



Academic

INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Estudo Comparativo entre Técnicas de Extração Convencional e Limpa e, Caracterização dos Biocompostos do Ginseng Brasileiro *Pfaffia glomerata* utilizando FT-RAMAN e FT-NIR

BALASTRERI, C. ^{a*}, SAKAI, O. A. ^b, BARROS, B. C. B. ^c, SEIXAS, F. A. V. ^c, SATO, F. ^c, OGAWA, C. Y. L. ^d, ROCHA, S. A. ^b, MELLO, J. C. P. ^e.

a. Mestranda no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade do Instituto Federal do Paraná (IFPR)

b. Docente no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade do Instituto Federal do Paraná (IFPR)

c. Docente no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

d. Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Estadual de Maringá (UEM)

e. Doutor no Programa de Pós-Graduação em Farmácia, Universidade Estadual de Maringá (UEM)

*autor correspondente, charlini.balastrieri@gmail.com

Resumo

O ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen é uma planta nativa da América Latina. Suas propriedades terapêuticas foram descobertas pela indústria farmacêutica japonesa, desde então inúmeras pesquisas vem sendo realizadas para obtenção de biocompostos. O principal composto de interesse é a β -ecdisona, um esteroide natural presente nas raízes da planta. As propriedades terapêuticas atribuídas ao ginseng são de anti-inflamatório, antimicrobiano, antioxidante, antitumoral, melhorador da memória e tônico. Além da β -ecdisona são encontrados terpenos, triterpenos, nortriterpenos e fenóis. Seu uso também tem sido explorado pela indústria de alimentos como agente tecnológico surfactante e estabilizador de emulsões. O objetivo do presente estudo foi comparar as técnicas de extração de biocompostos convencional e limpa, bem como caracterizar o ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata* por meio de FT-RAMAN e FT-NIR. Os resultados mostraram que as raízes são excelente fonte de carboidratos, quando extraídos pela tecnologia limpa via água subcrítica (SWE), com um rendimento de 13.22% maior do que a metodologia clássica com solvente orgânico via Soxhlet. O uso de tecnologias limpas de extração por fluidos supercríticos, em específico a SWE, corroboram com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), pois são inovações tecnológicas ambientalmente corretas. As análises espectrofotométricas no infravermelho próximo (NIR) e por ressonância magnética nuclear (FT-RAMAN) demonstram diversos grupos químicos com potencial tecnológico, dando ênfase ao mineral selênio (Se). Esse mineral confere atividade antioxidante e anti-inflamatória ao organismo de seres humanos e pode ser observado em diversos picos dos espectros. Quando comparado o padrão β -ecdisona com o extrato da raiz de ginseng no espectro de FT-RAMAN, pode-se observar 8 picos idênticos, firmando-se então que existe a presença do composto nas raízes.

Palavras-chave: ODS, fluidos supercríticos, tecnologia limpa, espectrofotometria.

1. Introdução

O ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen é uma planta muito utilizada na medicina popular na cura dos males que acometiam os povos da América Latina há séculos. Somente há alguns anos é que suas propriedades terapêuticas foram comprovadas pela indústria farmacêutica japonesa. Desde então inúmeros estudos vem sendo desenvolvidos sobre o ginseng. De acordo com (Souza e Lorenzi, 2005), *Pfaffia* pertence à família *Amaranthaceae*, a qual possui distribuição cosmopolita e inclui cerca de 170 gêneros e 2.000 espécies, sendo que no Brasil ocorrem 20 gêneros nativos e aproximadamente 100 espécies. (Corrêa-júnior *et al.*, 2016) cita que no Brasil a espécie habita borda de rios, orla de matas, com solos arenosos, úmidos, em altitudes que variam de 80-800m (Marchioretto, 2008). Uma das principais áreas de ocorrência de *P. glomerata* refere-se a região de domínio da Floresta Estacional Semidecidual.

No Brasil a planta é bem adaptada ao clima quente, preferindo beira de matas e orlas de rios onde o solo é mais rico em nutrientes e água para seu melhor desenvolvimento. A região da Área de Proteção Ambiental (APA) das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná que compreende os estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul é uma grande produtora de ginseng, mais especificamente o município de Querência do Norte, PR. Os produtores plantam o ginseng de forma sustentável, sem o uso de agrotóxicos e a adubação é totalmente orgânica. A parte da planta que é explorada comercialmente são as raízes enquanto as partes aéreas são descartadas.

