger* na extração do óleo essencial de *Mentha arvensis*. 2015. 65 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, mar. 2015.**

REIS, N.S.R., SANTANA, N.B., TAVARES, I.M.C., LESSA, O.A., SANTOS, L.R., PEREIRA, N.E., SOARES, G.A., OLIVEIRA, R.A., OLIVEIRA, J.R., FRANCO, M. Enzyme extraction by lab-scale hydrodistillation of ginger essential oil (*Zingiber officinale* Roscoe): **Chromatographic and micromorphological analyses, Industrial Crops and Products**, 146, 2020.

SANTOS, A. S. et al. Descrição de Sistema de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório. Belém, PA: **Embrapa**, nov. 2004. 6 p. ISSN 1517-2244, 2004.

SANTOS, E. Utilização de enzimas produzidas por *Trichoderma reesei* e *Aspergillus niger* na extração de óleos essenciais. 2008. 127 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, 2008.**

SILVA, T. G. et al. Composição química do óleo essencial da casca de *Citrus sinensis* L. e *Citrus aurantium* L. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 7 out. 2013, Santarém, Pará. **Anais eletrônicos... Santarém, Pará, UFOPA**, out. 2013.

SOWBHAGYA, H. B., SRINIVAS, P. and KRISHNAMURTHY, N. Effect of enzymes on extraction of volatiles from celery seeds. **Food Chemistry**. Índia: vol. 120, pag. 230-234, 2009.

PIRES, I. V.; DA SILVA, A. E.. Caracterização e capacidade antioxidante do jambu (*Spilanthes oleracea* L.) in natura procedente do cultivo convencional e de hidroponia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 74624- 74636, 2020.

2. TAVARES, I. M. C. Produção e aplicação de extratos enzimáticos brutos produzidos em fermentação em sólido estado por *Aspergillus niger* a partir de resíduos agroindustriais na extração de óleo essencial de *Cróton grewoides*. 2012. 68 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2012.**

SIMÕES, O. M. C. & SPITZER, V. (2001) Óleos voláteis. In: Simões, O.M.C.; Schenkel, E.P.; Gosmann, G.; Mello, J.C.P.; Mentz, L.A.; Petrovick, P.R. *Farmacognosia da Planta ao Medicamento*. Porto Alegre/Florianópolis: **Ed. Da Universidade/UFRGS/Ed. Da UFSC**. 3. ed., 18: 387-415, 2001.

WAN, P. J. e WAKELYN, P. J.; *Technology and Solvents for Extracting Oilseeds and Nonpetroleum Oils*. Champaign: AOCSPress, 1997.

WHITFIELD, F. B. Microbiologically derived off-flavours. In: BAIGRIE, B. *Taints and off-flavours in foods*. **Cambridge: Woodhead Publishing Limited**, 2004.

ZANDONA FILHO, A. Modificação das qualidades processuais de fibras celulósicas através do uso de enzimas. Curitiba, 2001. 193 f. **Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Parana**. Curitiba, PR. 2001.

ZUZARTE, M.; GONÇALVES, M. J.; CRUZ, M. T.; CAVALEIRO, C.; CANHOTO, J.; VAZ, S.; PINTO, E.; SALGUEIRO, L. *Lavandula luisieri* essential oil as a source of antifungal drugs. **Food Chemistry**, v.135, p.1505-1510, 2012.