

Análise de canabinóides neutros em derivados de *Cannabis* via GC/MS

Grijó, D. R.^{1*}; Cardozo, L. F.¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.

* e-mail: pg49313@uem.br

Resumo

Atualmente a medicina tem grande interesse na espécie *Cannabis sativa* L., especialmente em dois de seus canabinóides neutros (CN): canabidiol (CBD) e Δ^9 -tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC). Em parceria com a Polícia Científica de Curitiba – Brasil, foram feitas análises, via cromatografia gasosa e espectrometria de massas (GC/MS), da composição e o comportamento térmico de CN em derivados dessa espécie, com solvente polar e apolar. Testou-se também, em sementes, uma metodologia industrial de limpeza para remover resíduos de CN aderidos por contato com outras partes da planta. A partir de curvas de calibração, utilizando padrões de CBD, Δ^9 -THC e canabinol (CBN), foi possível fazer análises quantitativas da influência térmica e da metodologia de lavagem. Esses e outros canabinóides foram identificados pela razão massa carga (m/z). Foi comprovado que o aquecimento de amostras aumenta o potencial medicinal, mas também transforma o Δ^9 -THC em CBN e/ou Δ^8 -tetraidrocanabinol (Δ^8 -THC), e o CBD em canabielsoin (CBE) e/ou Δ^9 -THC. O extrato apolar apresentou maior concentração de CN. Demonstrou-se também a diminuição de CN nas sementes pelo método de lavagem industrial, bem como o rendimento em óleo esperado em referências. Com esse trabalho foi possível demonstrar a importância de conhecimento do comportamento dos CN em derivados de *Cannabis*.

Abstract

Currently the medicine has great interest in the species *Cannabis sativa* L., especially in two of its neutral cannabinoids (CN): cannabidiol (CBD) and Δ^9 -tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC). In partnership with the Scientific Policy of Curitiba - Brazil, analyses had been made, with gas chromatography and mass spectrometry (GC/MS), of the composition and the thermal behavior of CN in derivatives of this species, with polar and nonpolar solvent. It was also tested in seeds an industrial cleaning method to remove CN residues adhered by contact with other parts of the plant. From the calibration curves using the standards CBD, Δ^9 -THC and canabinol (CBN), it was possible to make quantitative analysis of the thermal influence and the cleaning method. Those and others cannabinoids were identified by mass/charge ratio (m/z). It was proven that the heating samples increases the medicinal potential, but also transforms Δ^9 -THC in CBN and/or Δ^8 -tetraidrocanabinol (Δ^8 -THC), and CBD in canabielsoin (CBE) and/or Δ^9 -THC. The nonpolar extract has a higher concentration of CN. Cleaning method reduce CN in seeds, as well oil yield expected results. With this work it was possible to demonstrate the importance of knowledge of the CN behavior in *Cannabis* derivatives.

Keywords (Palavras chaves): cannabinoids, gas chromatography, mass spectrometry.

1. Introdução

Atualmente no Brasil se tem grande interesse em duas substâncias derivadas da espécie *Cannabis sativa* L., o canabidiol (CBD) e o Δ^9 -tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC)^[1], ou seja, $(m/z)_{\text{CBD}} = (231; 174; 246; 121; 193)$ e $(m/z)_{\Delta^9\text{-THC}} = (299; 314; 231; 271; 243; 258)$ ^[2]. Essas substâncias fazem parte de um grupo chamado canabinóides, que são terpenos fenólicos^[3] produzidos pela espécie^[4], sendo mais de 66 já identificados^[5]. Atualmente as indústrias vêm utilizando o dióxido de carbono em condições supercríticas (CO₂-SC), como solvente, para obter extratos medicinais^[6,7,8,9] porém,

apesar da eficiência^[10,11], ainda vêm sendo utilizando solventes orgânicos^[12, 13] nesta aplicação.

