

**Estudo e comparação dos perfis de óleos essenciais em amostras comerciais de Canela, Cravo-da-Índia e Erva Doce por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas**

***Study and comparison of essential oil profiles in commercial samples of Cinnamon, Clove and Fennel by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry***

*Shelly Stephanye dos Santos Andako<sup>1</sup>; Márcia Ortiz Mayo Marques<sup>2</sup>; Paulo Henrique Furlan<sup>2</sup>, Marcelo Telascrea<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Centro Universitário Sagrado Coração, Bauru/SP, Brasil.*

<sup>2</sup>*Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, Campinas/SP, Brasil.*

E-mail (autor principal): [shellyandako@hotmail.com](mailto:shellyandako@hotmail.com)

## **RESUMO**

A adulteração de alimentos é uma ameaça à segurança alimentar. As questões de adulteração de alimentos incluem substituição, diluição, falsificação, melhorias não autorizadas, produção no mercado negro / desvio de roubo, etiquetagem incorreta, ocultação etc. O problema da adulteração persiste em todos os níveis dos alimentos, desde a preparação até o consumo. A maioria dos fabricantes de alimentos, processadores, proprietários de restaurantes e assim por diante estão todos envolvidos de uma forma ou de outra nesta prática antiética de adulteração. A adulteração de alimentos envolve a infusão de substâncias inúteis, prejudiciais e desnecessárias aos alimentos, o que diminui a qualidade dos alimentos. Adulterantes em alimentos podem ser categorizados nas seguintes categorias: intencional e não intencional. A adulteração intencional é a inclusão de substâncias inferiores com propriedades semelhantes às dos alimentos aos quais são adicionadas. Eles são, portanto, difíceis de detectar. O adulterante pode ser de natureza física ou biológica. Alguns exemplos de adulteração intencional incluem adição de água ao leite líquido, matéria estranha a especiarias moídas ou a remoção ou substituição de sólidos do leite do produto natural e etc. Este projeto de pesquisa tem como objetivo comparar óleos essenciais obtidos de especiarias comerciais revendidas em mercados com dados da literatura e avaliar as variações nas composições para abordar potenciais adulterações de produtos. Serão avaliadas pelo menos duas amostras comerciais de canela (*Cinnamomum verum*), cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e erva doce (*Pimpinella anisum*) e de pelo menos duas marcas comerciais diferentes. As extrações de óleos essenciais serão realizadas por hidrodestilação com Clevenger. As análises dos óleos essenciais e suas identificações será realizada por Cromatografia Gasosa acoplada

a Espectrometria de Massas (CG-EM) e por cálculos de índices de retenção (IR). Os dados obtidos serão comparados com a literatura e uma discussão sobre potenciais ou não adulterações será realizado.

Palavras-chave: *Cinnamomum verum*, *Syzygium aromaticum*, *Pimpinella anisum*, Cromatografia Gasosa, Índice de Retenção.

## ABSTRACT

*Food adulteration is a threat to food safety. Food adulteration issues include substitution, dilution, counterfeiting, unauthorized enhancements, black market production/theft diversion, mislabeling, concealment, etc. consumption. Most food manufacturers, blankets, restaurant owners and so on are all involved in one way or another in this unethical practice of adulteration. Food adulteration involves the infusion of useless and harmful substances into food, which decreases the quality of food. Adulterants in food can be categorized into the following categories: intentional and unintentional. Intentional adulteration is the inclusion of inferior substances with similar properties to the foods to which they are added. They are therefore difficult to detect. The adulterant can be physical or biological in nature. Some examples of intentional adulteration include adding water to liquid milk, foreign matter to ground spices, or removing or replacing solids from natural product milk, etc. with literature data and evaluate variations in compositions to address potential product adulterations. At least two commercial samples of cinnamon (*Cinnamomum verum*), cloves (*Syzygium aromaticum*) and fennel (*Pimpinella anisum*) and at least two different commercial brands will be evaluated. Essential oil extractions will be performed by hydrodistillation with Clevenger. Analyzes of essential oils and their identification will be performed by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS) and retention index records (RI). The data obtained will be compared with the literature and a discussion about potential or non-adulterations will be held.*

