

APLICAÇÃO DE NARIZ ELETRÔNICO PARA DETECÇÃO DE VOLÁTEIS EM ÓLEO DE COCO EXTRAÍDO COM E SEM SOLVENTE

Application of electronic nose for volatile detection in coconut oil extracted with and without solvent

Elisiane Galvagni¹; Adriana Marcia Graboski¹; Sandra Cristina Ballen¹; Rosangela Assis Jacques²; William Ferreira Alves³; Juliana Steffens¹; Clarice Steffens¹

¹ Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

² Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

³ Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

Data do recebimento: 11/04/2019 - Data do aceite: 07/06/2019

RESUMO: O óleo de coco vem sendo muito estudado por ser considerado um alimento rico em nutrientes com diversos benefícios. Com estas boas perspectivas de mercado para esse óleo, busca-se cada vez mais atender o padrão de qualidade das indústrias. Métodos não convencionais, como nariz eletrônico, vêm sendo utilizados para o controle de qualidade desses óleos, por possuírem respostas rápidas, baixo custo e facilidade de uso. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação de nariz eletrônico para detecção de óleo de coco (com e sem solvente) e caracterização com o uso de cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massas (GC-MS). Os óleos de coco caracterizados mostraram compostos por ácidos graxos saturados e insaturados. Os sensores com filme de polianilina (PAni) em sua forma condutora foram confirmados pelas análises de ultravioleta visível (UV-vis) e difratometria de raios X (DRX). O nariz eletrônico foi capaz de diferenciar o óleo de coco obtido pelas diferentes técnicas de extração. Os resultados obtidos demonstram boas perspectivas do uso de nariz eletrônico na detecção de voláteis em óleos.

Palavras-chave: Óleo de Coco. Sensores. Polianilina. Nariz Eletrônico.

ABSTRACT: Coconut oil has been widely studied because it is considered a nutrient rich with several benefits. With these good market prospects for this oil, it is increasingly sought to meet the quality standard of the industries. Unconventional methods, such as electronic nose, have been used to control the quality of these oils because they bring fast answers, low cost and ease of use. In this way, the present work had the objective of applying an electronic nose for detection the coconut oil (with and without solvent) and characterization with gas chromatography coupled to mass spectroscopy (GC-MS). Coconut oils showed saturated and unsaturated fatty acid compounds. The sensors with polyaniline film (PAni) in their conductive form were confirmed by the analysis of visible ultraviolet (UV-vis) and X-ray diffraction (XRD). The electronic nose was able to differentiate the coconut oil obtained by different extraction techniques. The results obtained demonstrate good prospects of the use of electronic nose in the detection of volatiles in oils.

Keywords: Coconut Oil. Sensors. Polyaniline. Electronic Nose.

Introdução

Os óleos extraídos de folhas, cascas ou sementes são misturas complexas de substâncias voláteis, apresentam ricas propriedades em suas composições químicas e uma variedade de aplicações em alimentos, cosméticos, fitocosméticos, sabonetes, etc. (ALVES et al., 2015).

Visto a gama de utilização dos frutos da Amazônia, especialmente para produção de óleos, torna-se relevante a preocupação em desenvolver pesquisas aplicadas que garantam embasamento científico na defesa da qualidade destes produtos naturais provenientes da floresta amazônica. Este patrimônio social, cultural e econômico é de valor inestimável e demanda iniciativas científicas urgentes. Além disso, representam também um grande potencial econômico, trazendo alternativas de diversificação de produção e renda complementar para as famílias extrativistas, destacando-se a produção de óleo de coco (SOUZA et al., 2010).

O óleo de coco está emergindo como um alimento funcional por ser composto por um alto teor de ácidos graxos de cadeia média, como o ácido láurico, além de apresentar compostos fenólicos e antioxidantes. Sendo que seu consumo melhora significativamente a saúde por possuir propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, antimicrobianas, hepatoprotetores, antivirais, antidiabéticos, anticânceres, antitrombótico. Sendo muito utilizado na medicina, na indústria de alimentos, cosmética e farmacêutica (DEBMANDAL; MANDAL, 2011; FAMUREWA et al., 2017).