O principal composto de interesse encontrado nas raízes do ginseng é o fitoesteroide β -ecdisona, uma saponina. Ao ginseng são atribuídas diversas propriedades terapêuticas como a atividade antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, antitumoral, melhorador da memória e tônico. Recentemente pesquisadores demonstraram o potencial tecnológico das saponinas do ginseng na indústria de alimentos, como surfactante e fonte de carboidratos prebióticos, como os frutooligosacarídeos (FOS), além de atuar como estabilizador de emulsões (Renata. Vardanega *et al.*, 2017). De acordo com (Dinan, 2001) os principais componentes isolados das raízes da *Pfaffia* são o estigmasterol, sistosterol, alantoína, ecdisteróides, triterpenóides e nortriterpenóides. Entre os constituintes presentes da *Pfaffia glomerata*, destaca-se o composto 20-hidroxiecdisona ou β -ecdisona (20E), um ecdisteróide análogo dos hormônios de insetos envolvidos na ecdise.

Sabe-se que a recuperação de metabolitos secundários por extração é um processo essencial para a descoberta de medicamentos e requer a recuperação de constituintes químicos de uma matriz complexa de material vegetal, necessitando a ruptura das paredes celulares da planta. De qual maneira podemos obter os biocompostos do ginseng brasileiro sem utilizar solventes tóxicos, sem gerar resíduos e com máximo rendimento, sem alterar os componentes químicos presentes na planta? A preocupação com a sustentabilidade e o meio ambiente deu início a uma nova forma de obtenção de metabólitos secundários oriundos de plantas, a chamada tecnologia limpa ou “verde”.

Dá-se esse nome devido à forma de obtenção dos extratos, ou seja, é uma tecnologia que não necessita da utilização de solventes tóxicos, não deixa resíduos no extrato final e trabalha com um baixo consumo energético. Como exemplos dessa tecnologia limpa, pode-se citar a extração por fluidos supercríticos (SFE), a extração por líquidos pressurizados (PLE) e a extração via água subcrítica (SWE). Tais tecnologias empregam CO_2 , etanol, água ou qualquer outro solvente considerado limpo acompanhado do controle da pressão, vazão, tempo e temperatura, otimizando assim o processo de extração e melhorando os rendimentos obtidos.

Essa tecnologia limpa vem de encontro com os preceitos dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o nono objetivo. Para o avanço tecnológico das pesquisas científicas e dos mais diversos ramos industriais, é primordial o uso de processos ambientalmente corretos e que utilizem cada vez mais fontes de recursos renováveis e que não agridam o meio ambiente. Nesse sentido, as tecnologias limpas que utilizam fluidos supercríticos têm um papel relevante e que contribui com os ODS.

Nesse trabalho foi realizado extrações de amostras de raízes do ginseng brasileiro utilizando metanol (solvente orgânico) em um aparelho Soxhlet e comparada com estudos da literatura que utilizaram o método de extração, com o viés sustentável, chamada de extração via água subcrítica

(SWE). Para tanto, foram realizadas análises de composição centesimal das raízes de ginseng, utilizando a metodologia bromatológica clássica Internacional Oficial da AOAC para cinzas, umidade, proteína bruta, fibra bruta, carboidratos totais e lipídios.

Para fins de caracterização dos compostos presentes nos extratos do ginseng, foram utilizadas as técnicas espectrofotométricas de ressonância magnética nuclear com Transformada de *Fourier* (FT-RAMAN) e infravermelho próximo com Transformada de *Fourier* (FT-NIR). Os resultados obtidos para as análises bromatológicas demonstraram semelhança aos encontrados na literatura para proteína bruta, umidade, lipídios e cinzas. Exceto carboidratos em que tivemos uma diferença de um pouco mais de 13%. Os espectros de FT-RAMAN e FT-NIR demonstraram a presença de compostos importantes presentes no ginseng, como o Selênio (Se) bem como a confirmação da presença de β -ecdisona.

2. Materiais e métodos

2.1 Material Vegetal

As amostras de raiz de ginseng brasileiro foram obtidas por meio de uma parceria com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e produtores de ginseng do município de Querência do Norte, PR. O local de cultivo abriga uma unidade de conservação de uso sustentável, chamada de Área de Proteção Ambiental (APA) das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná.

2.2 Métodos

As raízes foram colhidas no mês de outubro de 2017, passando por um processo de seleção, lavagem e fracionamento em fatias de 0,1mm de espessura, totalizando 4kg de amostra. Após esses procedimentos foram dispostas em bandejas de malha fina e secas em estufa de ar circulante (Solab®) a 45°C por 30 horas. A umidade das amostras de raízes foi medida em uma balança determinadora de umidade (Metrohm® série Moisture MA), onde houve uma redução de 70% (inicial) para 7% (final). As amostras das raízes secas foram acondicionadas em sacos plásticos herméticos e armazenadas no freezer para evitar a perda de compostos voláteis.