*Keywords: Cinnamomum verum, Syzygium aromaticum, Pimpinella anisum, Gas Chromatography, Retention Index.*

## INTRODUÇÃO

A adulteração de alimentos é uma ameaça à segurança alimentar. As questões de adulteração de alimentos incluem substituição, diluição, falsificação, melhorias não autorizadas, produção no mercado negro / desvio de roubo, etiquetagem incorreta, ocultação etc. (SUMAR e ISMAIL, 1995; DANEZIS et al., 2016).

A autenticidade dos alimentos tornou-se um problema global. É cada vez mais importante detectar a introdução no mercado de produtos fraudulentamente rotulados e de produtos de qualidade inferior, quer por razões econômicas, quer por razões de saúde pública. A fraude alimentar, a deturpação intencional da verdadeira identidade ou do conteúdo de um ingrediente alimentar ou produto para ganho econômico, pode ser uma ameaça à saúde pública. Por exemplo, a adulteração do leite com melamina na China afetou cerca de 290.000 consumidores, com mais de 50.000 hospitalizações e pelo menos seis mortes. Esse incidente custou às empresas US \$ 3 bilhões apenas nos primeiros 3 meses. No geral, a fraude alimentar custa à indústria alimentar cerca de US \$ 10 a US \$ 15 bilhões por ano (TIMSORN *et al.*, 2017; YU *et al.*, 2018).

Dentre as técnicas analíticas de detecção de adulterantes, o HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência) é a técnica mais utilizada. HPLC pode ser usado como uma ferramenta de controle de qualidade, pois pode separar vários constituintes químicos das misturas; também é usado para caracterizar produtos alimentícios ou para detectar adulteração. A adulteração de azeite com óleo de avelã (BLANCH *et al.*, 1998), compotas de marmelo com purê de Maçã ou Pêra (SILVA *et al.*, 2000), sucos cítricos com glicosídeos de flavonas e flavonas polimetoxiladas (MOULY *et al.*, 1998), pigmentos fenólicos em licores de chá preto (MCDOWELL *et al.*, 1995), isômeros de prolina e aminoácidos em vinhos (CALABRESE *et al.*, 1995) são alguns dos exemplos em que o adulterante foi detectado usando HPLC.

A cromatografia gasosa (CG) é usada para separar compostos orgânicos voláteis. A CG junto com espectroscopia de massa (EM) e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) tem sido amplamente usada para detecção de adulterantes, pois essas são técnicas não destrutivas em relação à amostra. A cromatografia de gás é geralmente usada para discriminar entre variedades do mesmo produto, detecção de adulteração e autenticação e identificação de compostos orgânicos. O CG tem sido utilizado para diferenciar vinhos das mesmas regiões. Compostos voláteis, como 1-propanol, 2-metil-1-propanol, 2-propen-1-ol e 3-metil-1-butanol em vinho foram medidos e quantificados por CG ou CG - EM, fornecendo 30 parâmetros físico-químicos utilizáveis para o padrão classificação (NOGUEIRA *et al.*, 1999). Uma ferramenta complementar poderosa cada vez mais usada para a caracterização de alimentos são as redes neurais artificiais.

Este trabalho teve como objetivo realizar as identificações dos principais componentes dos óleos essenciais de especiarias comerciais e comparar os resultados obtidos com os dados da literatura avaliando as variações nas composições dos óleos essenciais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram obtidos em mercados produtos comerciais de canela (*Cinnamomum verum*), cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e erva doce (*Pimpinella anisum*). Foram obtidos cerca de 100g

de cada um dos materiais para as extrações. As amostras foram obtidas em suas embalagens originais. As extrações foram realizadas em sistema de hidrodestilação com condensador tipo *Clevenger* (1928a e 1928b). Cerca de 100 g de materiais de (*Cinnamomum verum*), cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e erva doce (*Pimpinella anisum*) de 2 marcas diferentes foram colocados em balões de fundo redondo de 1,0 L com cerca de 0,5 L de água ultrapura (padrão Mili-Q). Os óleos essenciais foram coletados com pipetas de vidro do tipo *Pasteur* e foram transferidos de forma quantitativa para frascos âmbar previamente pesados e identificados. Após a obtenção da massa de óleos obtidos, as amostras foram acondicionadas em freezer ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) para manter suas integridades físico-químicas até o envio para análises posteriores.