Em materiais vegetais brutos a maior parte destes canabinóides então na forma de ácido canabidiol (CBDA) e ácido Δ^9 -tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THCA)^[14]. Um estudo demonstrou uma porcentagem de Δ^9 -THCA aproximadamente 5,5 vezes maior que de Δ^9 -THC^[15]. Através da descarboxilação os canabinóides ácidos são submetidos a neutros, sendo o aquecimento em estufa uma técnica indicada para isto^[16]. Com isso, torna-se necessário analisar a influência da temperatura e do tempo de aquecimento em estufa,

também porque, o aquecimento transforma o Δ^9 -THC em canabinol (CBN) ^[17], (m/z)_{CBN} = (295; 238; 310) ^[2], e/ou Δ^8 -tetrahydrocanabinol ^[17], (m/z) _{Δ^8 -THC} = (231; 314; 258; 271; 193) ^[2], e o CBD em cannabielsoin (CBE) ^[18], (m/z)_{CBE} = (205,1; 247,2; 147,1; 330,3) ^[19], ou em Δ^9 -THC ^[20]. Uma vertente científica afirma que o CBN não ocorre naturalmente e que é obtido apenas da degradação do Δ^9 -THC ^[21], outra afirma que este canabinóide também é oriundo do ácido canabinol (CBNA) ^[14]. Além disso, uma terceira fonte afirma que o CBNA é uma forma oxidada do Δ^9 -THCA ^[22]. O CO₂-SC possui alta afinidade pelos canabinóides neutros e baixa pelos canabinóides ácidos ^[10]. A quantificação exata de canabinóides ácidos e neutros pode ser feita, por exemplo, com cromatografia líquida de alta resolução (HPLC) ou cromatografia gasosa com derivatização ^[21].

Apesar de afirmado que de uma forma geral as sementes do gênero *Cannabis* não possuem Δ^9 -THC ^[21], alguns estudos mostram que devido ao contato com outras partes das plantas as sementes acabam aderindo canabinóides em sua superfície externa. Dados do Século XXI mostram que em análises do óleo das sementes nos Estados Unidos 117 ppm ($\mu\text{L/mL}$) era Δ^9 -THC, na Alemanha 214 ppm e na Suíça 3568 ppm ^[23]. O elevado teor suíço deve-se ao processamento de sementes de plantas com alto teor de canabinóides ^[24]. Neste país todas as variedades do gênero podem ser cultivadas legalmente, embora o limite de Δ^9 -THC nos alimentos seja regulamentado ^[25]. De modo geral, é possível reduzir o teor de Δ^9 -THC com pré-processamentos das sementes. Com o avanço dessas técnicas de limpeza e secagem, as sementes e derivados desenvolvidos nos EUA, diminuíram significativamente o teor desta substância ^[26, 27], por exemplo, para aproximadamente 20 ppm ^[23].

Uma indústria canadense testou alguns fluidos para remoção de canabinóides das sementes ^[28]. De uma forma geral, industrialmente a remoção de impurezas de sementes e/ou grãos, de qualquer gênero, se dá com o uso de peneiras e ventilação forçada, sendo ainda a secagem um processamento posterior comum ^[29]. Devido seu potencial em ácidos graxos a eliminação de canabinóides das sementes pode expandir a utilização dessa matéria prima no Brasil para outras áreas industriais ^[30], como alimentos ^[31], combustíveis ^[32], cosméticos ^[33], polímeros ^[34] e etc. A quantidade de Δ^9 -THC por via oral, em seres humanos, segura para não induzir efeitos neurológicos e psicomotores não podem ultrapassar 1 a 2 μg de por quilograma corporal ^[35].

2. Materiais e Métodos

As análises experimentais foram feitas na Polícia Científica de Curitiba – Brasil, entre 18 de Julho de 2016 a 19 de Agosto de 2016. Utilizou-se para as análises um cromatógrafo gasoso Agilent 5975C inert XL MSD, com injeção automática, espectrômetro de massas Triple Axis como detector (CG/MS) e coluna capilar da Thermo Fischer Scientific TR-5MS (30m x 0,25mm x 0,25 μm). O gás de arraste utilizado foi o

Hélio (> 99,9992%, Premier X50S), produzido pela Air Products. O método de injeção foi splitless e o forno se manteve a 200 °C por 0,5 minuto, depois 40 °C.min⁻¹ até 230 °C e 30 °C.min⁻¹ até 290 °C, totalizando 4,75 minutos. O eluente utilizado foi metanol (99,9%, UV/HPLC – Espectroscópico) da Vetec. As áreas foram calculadas por dois métodos de integração diferentes: RTE e ChemStation (CS). Em algumas análise utilizou-se n-hexano (95% UV-IR-HPLC PAI-ACS, da Panreac como solvente, em outras o próprio metanol citado.

2.1 Curvas de calibração

Foi utilizado os padrões Δ^9 -THC, CBD, CBN da Cerilliant Corporation, todos com concentração de 1 mg em mL de metanol. Foram feitas curvas de calibração para cada padrão utilizando as concentrações 454,5; 272,7; 151,5; 80,8; 26,9; 10,4; 3,1 ppm. Para cada curva, Área x ppm, foi analisada a regressão linear e a reta foi ajustada para a origem cartesiana fornecendo a respectiva linearidade (R).