2.2.1 Obtenção do extrato vegetal

Empregou-se o método Soxhlet utilizando como solvente o metanol (Alpha Tech, 99.8%) para obtenção dos extratos das raízes do Ginseng. Foi fixada 10g de amostra armazenados em cartuchos de papel filtro com dois períodos de extração distintos (04 e 05 horas). Após o término do período de extração, o extrato foi colocado no rotaevaporador para remoção do solvente.

2.2.2 Análises bromatológicas

Para a realização de todas as análises bromatológicas (proteína bruta, fibra bruta, cinzas, umidade, lipídios e carboidratos) nas amostras de raízes de ginseng, foi utilizado como referência a metodologia oficial internacional da AOAC 18ª edição de 2005. Todas as medidas foram realizadas em duplicata.

2.2.3 Medições espectrais FT-NIR do extrato da raiz de Ginseng

Para realização da análise espectroscópica de infravermelho próximo - FT-NIR foi utilizado o espectrofotômetro FT-NIR (Buchi, modelo N200) que utiliza um interferômetro de Michelson, a leitura é feita por reflectância e o caminho óptico é de 0.5mm. Para análise dos espectros foi utilizado o software Origin® (Origin 6.0: Scientific Data Analysis and Graphing Software Origin Lab Corporation (formerly Microcal Software, Inc.)). Todas as medidas foram realizadas em duplicata.

2.2.4. Medições espectrais FT-RAMAN do extrato da raiz de Ginseng

Para o estudo dos espectros Raman foi utilizado um espectrômetro da marca Bruker, Vertex 70v, Ram II, Alemanha. O sistema é constituído de um espectrômetro de infravermelho por transformada de *Fourier* (FT-IR) acoplado a um módulo de detecção de espalhamento Raman. Utilizou-se um laser de Nd:YAG com comprimento de onda de 1064 nm para excitação com potência nominal de 500 mW. A detecção foi feita por um detector de germânio mantido sob refrigeração de nitrogênio líquido. A aquisição dos dados foi feita por um computador via programa OPUS[®] 6.5, no qual os interferogramas são convertidos em espectros Raman via transformada de *Fourier*. Cada espectro obtido foi uma média de 500 varreduras com resolução espectral de 4 cm⁻¹, medidos entre 4000 a 400 cm⁻¹. Para análise dos espectros foi utilizado o software Origin[®] (Origin 6.0: Scientific Data Analysis and Graphing Software Origin Lab Corporation (formerly Microcal Software, Inc.)). Todas as medidas foram realizadas em duplicata.

2.2.5. Tratamento estatístico

Para o tratamento e representação estatística gráfica dos dados foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel[®].

3. Resultados e discussão

Na literatura existem poucas pesquisas referentes ao estudo da composição centesimal do ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata*. (Renata Vardanega *et al.*, 2017) realizou um estudo sobre a obtenção de carboidratos prebióticos (frutooligossacarídeos) e o principal composto presente no ginseng, a saponina β-ecdisona por meio da extração via água subcrítica (SWE), uma tecnologia limpa que utiliza água como solvente, tempo, pressão, vazão e temperatura controlados. Existe uma crescente demanda por essas tecnologias ambientalmente corretas devido aos seus benefícios.

Na Tab. 1, podemos observar os resultados obtidos da composição centesimal realizada pela metodologia clássica via Soxhlet nas amostras de raízes de ginseng *Pfaffia glomerata*, e para fins de comparação, na terceira coluna, encontra-se os resultados obtidos por (Renata Vardanega *et al.*, 2017) utilizando a extração via água subcrítica (SWE). Nos dois estudos as amostras de ginseng pertencem a mesma espécie, porém provenientes de diferentes locais de cultivo.

Tab. 1. Composição centesimal das raízes do ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen.

Metodologia analítica	Resultados (Soxhlet) (%)	Resultados (SWE) (Vardanega, 2017) (%)
Umidade	7.9 ± 0,2	10.2 ± 0,2
Proteína bruta	6.4 ± 0.2	5.8 ± 0.2
Fibra bruta	15.6 ± 0.2	N.R
Cinzas	4.57 ± 0.03	5.99 ± 0.02
Carboidratos totais	65.55 ± 0.04	78.22 ± 0.06
Lipídios	0.025 ± 0.002	0.020 ± 0.001

Comparando os resultados de umidade, ou seja, à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida, obtidos no presente estudo com os resultados obtidos por Vardanega, verificamos uma variação de 2.3%. Tal fato pode ser explicado devido às condições climáticas da época de colheita, bem como a quantidade de água inicial disponível nas raízes.