As análises nos óleos essenciais foram realizadas usando um modelo Shimadzu QP-5000 espectrômetro de massa com cromatógrafo a gás equipado com uma coluna capilar de sílica fundida DB-5 (J & W Scientific) (30 m x 0,25 mm; 0,25  $\mu\text{m}$ ). A temperatura do forno será programada de 60 a  $240^{\circ}\text{C}$ , com gradiente de temperatura de  $3^{\circ}\text{C}$  por minuto. As temperaturas do injetor e interface foram mantidas a 240 e  $230^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (ADAMS, 2012). O gás carreador será hélio a uma vazão de  $1,0\text{ mL min}^{-1}$  (volume constante). Os espectros de massa foram obtidos a 70 eV no modo de íons totais (TIC). Amostras (1,0  $\mu\text{L}$ ) de concentrações conhecidas foram injetadas manualmente no modo *split* (20: 1).

As identificações dos componentes dos óleos essenciais obtidos de (*Cinnamomum verum*), cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e erva doce (*Pimpinella anisum*) foram feitas utilizando como referência os espectros de massas obtidos dos picos cromatográficos e comparados com dados teóricos da biblioteca de dados NIST 62 (MCLAFFERTY e STAUFFER, 1989; ADAMS, 2012; ADAMS, 1995). Os índices de retenção foram determinados em relação aos tempos de retenção de uma série de padrões de *n*-alcanos (C-10 a C-30), medidos nas mesmas condições cromatográficas descritas acima e comparados com os valores publicados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as extrações de duas amostras comerciais de canela (*Cinnamomum verum*), estas foram analisadas pela técnica de Cromatografia Gasosa. A análise da amostra comercial de canela Z indicou a presença de um pico majoritário (97,75%) em 20,43 minutos. Este mesmo pico majoritário (98,65%) também foi observado na amostra comercial de canela W em 20,45 minutos (Figuras 1 e 2). Outros picos foram observados, porém com intensidades próximas de 1%.

Figura 1. Cromatograma típico da amostra comercial de canela Z.

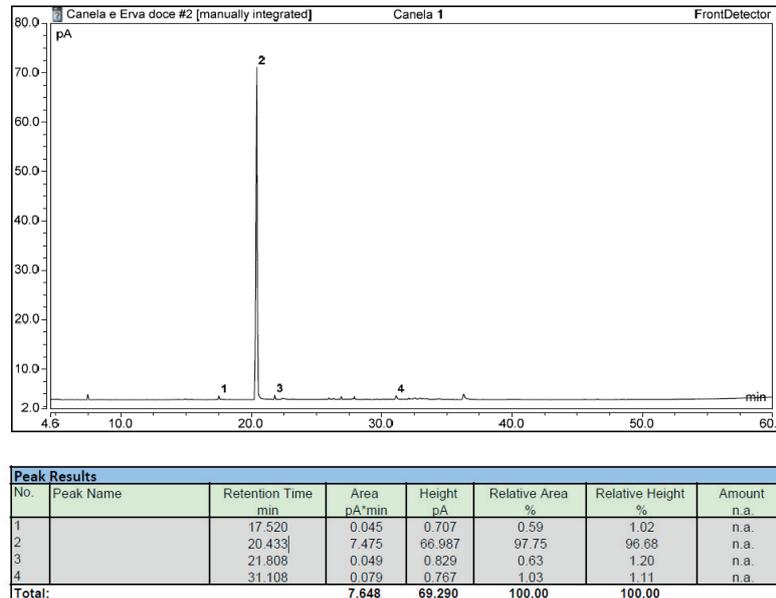
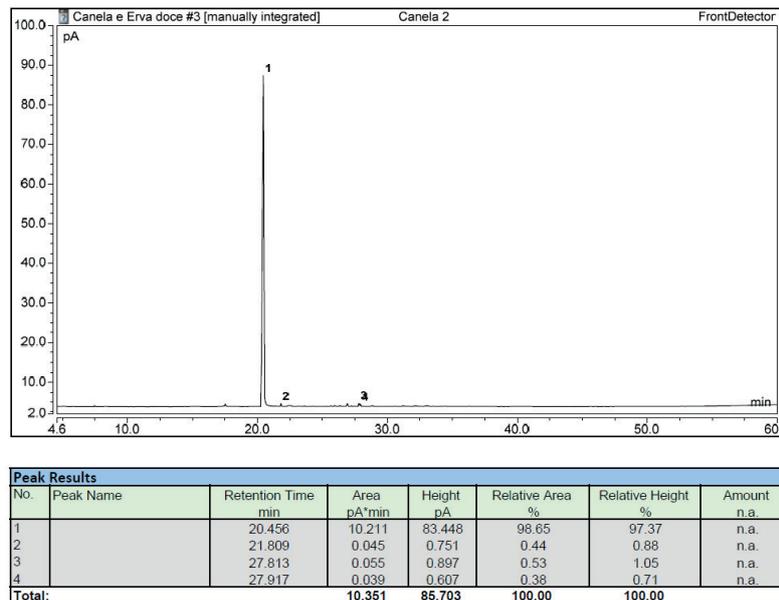