Considerando o fato de que na produção extrativista não há qualquer preocupação com as características físico-químicas do óleo de coco, nem dados experimentais que acompanhem o método de extração dos mesmos, além de variações sazonais e condições de armazenamento, isso resulta em qualidade e características sensoriais variáveis desse óleo. O desenvolvimento de um método capaz de avaliar a influência do processo de extração, das variações sazonais e das condições de armazenamento na qualidade desse

óleo se faz necessário (APARECIDA; MORAIS, 2009). Neste contexto, uma alternativa é a utilização de uma técnica conhecida como nariz eletrônico, a qual vem se mostrando promissora no controle de qualidade de óleos.

O nariz eletrônico é um método que vem sendo usado para detecção e identificação de compostos voláteis em óleos. O sistema utiliza eletrodos recobertos por uma camada ativa (polímeros, por exemplo), que irão interagir com os compostos voláteis, gerando um determinado padrão de respostas para cada amostra que é exibido em um computador, o qual, então, fará a memorização do padrão de resposta elétrica característico a cada tipo de amostra. Assim, sendo possível ser aplicado para detecção de mudanças no: tipo de extração, armazenamento e variação sazonal dos óleos extraídos, o que seria interessante já que assim se obteria um processo de controle da qualidade e padronização desses óleos (ASIKIN et al., 2015; HADDI et al., 2013).

Desse modo, este trabalho teve como principal objetivo a aplicação de nariz eletrônico para detecção de óleo de coco utilizando diferentes técnicas de extração (com e sem solvente) e posterior caracterização com o uso da técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massas (GC-MS).

Material e Métodos

Extração do óleo de coco

a) Extração do óleo de coco sem o uso de solvente

As amostras de coco foram extraídas de frutos da região do Vale do Juruá/Amazônia e foram fornecidas por meio de parceira estabelecida com o Prof. Dr. William Ferreira Alves, da UFAC (Universidade Federal do Acre). Os frutos foram coletados por famílias e comunidades extrativistas da região do vale do Juruá, sendo que eram coletados na flores-

ta sem a destruição das árvores nativas, sem alteração do hábitat natural. Após a coleta, os frutos eram selecionados, descascados e levados a “estufas caseiras” (forno a gás Venax com volume de 45L, 1000W), mantidas em temperatura de 35 a 45 °C por dois dias para evitar a degradação por fungos.

Após a secagem, os frutos eram colocados em panelas com água e mantidos sobre aquecimento até a ebulição por 2 a 3h. Depois deste período, o óleo vegetal era retirado por diferença de densidade entre a água e o óleo e então era armazenado em recipientes protegido da luz e da umidade.

b) Extração do óleo de coco com o uso de solvente

Para a realização do processo de extração, primeiramente foi montado um aparato experimental do tipo Soxhlet contendo um: tubo condensador, tubo extrator, cartucho onde a amostra era acondicionada, sifão, balão de vidro com pedras de porcelana, manta de aquecimento e duas mangueiras, ligada a um suporte universal de resfriamento de água para condensação do solvente. Após a montagem do sistema de extração, preparou-se um cartucho de celulose onde foi inserida uma quantidade de 13,054 g de coco ralado comercial (Sococo). Após ter sido preparado, o cartucho foi acondicionado dentro do Soxhlet, adicionado 150 mL de hexano (cinética 95 % de pureza) ao balão de vidro até ser observado o retorno do solvente para o balão. A circulação de água foi ligada a fim de condensar o solvente e evitar que ocorresse perda do mesmo. O sistema de aquecimento foi acionado, mantendo-se sempre o refluxo, deixando o solvente sifonar até que a solução no corpo extrator causasse três sifonações, ou seja, três voltas. Após a extração, o solvente foi eliminado por meio de rotaevaporador acoplado a uma bomba de vácuo (Tecnal TE-058). O óleo obtido foi armazenado em frasco âmbar a temperatura ambiente.

Avaliação da composição do óleo utilizando cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (GC-MS)

A composição do óleo de coco (com e sem solvente) foi realizada pelo uso da técnica de GC-MS. O cromatógrafo gasoso é acoplado ao detector seletivo de massa (Shimadzu, modelo: GC-2010 Plus), equipado com uma coluna polar Rtx-Wax Restek (30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno x 0,25 mm de espessura), com detector de ionização de chama. A programação de temperatura utilizada foi de 80°C (5 min), 80°C-200°C (20°/min); 200°C (5 min), 200°C-230° (5°/min), 230°C (10 min), temperatura do injetor 250°C, detector a 275°C, modo de injeção *split*, razão de *split* 50:1. O gás hidrogênio (56 kPa) foi usado como gás de arraste. Um volume de 0,4 µL de óleo diluído em diclorometano (1:10) foi injetado no GC-MS.