Em relação aos componentes orgânicos e inorgânicos observou-se uma diferença de 0.6% e 1.42% para o teor de proteína e cinzas, respectivamente. Essas variações podem ser explicadas pelo fato das raízes de ginseng utilizadas no presente estudo, serem provenientes de uma região de alagado, onde a cheia do rio Paraná carrega uma vasta gama de nutrientes provenientes do solo de toda a região de alcance da bacia hidrográfica em questão. Conforme relatado por (Corrêa-júnior *et*

al., 2016), outro fator que pode interferir na composição centesimal das raízes de ginseng é o fato de os produtores receberem apoio técnico para o cultivo das raízes, consistindo no acompanhamento nutricional em todas as etapas de desenvolvimento da planta, onde a adubação utilizada nas plantas é orgânica, proveniente de bovinos e aves.

Para o teor de lipídios houve uma diferença pequena (0.020%) entre o determinado e o apresentado por Vardanega (0.025%). O resultado que teve variação significativa, sendo objeto de estudo de comparação, são os teores de carboidratos totais. A diferença encontrada foi de um pouco mais de 13% entre o método Soxhlet e o determinado por extração via água subcrítica (SWE). O resultado demonstra a eficiência de maior rendimento de compostos por esse último método.

A metodologia SWE se mostrou mais eficiente quando comparada ao método Soxhlet, pois permite o controle de diversos parâmetros como temperatura, pressão e vazão do solvente, obtendo-se assim maior rendimento de extração. Por fim, verificou-se ainda no estudo de Vardanega que a extração SWE é mais eficiente para obtenção de carboidratos e β -ecdisona, totalizando 8.8g de carboidratos prebióticos por 100g de extrato de ginseng e 0.7g de β -ecdisona por 100g de extrato de raízes de ginseng, respectivamente.

Para fins de verificar a relação entre o tempo de extração e rendimento foi realizado um estudo estatístico utilizando o *software Microsoft Office Excel®* com os dados obtidos da extração via Soxhlet, conforme observados na Tab. 2 e Fig. 1.

Tab. 2. Dados obtidos em duplicata referentes à extração via Soxhlet com intervalo de confiança de 95% e nível de significância $p < 0,05$.

Ensaio	Teste 1 Rendimento	Teste 2 Rendimento	Média	Desvio padrão	Variância
1	3,356	3,394	3,375	0,0190	0,00036
2	3,269	3,125	3,197	0,0720	0,00518
3	3,357	3,369	3,363	0,0060	0,00004
4	3,375	3,125	3,250	0,1250	0,01563
5	3,208	3,352	3,280	0,0720	0,00518
6	3,361	3,196	3,279	0,0825	0,00681
7	3,393	3,164	3,279	0,1145	0,01311
8	3,349	3,126	3,283	0,0665	0,00442
9	4,452	4,354	4,403	0,0490	0,00240
10	4,461	4,451	4,456	0,0050	0,00003
11	4,289	4,319	4,304	0,0150	0,00023
12	4,489	4,499	4,494	0,0050	0,00002
13	4,498	4,319	4,409	0,0895	0,00801
14	4,411	4,493	4,452	0,0410	0,00168
15	4,261	4,496	4,379	0,1175	0,01381
16	4,499	4,457	4,478	0,0210	0,00044