Figura 2. Cromatograma típico da amostra comercial de canela W.



A análise da amostra comercial de cravo-da-índia X indicou a presença de um pico majoritário (93,30%) em 24,30 minutos. Este mesmo pico majoritário (91,34%) também foi observado na amostra comercial de cravo-da-índia Y em 24,45 minutos (Figuras 3 e 4). Um outro pico foi observado em 29,73 minutos (6,70%) e em 29,81 minutos, respectivamente nas amostras comerciais de cravo da índia X e Y.

Figura 3. Cromatograma típico da amostra comercial de cravo-da-índia X.

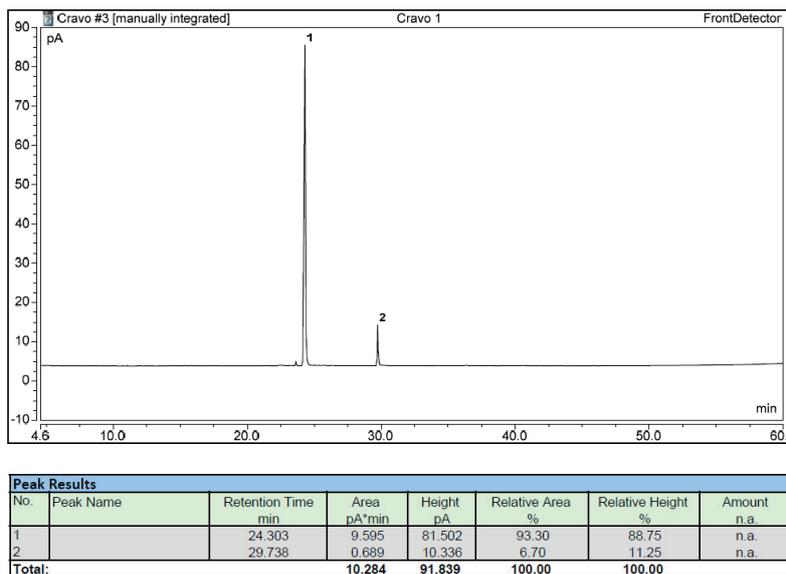
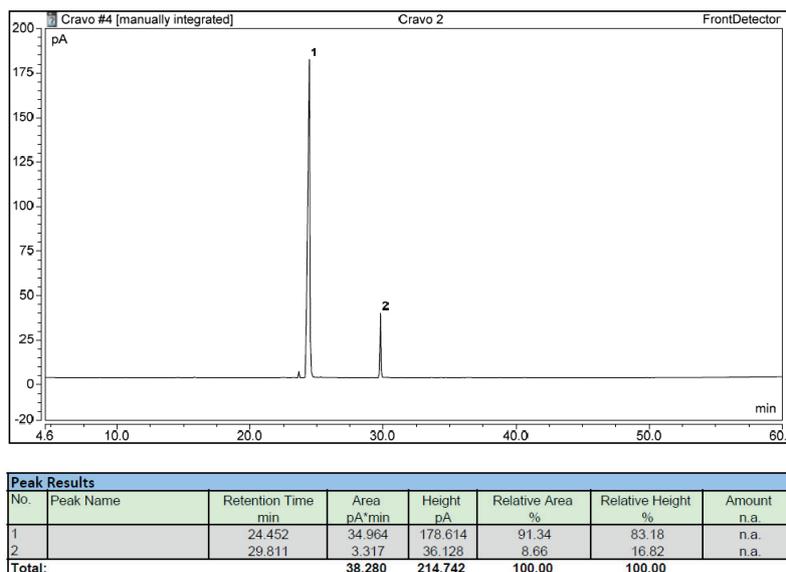