Nariz Eletrônico

Desenvolvimento dos sensores com filme de Pani

Primeiramente, foram elaborados os eletrodos interdigitados à base de grafite, segundo metodologia descrita por Steffens et al. (2009), pelo uso da técnica de formação de trilhas, totalizando 22 trilhas. As máscaras (linhas/área) usadas na técnica de formação de trilhas (Line Patterning) foram desenhadas usando-se *software* convencional (Microsoft Publisher™ e Microsoft Paint™) e impressas sobre um substrato de papel vegetal utilizando-se uma impressora *laser jet*. Uma dispersão aquosa de grafite (Aquadag E, Acheson Colloids Company) foi preparada misturando-se grafite em água Mili-Q na proporção 1:4 (massa/volume) sob agitação magnética para posterior deposição e reco-

brimento das máscaras já impressas sobre o papel vegetal.

Posteriormente, realizou-se a formação da camada sensitiva sobre os eletrodos interdigitados de grafite. Para tanto, realizou-se a síntese e deposição de polianilina (Pani) de acordo com Steffens et al. (2009). Para realização dessa síntese, 198 µL de anilina (Sigma Aldrich 99,5 %), destilada a vácuo, foram adicionados em 66 mL de HCl (1M) (Merck 99 %) (Solução A) e 0,498 g de persulfato de amônio (Sigma-Aldrich, 98 %) foram adicionados em 33 mL de HCl (1M) (Solução B). A Solução B foi adicionada sobre a Solução A, sendo mantidas a 0°C por 100 min. Após 100 min de reação, retirou-se os sensores do béquer, lavando-os com HCl (1M) em abundância para retirada do excesso de solução de síntese e deposição do filme de Pani, sendo que, posteriormente, os sensores eram acondicionados em dessecador a vácuo até completa secagem.

Caracterização dos sensores com filme de Pani

Realizou-se a análise de UV-Vis dos filmes de Pani utilizando-se uma cubeta de quartzo para as medidas. Os espectros foram obtidos utilizando-se um espectrofotômetro de UV-Vis da Agilent, modelo 8453E, na faixa de comprimento de onda de 200 a 1000 nm (HOPKINS; RASMUSSEN; BASH-SHEER, 1996).

A difratometria de raios X foi realizada na análise das amostras de Pani, apresentadas na forma de pó, sendo submetidas a um difratômetro convencional (Rigaku - Mini flex II), operando na geometria convencional 2 theta, sendo que o ângulo da análise se estendeu entre 1,35 a 70 graus, com as seguintes condições de análise: velocidade de varredura: 5 segundos/passos, com incremento de 0,05; utilizando um detector de cobre: 1,54 nm com uma voltagem do detector de 30 mA.

Obtenção da resposta de detecção do óleo de coco

O sistema de nariz eletrônico era composto de uma câmara de amostragem com volume de 1 L e uma abertura superior com raio de 0,2 cm que permitia a entrada de ar para que ocorresse a troca gasosa com o ar de laboratório, e dentro da câmara havia um suporte onde eram colocadas as amostras de óleo (± 3 mL), conforme reportado por Graboski et al. (2017). Primeiramente, era obtida uma linha de base: para isso era gerado um fluxo de ar sintético (0,1 L/min) e coletada a tensão a cada 10 s durante 10 min. Posteriormente, eram adicionados 3 mL de óleo (com e sem solvente, os quais foram analisados separadamente) e coletada a tensão durante 10 min a cada 10 s, sendo novamente gerado um fluxo de ar sintético para que os sensores voltassem a seu valor inicial de linha de base e coletada a tensão por 10 min a cada 10 s. Durante os experimentos, a temperatura e a umidade dentro da câmara foram monitoradas a cada 10 s por um sensor comercial (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x).

As alterações de sinal de tensão da câmara sensora do filme de Pani *in situ* eram enviadas para um circuito de medição composto por uma placa com fonte de alimentação, regulador de tensão, divisor de tensão. E, posteriormente, enviadas para o sistema de aquisição de dados (NOVUS, modelo Field Logger) conectado a um computador que gerava um arquivo de extensão “txt”. A partir deste arquivo era possível construir um gráfico de tempo de resposta (s) *versus* tensão elétrica (mV).