Coeficiente de correlação R^2 : 0,9952

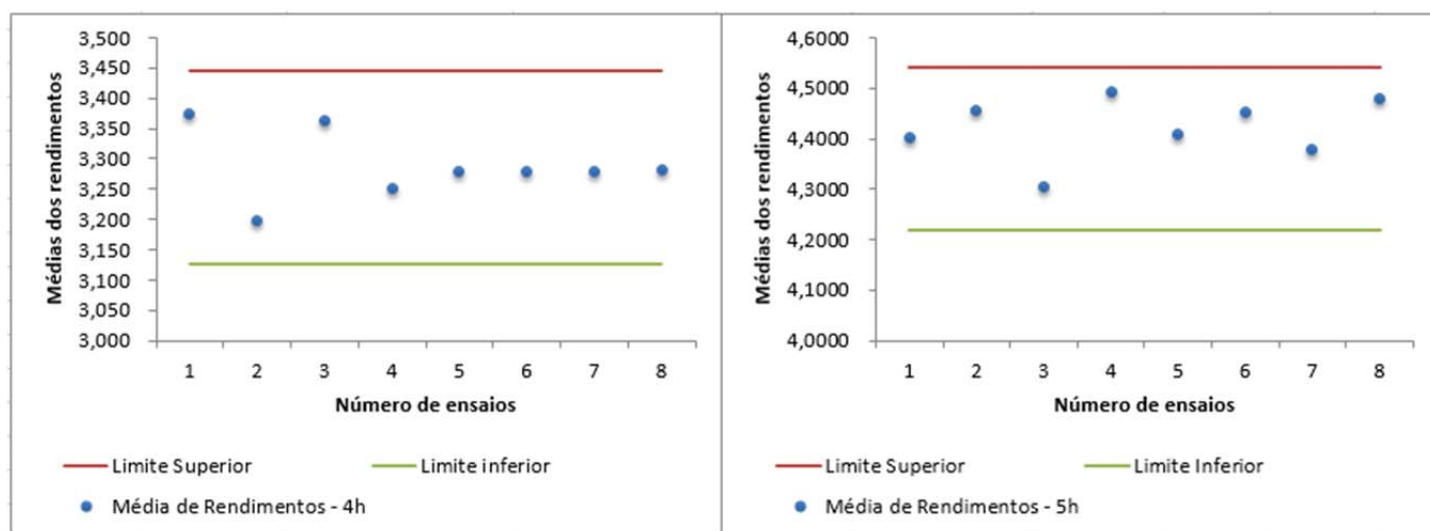


Fig. 1. Gráficos dos limites superiores e inferiores de desvio padrão das médias dos rendimentos de extração via Soxhlet nos tempos de extração de 04 e 05 horas.

Na Tab. 2 temos os tempos de extração de 04 horas (ensaios 1 a 8) e 05 horas (ensaios 9 a 16) onde foram realizados 16 ensaios em duplicata, correlacionando com os rendimentos da extração via Soxhlet. As médias obtidas das extrações foram semelhantes para os respectivos tempos, conseqüentemente a variância obtida foi estatisticamente insignificante, ou seja, o coeficiente de correlação R^2 obtido foi igual a 0.9952. Os gráficos número de Ensaio X Média de rendimento (%) para os tempos de 04 e 05 horas de extração, referentes à Fig. 1, demonstram a plotagem da Tab. 2. A partir dos resultados das médias dos rendimentos foi determinado os limites superior e inferior. Deste modo, podemos inferir que os dados obtidos se encontram dentro do intervalo dos limites, corroborando com a irrelevância da relação entre tempo e rendimento.

Isso demonstra que o processo de extração via Soxhlet é, também, muito eficiente perante as condições de extração impostas ao experimento.

Os espectros de absorção FT-NIR obtidos para o extrato da raiz são apresentados na Fig. 2.

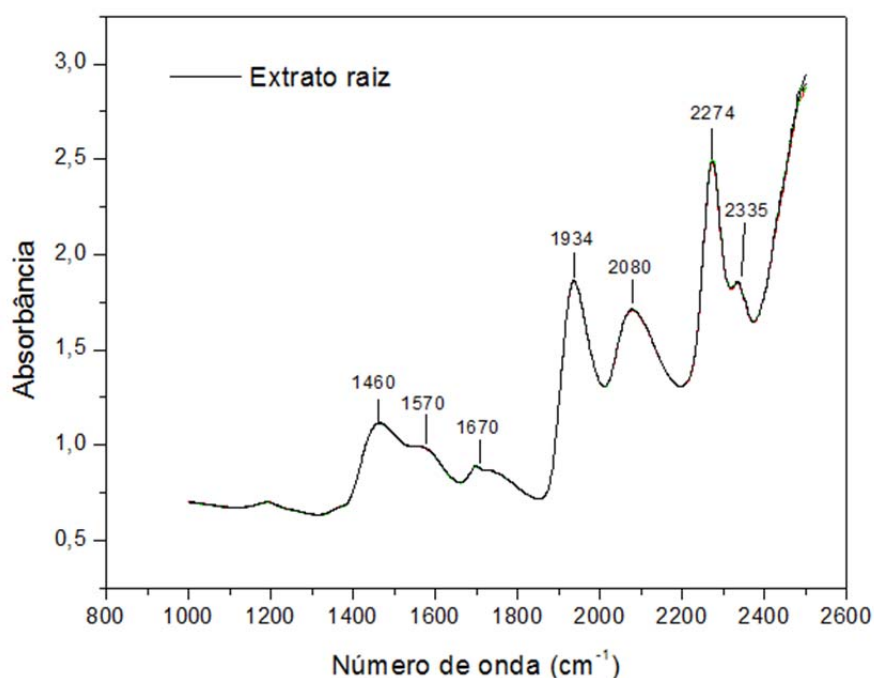


Fig. 2. Espectro de FT-NIR para o extrato de raiz do ginseng *Pfaffia glomerata*.

Analisando o espectro de FT-NIR pode-se inferir que o valor do pico observado em 1460 cm^{-1} de acordo com (Socrates, 1994), pode ser característico do grupo dos selenofenos monosubstituídos que contêm selênio, carboidratos e lipídios. O valor do pico observado em 1570 cm^{-1} , pode ser característico dos compostos nitro aromáticos, selenazolinás, selenazol e benzoselenazol.