Figura 4. Cromatograma típico da amostra comercial de cravo-da-índia Y.



Após as extrações de 2 amostras comerciais de erva doce (*Pimpinella anisum*), estas foram analisadas pela técnica de Cromatografia Gasosa. A análise da amostra comercial de erva doce K indicou a presença de um pico majoritário (97,82%) em 19,40 minutos. Este mesmo pico majoritário (97,56%) também foi observado na amostra comercial de erva doce Q em 19,40 minutos (Figuras 5 e 6). Outros pequenos picos podem ser observados com menores intensidades que 1,0%, respectivamente nas amostras comerciais de erva doce K e Q.

Figura 5. Cromatograma típico da amostra comercial de erva doce K.

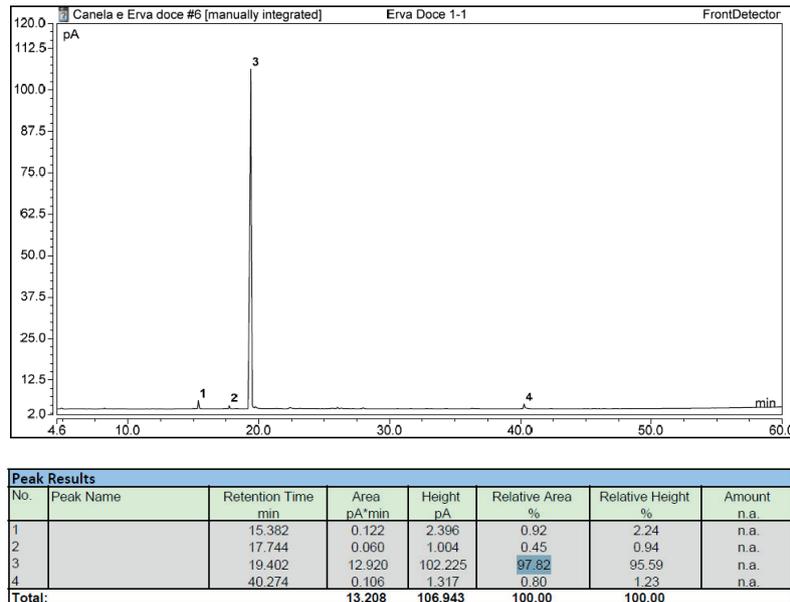
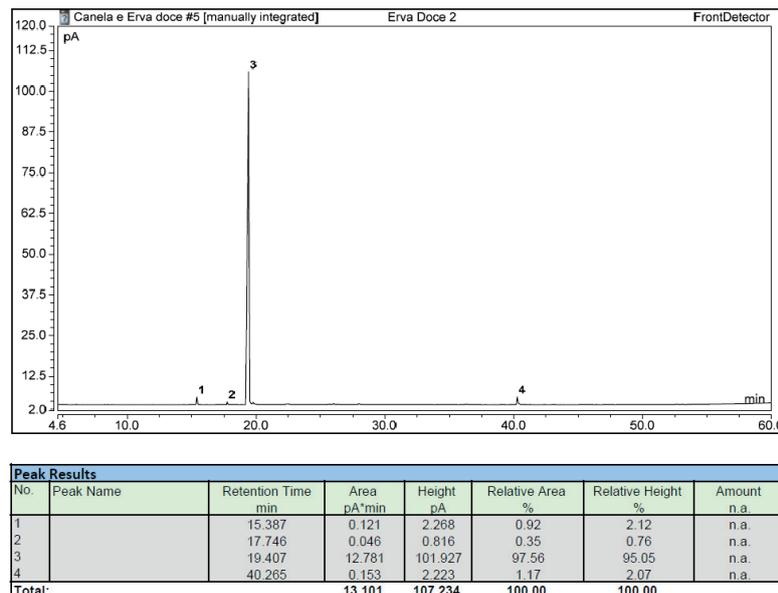