Resultados e Discussões

Caracterização do óleo de coco utilizando GC-MS

GC-MS é uma técnica amplamente utilizada e poderosa que é capaz de separar e

caracterizar os constituintes orgânicos mais leves, mais voláteis e menos polares de uma mistura química. Esta técnica foi utilizada para caracterizar a composição do óleo de coco extraído com e sem solvente para que, posteriormente, pudessem ser escolhidos os sensores adequados para compor o sistema do nariz eletrônico. A Tabela 1 demonstra todos os compostos detectados na composição do óleo de coco e seus tempos de retenção, área dos picos, nome e classe dos compostos, fórmula, peso molecular (PM) e índice de refração. Pode-se observar que os ácidos graxos saturados presentes no óleo de coco foram o caprílico, láurico, mirístico, palmítico e esteárico; e os insaturados foram oleico e linoleico. Os óleos de coco obtidos com ambos os métodos de extração apresentam grande quantidade do ácido duodecanoico.

Tabela I - Identificação de componentes majoritários presentes nos óleos de coco com e sem solvente

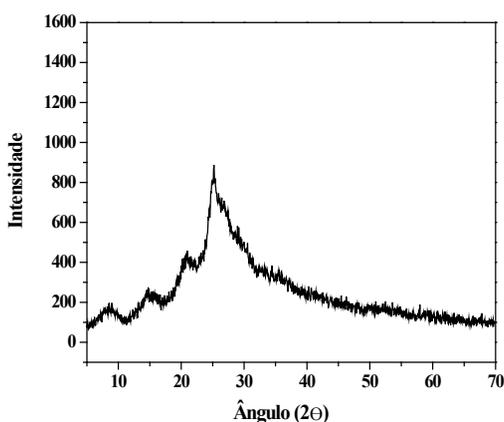
Nome do composto	Tempo de retenção (min)	Área (%)
Óleo de Coco com solvente		
2-Dodeciclobutanona	2,61	28,69
Ácido Mirístico	4,36	1,80
Ácido Duodecanoico	4,82	12,77
Ácido Caprílico	13,55	5,59
Ácido Duodecanoico	15,16	34,06
Ácido Esteárico	24,33	13,71
Outros	-	3,38
Óleo de Coco sem solvente		
Ácido Caprílico	13,54	4,70
Ácido Decanoico	21,15	4,10
Ácido Duodecanoico	16,60	40,80
Ácido Mirístico	4,36	20,30
Ácido Palmítico	36,96	12,3
Ácido Oleico	13,77	9,90
Ácido Linoleico	40,64	3,60
Outros	-	4,30

Os resultados encontrados no presente estudo estão de acordo com Araújo (2008), descrevendo que no óleo de coco os ácidos caprílico, cáprico, mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico e ácido láurico são encontrados. O autor também relata que menores concentrações de outros componentes podem ser encontrados, como os monoglicérides, diglicérides, fosfatídeos, ceras, pigmentos e esteróis.

Caracterização dos sensores com filme de Pani utilizados no nariz eletrônico

Os resultados de DRX das amostras de Pani estão mostrados na Figura 1. Pode-se observar que existem 4 picos de difração em $2\theta = 9; 15; 21$ e 25 , os quais são característicos da Pani. Estudos da literatura relatam picos de difração semelhantes aos encontrados no estudo para a Pani (CHAUDHARI; KELKAR, 1996; MAZZEU et al., 2017; STEFFENS et al., 2014; WAN; LI, 1999).

Figura 1 - DRX da amostra de Pani utilizada como camada sensora



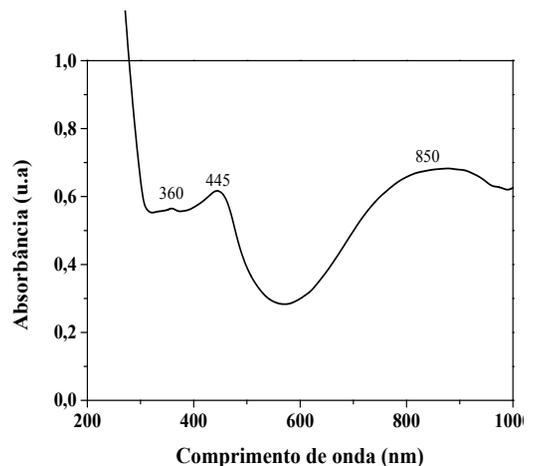
A Pani é considerada um polímero de natureza semicristalina. A fase em que as cadeias poliméricas são paralelas e ordenadas