O valor do pico observado em 1670 cm^{-1} de acordo com (Socrates, 1994), pode ser característico das amidas primárias, que tem uma banda muito forte devido ao alongamento da banda de vibração C=O em 1670 cm^{-1} . O valor do pico observado em 1934 cm^{-1} apresenta característica dos compostos com um ou mais átomos de halogênio diretamente ligados a um grupo carbonila que absorvem fortemente devido à vibração de alongamento de carbonila. Outro valor de pico observado foi em 2080 cm^{-1} que pode ser característico do grupo das azidas orgânicas, compostos de piridina características dos compostos aromáticos homonucleares, alongamento da banda de C-H e sobretons na região de 2080 cm^{-1} . O valor do pico observado em 2274 cm^{-1} tem sido associado aos alcinos conjugados e aril fosfinas. O valor do pico observado em 2235 cm^{-1} , pode ser característico dos conjugados de nitrilos e nitrilas alifáticas saturadas.

A Fig. 3, mostra o espectro de Ressonância Magnética Nuclear (FT-RAMAN) para as amostras de extrato das raízes de ginseng obtido via Soxhlet e o padrão HPLC β -ecdisona (Sigma-Aldrich®).

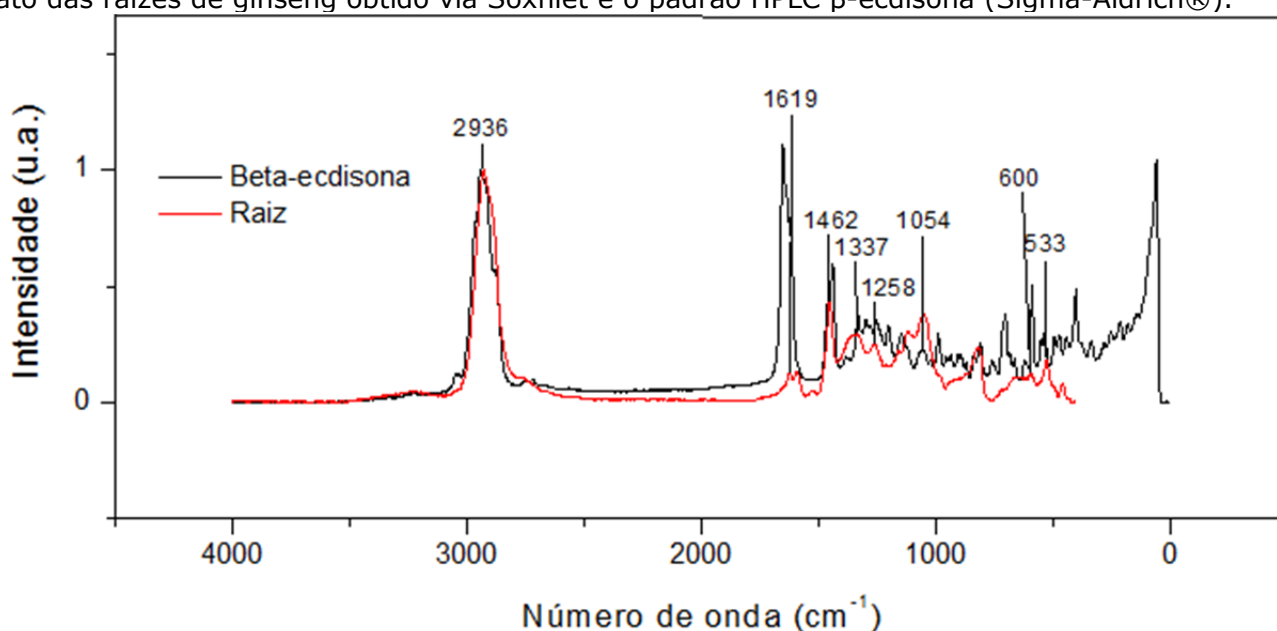


Fig. 3. Espectro de FT-RAMAN para extrato de raiz de ginseng *Pfaffia glomerata* e padrão HPLC β -ecdisona.

Analisando o espectro de FT-RAMAN, o pico em 533 cm^{-1} tem sido reportado e associado ao amido segundo (Zhang *et al.*, 2010). De acordo com (Socrates, 1994) o pico corresponde aos selenóxidos e selenetos de triafinilfosfina. O valor do pico observado em 600 cm^{-1} pode ser característico dos alcanos, álcoois secundários, fenóis, açúcares piranose acetilados, amidas primárias, selenoamidas, selenatos e anidridos do ácido selenínico. No caso dos derivados de amido, éster, sal e cloreto de ácido de selenofórico, ácido selenofosfônico e ácido selenofosfínico, a banda é forte e na faixa de 600 cm^{-1} . O valor do pico observado em 1050 cm^{-1} pode ser característico das aminas alifáticas primárias, amidas, benzenos monosubstituídos, compostos de alógenos aromáticos e grupos fosfato.