Figura 6. Cromatograma típico da amostra comercial de erva doce Q.



As identificações dos componentes dos óleos essenciais obtidos nas amostras comerciais de canela (*Cinnamomum verum*), cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*) e erva doce (*Pimpinella anisum*) foram feitas utilizando como referência os espectros de massas obtidos dos picos cromatográficos experimentais comparados com dados teóricos da biblioteca de dados NIST 62 (ADAMS, 2012). Os índices de retenção foram determinados em relação aos tempos de retenção de uma série de padrões de n-alcenos (C-10 a C-30), medidos nas mesmas condições cromatográficas descritas acima e comparados com os valores publicados (VAN DEN DOOL e KRATZ, 1963). Através das análises, pode-se identificar um grupo importante de substâncias que são

características na identificação de cada amostra, como poderá ser visto nos Quadros a seguir. No Quadro 1 são apresentadas as substâncias identificadas nas amostras comerciais de canela Z e W. Em cada amostra foram identificadas quatro substâncias.

Quadro 1. Substâncias identificadas nas duas amostras comerciais de canela.

CANELA Z				
Pico	Substâncias	IR calc	IR lit	% relativa
1	Z- cinamaldeído	1254	1267	0,59
2	E-cinamaldeído	1320	1267	97,75
3	$\alpha$ -copaeno	1374	1374	0,63
4	E-o-metoxicinamaldeído	1588	1527	1,03
CANELA W				
Pico	Substâncias	IR calc	IR lit	% relativa
1	E-cinamaldeído	1320	1267	98,65
2	$\alpha$ -copaeno	1375	1374	0,44
3	$\delta$ -cadineno	1525	1522	0,53
4	E-calameneno	1526	1521	0,38

IRcal = índice de retenção calculado; IR lit = índice de retenção da literatura.

No Quadro 2 são apresentadas as substâncias identificadas nas amostras comerciais de erva doce K e Q. Foram identificadas quatro substâncias em cada amostra.

Quadro 2. Compostos identificados nas duas amostras comerciais de erva doce.

ERVA DOCE K				
Pico	Substâncias prováveis	IR calc	IR lit	% relativa
1	Metil chavicol	1212	1195	0,92
2	Z-anethol	1268	1249	0,45
3	E-anethol	1307	1282	97,82
4	E-pseudoisoeugenyla-2-metilbutirate	1865	1841	0,80
ERVA DOCE Q				
Pico	Substâncias prováveis	IR calc	IR lit	% relativa
1	Metil chavicol	1212	1195	0,92
2	Z-anethol	1268	1249	0,35
3	E-anethol	1304	1282	97,56
4	E-pseudoisoeugenyla-2-metilbutirate	1865	1841	1,17

No Quadro 3 são apresentadas as substâncias identificadas nas amostras comerciais de cravo-da-índia X e Y. Foram identificadas apenas duas substâncias presentes nas amostras.

Quadro 3. Substâncias identificadas nas duas amostras comerciais de cravo-da-índia.