em uma matriz compacta é a região dos cristaltos, enquanto a fase em que as cadeias não são ordenadas e não têm alinhamento paralelo é a região amorfa (MAZZEU et al., 2017). Os picos de difração da Pani ocorreram entre 9° e 30° , o que se deve à periodicidade paralela e perpendicular característica da cadeia do polímero (MOSTAFAEI; ZOLRIASATEIN, 2012).

O pico mais amplo em ângulo de 2θ em torno de 25° são características das distâncias de Van der Waals entre os anéis da Pani, indicando domínio cristalino em comparação ao estado amorfo (PRIYANKA; DENKATESH, 2015); a fase cristalina pode também ser identificada pelo pico 21, ambos os picos sendo característicos da Pani dopada (GALIANI et al., 2007; VARGAS et al., 2017)

Realizou-se a análise de UV-Vis para verificar se a Pani encontravam-se no modo dopado e condutivo para então serem utilizados na elaboração dos filmes sensitivos. A Figura 2 mostra o espectro da Pani obtida por síntese *in situ*.

Figura 2 - Espectros de absorção no UV-Vis da Pani utilizada como camada sensora nos sensores



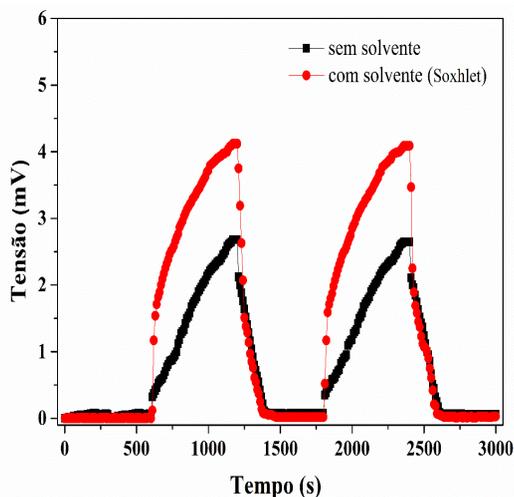
O espectro da Pani apresentado na Figura 2 apresentou um pico localizado na banda

360 nm, que está relacionada às transições eletrônicas $\pi-\pi^*$ envolvendo os anéis benzênicos e/ou quinoides (ALVES et al., 2013). A forma condutora da Pani (sal esmeraldina) possui 2 bandas de absorção características em torno de 420 nm e 800 nm devido à absorção do polaron formado na cadeia principal da Pani (ALVES et al., 2013; GALIANI et al., 2007; MANZOLI et al., 2011). Estas duas bandas típicas do estado condutor da Pani, encontradas no espectro obtido deste estudo, possuem um pequeno deslocamento (445 nm e 850 nm) se comparado aos resultados encontrados na literatura (BANERJEE; SARMAH; KUMAR, 2009; MANZOLI et al., 2011; MELAD; JARUR, 2016; PRIYAL; MANJULA G, 2012).

Resposta do óleo de coco utilizando nariz eletrônico

A detecção dos compostos voláteis presentes no óleo de coco com e sem solvente foi realizada utilizando sensores de gases confeccionados sobre eletrodos com substratos de papel vegetal, utilizando Pani como camada sensitiva. A resposta pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Resposta dos sensores de gases com filme de Pani expostos aos óleos de coco com e sem solvente



A Figura 3 mostra a resposta dos sensores de Pani na detecção de óleo de coco extraídos por meio de dois diferentes métodos. Após realizada a linha de base por mais ou menos 10 min, expôs-se os sensores aos óleos de coco, quando se pôde observar que houve um aumento significativo de tensão, indicando que houve detecção dos sensores. Pôde-se observar também que houve diferença de tensão entre os dois tipos de óleos de coco, reafirmando os resultados encontrados pelo uso da técnica de cromatografia indicada na Tabela 1, a qual também demonstrou diferença de composição com o uso de diferentes formas de extração do óleo.