O pico em 1258 cm^{-1} de acordo com (Socrates, 1994), tem forte evidência das misturas de hidrocarbonetos clorados alifáticos, polissacarídeos, álcoois primários e secundários. O valor do pico observado em 1337 cm^{-1} pode ser característico da celulose e aminoácidos livres. O valor do pico observado em 1462 cm^{-1} , pode ser característico dos derivados dos carboidratos, lipídios e compostos alifáticos. O pico em 1619 cm^{-1} pode ser característico dos complexos de EDTA, sais de ácidos carboxílicos, amido ácidos, compostos aromáticos e amidas primárias. O pico em 2936 cm^{-1} , pode ser característico dos lipídios. Por fim, os picos 1462 cm^{-1} , 1337 cm^{-1} e 1258 cm^{-1} observados são também

característicos do ginseng coreano *Panax ginseng* (Edwards, Munshi e Page, 2007).

Diante das explicações dos picos observados tanto no FT-NIR como no FT-RAMAN, pode-se inferir algumas características importantes sobre o ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata*, como por exemplo, a presença do mineral selênio (Se) em diferentes formas e em diversas bandas de absorção. Como já mencionado o ginseng possui comprovada atividade antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral. Essas propriedades são características do mineral selênio em sua ação no organismo humano. Conforme observado por (Freitas *et al.*, 2014), o selênio é um oligoelemento considerado essencial para o corpo humano devido à sua participação em importantes funções metabólicas (Porras *et al.*, 2010; Uslu *et al.*, 2010), bem como no sistema imunológico no metabolismo hormonal da tireoide (Porras *et al.*, 2010; Uslu *et al.*, 2010), na infertilidade masculina, em neoplasias e em doenças cardiovasculares (Uslu *et al.*, 2010) e possui propriedades antioxidantes (Porras *et al.*, 2010; Cominetti *et al.*, 2011).

Observou-se ainda a presença de amido, lipídios, complexos EDTA, carboidratos ésteres, cetonas, amidas, álcoois, aminoácidos e compostos aromáticos característicos da estrutura química da principal saponina encontrada nas raízes de ginseng, a β -ecdisona (Fig. 4). É importante ressaltar que no espectro de FT-RAMAN ao comparar o espectro do composto padrão de β -ecdisona foi possível a detecção de 08 bandas idênticas em 533 cm^{-1} , 600 cm^{-1} , 1258 cm^{-1} , 1337 cm^{-1} , 1462 cm^{-1} , 1619 cm^{-1} , 2936 cm^{-1} , comprovando-se então, que o composto está presente nas raízes. Pode-se observar que a estrutura química da β -ecdisona (Fig. 4.) é a de um esteroide, mais especificamente um fitoesteroide natural.

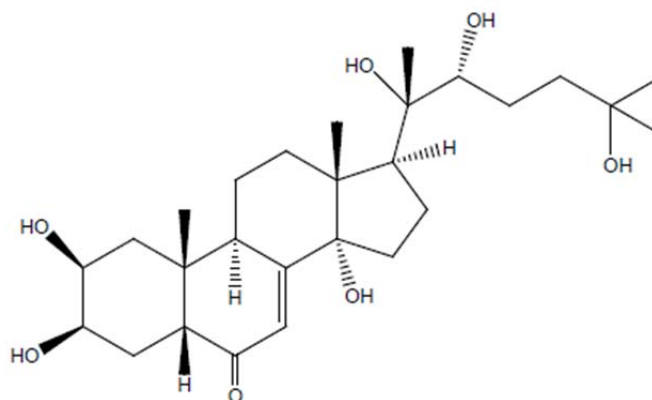


Fig. 4. Estrutura química da β -ecdisona, (Vardanega, 2016).

A β -ecdisona é um esteroide natural. (Bruice, 2006) define os hormônios como sendo mensageiros químicos e muitos são chamados de esteroides. Os esteroides são lipídios porque são substâncias apolares. Seu caráter apolar lhes permite atravessar membranas celulares, podendo deixar as células nas quais são sintetizados e entrar nas células-alvo. Todos os esteroides contêm um sistema de anéis tetracíclico. Os quatro anéis são denominados A, B, C e D. A, B e C são anéis de seis membros e D é um anel de cinco membros. Diversos picos tanto no espectro de NIR quanto no espectro de FT-RAMAN demonstraram a presença de compostos aromáticos, podendo-se inferir que seja a presença do esteroide β -ecdisona.