2.2 Efeito térmico nos canabinóides

Em todas as amostras padrão descritas anteriormente foi analisado o aquecimento de 180 minutos a 150 °C. Para as amostras de Δ^9 -THC de 454,5 e 272,7 ppm foram analisados também dois aquecimentos de 30 minutos a 75°C, sendo que para a segunda concentração ainda analisou-se mais um aquecimento de 25 minutos a 75 °C posteriormente. Na amostra de CBN com 272,2 ppm também analisou-se um aquecimento sequencial de 40 minutos a 75 °C. Além disso, analisou-se também duas amostras aleatórias de CBN com concentração de 30,74 e 4,50 ppm em dois aquecimentos sequenciais de 60 minutos a 66 °C.

2.3 Extratos

2.3.1 Alta concentração de canabinóides

Para análise comparativa entre solvente orgânico polar e apolar utilizou-se o metanol e o n-hexano, respectivamente. Para isso, após trituração com aparato manual, 200 mg foi aferido em tubo Falcon e adicionado 20 mL de solvente, seguida, a temperatura ambiente, de 15 minutos de ultrassom e centrifugação a 3000 rpm. Uma quantidade, da mesma amostragem, foi submetida ao aquecimento em estufa a 150 °C e pequenas porções foram retiradas a cada 15 minutos até completar o tempo de 105 minutos. Depois aferiu-se 17 mg em eppendorfs, totalizando 7 para cada tipo de solvente. Em sequência adicionou-se aproximadamente 1,7 mL de solvente, seguido, a temperatura ambiente, de ultrassom por 12 min e centrifugação a 11000 rpm por 5 min. Em seguida, 200 μL de cada amostra foi transferida para novos eppendorfs. As amostras do solvente apolar foram submetidas a uma corrente de ar para eliminação do

solvente. Nestas, por fim, foram adicionados 1,2 mL de metanol, seguido de homogeneização em vórtex e uma nova centrifugação sob mesmas condições anteriores. Nas amostras com solvente polar foram adicionados 1,0 mL de metanol e feito os procedimentos descritos.

2.3.2 Sementes

Com uma peneira e um soprador térmico (Skill 8003) removeu-se parcialmente os canabinóides. Em seguida 2,2 g foram lavadas com 5 mL de detergente (Extran® MA 02 Neutro – Merck). Em duplicatas, 1 g foi aferido em tubo Falcon e adicionado 20 mL de n-hexano, seguindo de agitação magnética por 60 min e centrifugação a 3000 rpm por 15 min a 0 °C. O sobrenadante foi extraído para outro Falcon e ao resíduo sólido adicionado mais 10 mL de n-hexano, seguido de agitação em vórtex por 15 min e centrifugação a 3000 rpm, 8 min e 0 °C. Juntou-se os sobrenadantes e por fim repetiu-se o procedimento anterior, porém sob agitação em vórtex por 10 min e centrifugação a 12 °C. No sobrenadante total foi eliminado o solvente sob agitação magnética e aquecimento brando. Após as amostras dos extratos lavados atingirem a temperatura ambiente, aferiu-se a massa para calcular o rendimento. Por fim, adicionou-se 4 mL de metanol e agitação em vórtex. Em sequência 1,8 mL foi transferido para eppendorfs e estes foram centrifugados a 11000 rpm por 5 min.

3. Resultados e Discussões

3.1 Curvas de calibração

As relações massa carga obtidas foram (m/z) Δ^9 -THC = (299,1; 314,2; 231,1; 271,1; 243,1; 258,1), (m/z)_{CBD} = (231,1; 246,2; 314,2; 193,1; 174,1; 121,1) e (m/z)_{CBN} = (295,1; 238,1; 310,2). Os tempos de retenção obtidos estão expressos na Tabela 1 e a linearidade (R) e o coeficiente angular das curvas na Tabela 2.

Tabela 1 – Tempos de retenção obtidos por GC/MS.

	RTE	CS
CBD	4,031	4,035
Δ^9 -THC	4,368	4,371
CBN	4,640	4,641

Tabela 2 – Linearidades e coeficientes angulares.

	(Linearidade R ; Coeficiente angular)	
	RTE	CS
Δ^9 -THC	0,98 ; 0,01497	0,98 ; 0,15015
CBD	0,95 ; 0,02258	0,95 ; 0,22766
CBN	0,97 ; 0,03285	0,97 ; 0,32342

3.2 Efeito térmico nos canabinóides

3.2.1 Δ^9 -THC

Na amostra de 454,5 ppm é possível observar, como mostra a Figura 1, a formação e degradação do CBN.