A temperatura durante o processo de detecção foi de 32,12 ($\pm 1,91$) e a umidade de 49,60 ($\pm 1,11$). Estes parâmetros devem ser monitorados, pois podem influenciar no processo de detecção, uma vez que a água geralmente está presente em todos os lugares. Sendo a maioria dos sensores sensíveis à umidade, ela pode mascarar a contribuição dos outros compostos químicos que podem não ser efetivamente classificadas. A temperatura também é um parâmetro importante, pois afeta o equilíbrio adsorção-dessorção da amostra a ser analisada (BURLACHENKO et al., 2016).

Rañoia, Santiago e Sevilla, (2016) ao utilizarem uma matriz de sensores de polímeros condutores (como Pani, polipirrole e poli (3-metil-tiofeno)) para detecção de óleo de coco virgem, refinado, desnaturado e desodorizado, conseguiram respostas rápidas, reversíveis, reproduzíveis e obtiveram sinais diferentes para cada amostra de óleo de coco, indicando que o sistema desenvolvido foi capaz de distinguir os óleos de coco.

O sistema de nariz eletrônico composto por sensores de Pani mostrou-se como um método alternativo que fornece resposta rápida na distinção de diferentes óleos essenciais,

sendo que, assim como em outros estudos, conseguiu detectar pequenas diferenças de processo da amostra do óleo.

Conclusão

Os sensores de gases com filme de Pani foram adequadamente utilizados no estado de oxidação esmeraldina e condutor verificado

por DRX e UV-Vis. Com o uso de sistema de nariz eletrônico aplicado na detecção de compostos voláteis de óleos de coco obtidos por duas diferentes técnicas de extração. O sistema foi capaz de detectar a diferença e distinguir os dois óleos extraídos. Sendo assim, os sensores mostraram grande potencial para serem aplicados na detecção de voláteis em óleos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, K. G. B.; DE MELO, E. F.; ANDRADE, C. A. S.; DE MELO, C. P. Preparation of fluorescent polyaniline nanoparticles in aqueous solutions. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 15, n. 1, p. 1339, 2013.
- ALVES, W. F.; SOUZA, M. C. DE; ALMEIDA, A. N. S.; OLIVEIRA, S. S. DE; RIBEIRO, I. L. R. Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da região do Vale do Juruá. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1689-1699, 2015.
- APARECIDA, L.; MORAIS, S. DE. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.
- ASIKIN, Y.; MAEDA, G.; TAMAKI, H.; MIZU, M.; OKU, H.; WADA, K. Cultivation line and fruit ripening discriminations of Shiikuwasha (*Citrus depressa* Hayata) peel oils using aroma compositional, electronic nose, and antioxidant analyses. **Food Research International**, v. 67, p. 102-110, 2015.
- ARAÚJO, G.S. **Produção de biodiesel a partir de óleo de coco (*Cocos nucifera* L)**. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. 105 p.
- BANERJEE, S.; SARMAH, S.; KUMAR, A. Photoluminescence studies in HCl-doped polyaniline nanofibers. **Journal of Optics**, v. 38, n. 2, p. 124-130, 2009.
- BURLACHENKO, J.; KRUGLENKO, I.; SNOPOK, B.; PERSAUD, K. Sample handling for electronic nose technology: State of the art and future trends. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 82, p. 222-236, 2016.
- CHAUDHARI, H. K.; KELKAR, D. S. X-ray diffraction study of doped polyaniline. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 62, n. 1, p. 15-18, 1996.
- DEBMANDAL, M.; MANDAL, S. Coconut (*Cocos nucifera* L.: *Arecaceae*): In health promotion and disease prevention. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 4, n. 3, p. 241-247, 2011.
- FAMUREWA, A. C.; UFEBE, O. G.; EGEDIGWE, C. A.; NWANKWO, O. E.; OBAJE, G. S. Virgin coconut oil supplementation attenuates acute chemotherapy hepatotoxicity induced by anticancer

drug methotrexate via inhibition of oxidative stress in rats. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 87, p. 437-442, 2017.

GALIANI, P. D.; MALMONGE, J. A.; DOS SANTOS, D. P.; MALMONGE, L. F. Compósitos de Borracha Natural com Polianilina. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 2, p. 93-97, 2007.