No presente estudo não foi quantificado o teor de β -ecdisona do extrato obtido das raízes de ginseng. No entanto, Vardanega obteve por meio de SWE, 0.7g/100g de β -ecdisona quantificados via HPLC. O que pode ser observado no espectro de FT-RAMAN foi a presença de diversas bandas que continham compostos aromáticos, além de haver 08 picos característicos entre a amostra de extrato de raiz e a amostra padrão HPLC de β -ecdisona, reforçando, assim a presença do composto na amostra em estudo.

4. Conclusão

Os dados obtidos por meio das análises bromatológicas realizadas no presente estudo são semelhantes aos encontrados na literatura (Vardanega, 2017). No entanto, o teor de carboidratos

totais obtidos pela extração clássica via Soxhlet foi 13.17% menor em relação ao (SWE). Essa variação no rendimento pode ser justificada pelos diferentes ajustes nos parâmetros das técnicas de extração empregadas. A tecnologia limpa SWE utiliza vazão, pressão, tempo e temperatura controlados, enquanto no Soxhlet somente o tempo e o tipo de solvente são controlados.

Os dados de extração via Soxhlet submetidos ao tratamento estatístico resultaram em um intervalo de confiança de 95% e nível de significância $p < 0,05$, cujo valor da correlação R^2 foi de 0.9952, isso significa que são confiáveis, não havendo diferenças estatísticas significantes entre os tempos de extração e rendimento para 04 e 05 horas.

As raízes de ginseng se mostraram uma eficiente fonte de saponinas como a β -ecdisona. O espectro de FT-RAMAN demonstrou a semelhança em 08 picos de absorção, corroborando a presença do composto β -ecdisona. Outro composto identificado pelos espectros de FT-RAMAN e FT-NIR foi a presença do mineral Selênio (Se), amplamente explorado pela indústria farmacêutica e alimentícia.

Por fim, os resultados obtidos no estudo do ginseng brasileiro *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen abrem fronteira para novas perspectivas de pesquisas científicas em tecnologias limpas, como a extração supercrítica como a SWE, PLE e SFE com enorme potencial econômico e tecnológico. Nas indústrias farmacêuticas e a alimentícias poderão ser utilizados como agente surfactante ou fonte de minerais como o selênio, além de uma excelente fonte obtenção de β -ecdisona.

5. Referências bibliográficas

Bruice, P. Y. (2006) *Organic chemistry*.

Corrêa-júnior, C. *et al.* (2016) "Pfaffia glomerata Ginseng-brasileiro (Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro - Região Centro-Oeste)", *Biodiversidade*.

Dinan, L. (2001) *Phytoecdysteroids: biological aspects*, *Phyto-chemistry* DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00078-4. doi: 10.1016/S0031-9422(01)00078-4.

Edwards, H. G. M., Munshi, T. e Page, K. (2007) "Analytical discrimination between sources of ginseng using Raman spectroscopy", *Anal Bioanal Chem* DOI 10.1007/s00216-007-1605-4, 389, p. 2203–2215. doi: 10.1007/s00216-007-1605-4.

Freitas, R. G. B. O. N. *et al.* (2014) "Deficiência de selênio e os efeitos da suplementação em prematuros", *Revista Paulista de Pediatria*, 32(1), p. 126–135. doi: 10.1590/S0103-05822014000100019.

Socrates, G. (1994) *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies Contents*.

Souza, V. C. e Lorenzi, H. (2005) *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II, Instituto Plantarum*.

Vardanega, R. (2016) "The use of clean technologies to obtain biosurfactants and prebiotic carbohydrates from Brazilian ginseng (*Pfaffia glomerata*)", *Tese de doutorado*, (3).

Vardanega, R. *et al.* (2017) "Obtaining prebiotic carbohydrates and beta-ecdysone from Brazilian ginseng by subcritical water extraction", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Elsevier, 42(May), p. 73–82. doi: 10.1016/j.ifset.2017.05.007.

Vardanega, R. *et al.* (2017) "Techno-economic evaluation of subcritical water extraction of prebiotic carbohydrates and beta-ecdysone from brazilian ginseng roots and aerial parts", *Journal of Food Engineering*. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jfbp.2016.10.010>, 101, p. 45–55.

Zhang, Y. *et al.* (2010) "Evaluation of different grades of ginseng using Fourier-transform infrared and two-dimensional infrared correlation spectroscopy", *Journal of Molecular Structure*. Elsevier B.V., 974(1–3), p. 94–102. DOI: 10.1016/j.molstruc.2009.12.027.