As linhas pontilhadas demonstram que uma maior quantidade de CBN pode ter sido formada, bem como o Δ^9 -THC pode ter se esgotado antes.

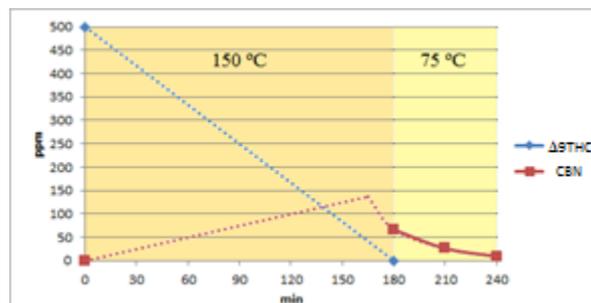


Figura 1 – Efeito térmico em amostra de 454,5 ppm.

Na amostra com 272,7 ppm foi possível observar, além da degradação em CBN, a isomerização em m/z = (231,1; 314,2; 258, 207,0; 271,1; 193,1), possivelmente o Δ^8 -THC. O pico m/z 207 é característico da sangria da coluna. Como mostra o Figura 2, nessa análise, foi considerado o máximo de CBN gerado com 180 min, assim como de Δ^8 -THC. Como não foi realizada a curva de calibração para o Δ^8 -THC, utilizou-se as áreas obtidas no GC/MS. Nas outras concentrações não obteve-se estas substâncias.

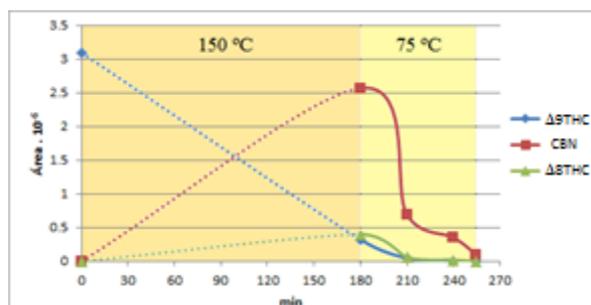


Figura 2 – Efeito térmico em amostra de 272,7 ppm.

Ainda na amostra com 272,7 ppm observou-se a degradação de 0,0075 ppm Δ^9 -THC.°C.min⁻¹, quando este se degradou de 206,55 para 21,47 e depois para 3,20 ppm. Nesta amostra também foi observado que a degradação de CBN de 21,01 para 10,77 e depois 2,91 ppm foi com uma variação de 0,0044 ppm.°C.min⁻¹.

3.2.2 CBN

Observou-se, pela Tabela 3, que a concentração é diretamente proporcional a degradação térmica.

Tabela 3 – Proporcionalidade na degradação térmica.

Concentração (ppm)	Varição (ppm.C.min ⁻¹)
272,73	0,0056
30,74	0,0028
4,50	0,0004

Nas análises 151,5; 80,9; 26,9; 10,4 e 3,1 ppm observou-se a completa degradação do CBN.

3.2.3 CBD

Em todas as análises observou-se a completa degradação do CBD. Com 454,5 ppm observou-se pelo método de integração CS, no tempo de retenção 4,296, $m/z = (207,0; 281,0; 247,1; 147,0; 330,2)$ e área $(1,549875 \cdot 10^6)$, possivelmente o CBE. Também um pico com o mesmo tempo característico do Δ^9 -THC. Na amostra com 272,7 ppm um pico menos pronunciado $(0,446972 \cdot 10^6)$ com aproximadamente o mesmo tempo de retenção, 4,296 min, foi observado.

3.3 Extratos

3.3.1 Alta concentração de canabinóides

Na análise comparativa com solvente polar e apolar, sem aquecimento, obteve-se a concentração de Δ^9 -THC e CBN como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Composição, em ppm, sem aquecimento.

Hexano	Δ^9 -THC	CBN	Metanol	Δ^9 -THC	CBN
RTE	179,24	2,86	RTE	99,75	1,73
CS	177,70	3,05	CS	99,62	1,93

A análise de aquecimento é mostrada na Figura 3, que destaca o hexano em azul e o metanol em vermelho, sendo a parte pontilhada projeções de tendências.