GRABOSKI, A. M.; BALLEEN, S. C.; MANZOLI, A.; SHIMIZU, F. M.; ZAKRZEWSKI, C. A.; STEFFENS, J.; STEFFENS, C. Array of Different Polyaniline-Based Sensors for Detection of Volatile Compounds in Gummy Candy. **Food Analytical Methods**, v. 11, n. 1, p. 77-87, 3 2018.

HADDI, Z.; ALAMI, H.; EL BARI, N.; TOUNSI, M.; BARHOUMI, H.; MAAREF, A.; JAFFREZIC-RENAULT, N.; BOUCHIKHI, B. Electronic nose and tongue combination for improved classification of Moroccan virgin olive oil profiles. **Food Research International**, v. 54, n. 2, p. 1488-1498, 2013.

HOPKINS, A. R.; RASMUSSEN, P. G.; BASHEER, R. A. Characterization of Solution and Solid State Properties of Undoped and Doped Polyanilines Processed from Hexafluoro-2-propanol. **Macromolecules**, v. 29, n. 24, p. 7838-7846, 1996.

MANZOLI, A.; STEFFENS, C.; PASCHOALIN, R. T.; CORREA, A.; ALVES, W.; LEITE, F.; HERRMANN, P. Low-Cost Gas Sensors Produced by the Graphite Line-Patterning Technique Applied to Monitoring Banana Ripeness. **Sensors**, v. 11, n. 6, p. 6425-6434, 2011.

MAZZEU, M. A. C.; FARIA, L. K.; CARDOSO, A. D. M.; GAMA, A. M.; BALDAN, M. R.; GONÇALVES, E. S.; MAZZEU, M. A. C.; FARIA, L. K.; CARDOSO, A. DE M.; GAMA, A. M.; BALDAN, M. R.; GONÇALVES, E. S. Structural and morphological characteristics of polyaniline synthesized in pilot scale. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 9, n. 1, p. 39-47, 2017.

MELAD, O.; JARUR, M. Studies on the effect of doping agent on the structure of polyaniline. **Chemistry & Chemical Technology**, v. 10, n. 1, p. 41-44, 2016.

MOSTAFAEI, A.; ZOLRIASATEIN, A. Synthesis and characterization of conducting polyaniline nanocomposites containing ZnO nanorods. **Progress in Natural Science: Materials International**, v. 22, n. 4, p. 273-280, 2012.

PRIYAL; MANJULA G. HCl doped PVA/ PANi Blends: DC conductivity studies. **Advances in Applied Science Research**, v. 3, n. 1, p. 489-494, 2012.

PRIYANKA, D.; DENKATESH, K. S. Synthesis, characterization and electrical properties of polyaniline doped with different acids. **Journal of Engineering Research and Applications**, v. 5, n. 123, p. 2248-962253, 2015.

RAÑOLA, R. A. G.; SANTIAGO, K. S.; SEVILLA, F. B. Use of array of conducting polymers for differentiation of coconut oil products. **Talanta**, v. 146, p. 75-82, 2016.

SOUZA, S. A. M.; MEIRA, M. R.; DE, L. S.; FIGUEIREDO; MARTINS, E. R. **Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n.10, p. 1-11, 2010.

STEFFENS, C.; MANZOLI, A.; PASCHOALIN, R. T.; CORRAZA, F. C.; OLIVEIRA, J. V. DE; HERRMANN, P. S. D. P. Aplicação de sensores de gases de baixo custo recobertos com filmes de polianilina na observação do amadurecimento de banana-prata. **Embrapa Instrumentação Agropecuária Documentos**, n. 1, p. 1-16, 2009.

STEFFENS, C.; MANZOLI, A.; LEITE, F. L.; FATIBELLO, O.; HERRMANN, P. S. P. Atomic force microscope microcantilevers used as sensors for monitoring humidity. **Microelectronic Engineering**, v. 113, p. 80-85, 2014.

VARGAS, L. R.; POLI, A. K. D. S.; DUTRA, R. DE C. L.; DE SOUZA, C. B.; BALDAN, M. R.; GONÇALVES, E. S. Formation of composite polyaniline and graphene oxide by physical mixture method. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 9, n. 1, p. 29-38, 2017.

WAN, M.; LI, J. Microtubules of polyaniline doped with HCl and HBF_4 . **Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry**, v. 37, n. 24, p. 4605-4609, 1999.