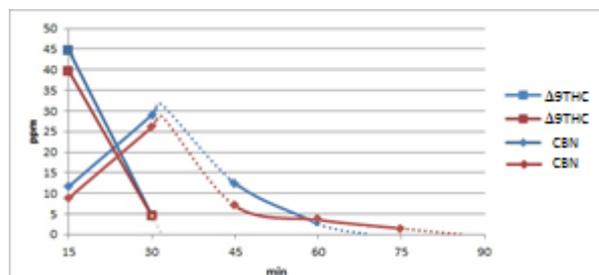


Figura 3 – Comparação de concentração de Δ^9 -THC e CBN em extratos com aquecimento de 150 °C.

Os extratos apresentaram cores gradativas em relação ao tipo de solvente e o tempo de aquecimento. As análises de aquecimento com 75 e 90 min de hexano e metanol, respectivamente, foram incolores e não apresentaram detecção do CBN.

3.3.2 Extrato das sementes

A Tabela 5 apresenta os resultados das sementes.

Tabela 5 – Concentração de Δ^9 -THC nas sementes.

	Concentração Δ^9 -THC (ppm)	
	Semente	Óleo
Sem lavagem	155,92 ± 18,48	38,94 ± 4,66
Com lavagem	120,08 ± 1,12	30,02 ± 0,28

O método de lavagem reduziu 23 % de Δ^9 -THC. A análise sem derivatizante foi aceitável, pois a soma das áreas de canabinóides obtidas na amostra 1 de

sementes lavadas, ou seja, Δ^9 -THC + CBN, foi menor que 454,5 ppm de Δ^9 -THC, que não apresentou degradação do Δ^9 -THC em outra substância. O rendimento das sementes lavadas se encontra na Tabela 6. O óleo obtido teve coloração amarelada.

Tabela 6 – Rendimento de óleo nas sementes lavadas

	Inicial	Final	Teor em óleo (%)
Massa 1	0.9857	0.3193	32.39
Massa 2	0.9935	0.3005	30.25
Média	0.9896	0.3099	31.32 ± 1,07

4. Conclusões

A origem das amostras e o tipo de reagentes são importantes na obtenção de extratos. Comprovou-se a perda de identidade química do Δ^9 -THC em CBN e Δ^8 -THC e do CBD em Δ^9 -THC e CBE. As concentrações observadas de canabinóides neutros, com solvente apolar, com aquecimento a 150 °C até 55 min, foi maior do que com solvente polar.

Os resultados obtidos com extratos das sementes demonstraram boa coerência com a literatura em relação à composição de canabinóides e diminuição destes com a lavagem. Devido à análise de variedades com alto teor de canabinóides e sementes com casca a concentração de canabinóides nas sementes foram relativamente altas.

Mais análises são necessárias, inclusive utilizando HPLC ou GC com derivatização para quantificação exata dos canabinóides ácidos e neutros.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro ao mestrando e a Polícia Científica de Curitiba pela oportunidade de análise e disponibilidade de material.

6. Referências

- [1]ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC Nº 87, de 28 de Junho, 2016.
- [2]NIST. National Institute of Standards and Technology. Material Measurement Laboratory. Web book, 2016.
- [3]MECHOULAM, R., GAONI, Y. Recent advances in the chemistry of hashish. Fortschr, Chem. Org. Naturst. 25, 175-213, 1967.
- [4]FASSIO, A. *et al.* Cáñamo (*Cannabis sativa* L.). Instituto Nacional de Investigación Agropecuária INIA – Uruguay. Noviembre, 2013.

- [5]TURNER, C. E. *et al.* Constituents of *Cannabis sativa* L.. J. Nat. Prod. 43, 169-234, 1980.
- [6]HEMP MEDS. California. United States. 2016
- [7]BLUE BIRD BOTANICALS. Colorado. United States. 2016
- [8]ENDOCA. Copenhagen. Denmark. 2016.
- [9]BREDOCAN. Veendam. Netherland. 2016.
- [10]BRUNEL, H. Sustainable Production of Cannabinoids with Supercritical Carbon Dioxide Technologies Grade de Master en Génie Chimique, Université de Technologie de Compiègne. 2011.
- [11]ALADIĆ, K. *et al.* Supercritical CO₂ extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. Industrial Crops and Products 76 472–478, 2015.
- [12]SALAM A. Effect of *Cannabis sativa* extract on gastric acid secretion, oxidative stress and gastric mucosal integrity in rats. Comparative Clinical Pathology, Vol.24(6), pp.1417-1434, 2015.
- [13]KIRALAM, M., *et al.* Fatty acid composition of hempseed oils from different locations in Turkey. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Spanish Journal of Agricultural Research 8(2), 385-390, 2010.
- [14]STAMBOULI, H.; *et al.* Cultivation of *Cannabis sativa* L. in northern Morocco. Bulletin on Narcotics, vol. LVII, Nos, 1 and 2, 2005.
- [15]TASCHWER, M.; SCHMID, M. G. Determination of the relative percentage distribution of THCA and Δ^9 -THC in herbal *Cannabis* seized in Austria – Impact of different storage temperatures on stability. Forensic Science International 254 167–171, 2015.
- [16]VERESS T., *et al.* Determination of cannabinoid acids by high-performance liquid chromatography of their neutral derivatives formed by thermal decarboxylation in an open re-actor. J. Chromatogr. 520: 339-347, 1990.
- [17]GARRET, E. R. Stability of Tetrahydrocannabinols I. College of Pharmacy. University of Florida, 1974.
- [18]SHANI, A.; MECHOULAM, R. Cannabielsoic acids. Isolation and synthesis by a novel oxidative cyclization. Tetrahedron, v30, issue 15, pages 2437-2446, 1974.
- [19]RUSSO, E. B.; *et al.* Phytochemical and genetic analyses of ancient *Cannabis* from Central Asia. J Exp Botany, Vol. 59, N^o. 15, pp. 4171–4182, 2008.
- [20]ADAMS, R. *et al.* Isomerization of Cannabidiol to Tetrahydrocannabinol, a Physiologically Active Product. Conversion of Cannabidiol to Cannabinol. J of the American Chem Soc, v62 iss:9 2402 -2405, 1940.
- [21]UNODC. United Nations Office on Drugs and Crime. Recommended methods for the identification and analysis of *Cannabis* and *Cannabis* products, 2009.
- [22]RYMANOWSKI, M. *Cannabis* – review of the issues related to determination of the total content of Δ^9 -THC and Δ^9 -THCA-A. Problemy Kryminalistyki 285(3), 2014
- [23]BRENNEISEN R. Chemistry and analysis of phytocannabinoids and other *Cannabis* constituents. Edited by: M. A. EISOHLY Humana Press Inc, 2007.
- [24]LACHENMEIER, D.W. *et al.* Determination of cannabinoids in hemp food products by use of headspace solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. Anal Bioanal Chem 378 : 183–189, 2004.
- [25]MEDIAVILLA, V. *et al.* Qualität von Hanfsamenöl aus der Schweiz. Agrarforschung 4, 449–451, 1997.
- [26]LESON, G. *et al.* Evaluating the impact of hemp food consumption on workplace drug tests. J. Anal. Toxicol. 25, 691–698, 2001.
- [27]ELSOHLY, M. A. Practical challenges to positive drug tests for marijuana. ClinChem49 1037:1038, 2003.
- [28]MAASI. Manitoba Association of Agricultural Societies Inc. Development of Hemp Food Products & Processes, 2000.
- [29]LINK, D. J. Fundamentos e estratégias para comercialização de soja e milho e produção de sementes de soja. CCA/UFSC, 2011.
- [30]GRIJÓ, D. R., MELO, B. N. “Análise Potencial de Ácidos Graxos Poli-insaturados em Sementes de Cânhamo. Biomassa BR, ed 25, p 30, 2016. Disponível https://issuu.com/revistabiomassabr/docs/revista_bioma_ssabr_ed_25_low. Acessado em: 23 Set, 2016
- [31]Government of Canada. Governments Invest in Bringing Made-in-Manitoba Foods to Market. Disponível <<http://news.gov.mb.ca/news/print,index.html?item=33490&posted=2014-12-08>>. Acesso em: 22 Set, 2016.
- [32]LI, S. Y. *et al.* The feasibility of converting *Cannabis* oil into biodiesel, BioRTech 101 (21) : 8457-60, 2010.
- [33]VOLG, C. R. *et al.* Hemp as a resource for green cosmetics: yield of seed and fatty acid composition of 20 varieties under the growing conditions of organic farming in Austria. J Ind Hemp 9(1), 51-68, 2004.
- [34]SURENDER, R. *et al.* Synthesis, characterization and degradation behavior of thermoplastic polyurethane from hydroxylated hemp seed oil. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2016.
- [35]BgVV. German Federal Institute for Consumer Health Protection and Veterinary Medicine. Einsatz von Hanf in Lebensmitteln kann gesundheitlich problematisch sein. BgVV Pressedienst, Berlin, Germany, 1997.