<b>CRAVO X</b>				
<b>Pico</b>	<b>Substâncias prováveis</b>	<b>IR calc</b>	<b>IR lit</b>	<b>% relativa</b>
<b>1</b>	Eugenol	1413	1356	93,30
<b>2</b>	Acetato de eugenol	1561	1521	6,70
<b>CRAVO Y</b>				
<b>Pico</b>	<b>Substâncias prováveis</b>	<b>IR calc</b>	<b>IR lit</b>	<b>% relativa</b>
<b>1</b>	Eugenol	1413	1356	91,34
<b>2</b>	Acetato de eugenol	1561	1521	8,66

## CONCLUSÃO

O estudo e comparação dos perfis de óleos essenciais em amostras comerciais de canela, cravo-da-índia e erva doce por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas demonstrou que as seis amostras comerciais dessas especiarias são de origem confiável, já que estão de acordo com a literatura e não ocorrem adulterações.

Nos hidrolatos da canela (amostras Z e W) cujo componente principal é o isômero E-cinamaldeído, a diferença entre sua quantidade da amostra Z para W foi de 0,90%. Porém, índices menores de 1,0% podem ser desconsiderados e, tal variação pode ser afetada pelo genótipo, pelas condições ecológicas e práticas agrícolas, como a época de semeadura, fertilizantes, aplicação de água e densidade da planta.

Nos óleos essenciais de cravo-da-índia (amostras X e Y) cujo componente principal é o eugenol, a diferença entre sua quantidade da amostra Y para X foi de 1,96%. A única diferença entre os dados da literatura e o resultado das análises é a presença de acetato de eugenol, porém sem influência em adulterações consideráveis.

Nos hidrolatos de erva doce (amostras K e Q) cujo componente principal é o isômero E-anetol, a diferença entre sua quantidade da amostra K para Q foi de 0,26%. Também podem ser detectados outros componentes, mas eles não têm influência em adulterações consideráveis.

Portanto, a comparação dos perfis de óleos essenciais por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa detectou os principais componentes das amostras de canela, cravo-da-índia e erva-doce, além de suas respectivas quantidades, o que faz com que os produtos sejam considerados confiáveis por estarem de acordo com os dados da literatura e sem adulterações consideráveis, mesmo detectando outros componentes em menor quantidade.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. Academic press, 2012.
- ADAMS, R. P.; Identification of Essential Oil by Ion Trap Mass Spectroscopy, Academic Press: San Diego, 1995.
- AREFIN, Aishawarya et al. Study on Awareness about Food Adulteration and Consumer Rights among Consumers in Dhaka, Bangladesh. *Journal of Health Science Research*, p. 69-76, 2020.
- BANSAL, Sangita et al. Food adulteration: Sources, health risks, and detection methods. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 57, n. 6, p. 1174-1189, 2017.
- BARROS GOMES, Paulo Roberto et al. Caracterização química e citotoxicidade do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, v. 47, n. 1, p. 37-52, 2018.
- BOGUSZ, Maciej J. et al. Application of LC-ESI-MS-MS for detection of synthetic adulterants in herbal remedies. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, v. 41, n. 2, p. 554-564, 2006.
- BLANCH, Gracia P. et al. Comparison of different methods for the evaluation of the authenticity of olive oil and hazelnut oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 46, n. 8, p. 3153-3157, 1998.
- BRITISH RETAIL CONSORTIUM. BRC Global Standard: Food. The Stationery Office, 2005.
- BRUCKER, Mary C.; KING, Tekoa L. The 2015 US Food and Drug Administration pregnancy and lactation labeling rule. *Journal of midwifery & women's health*, v. 62, n. 3, p. 308-316, 2017.
- CALABRESE, Massimo; STANCHER, Bruno; RICCOBON, Patrizia. High-performance liquid chromatography determination of proline isomers in Italian wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 69, n. 3, p. 361-366, 1995.
- CRANDALL, Philip G.; O'BRYAN, Corliss A. Global food safety initiative: implementation and perspectives. In: *Food safety*. Academic Press, 2015. p. 3-8.
- CLEVENGER, J. F. Apparatus for the determination of volatile oil. *The Journal of the American Pharmaceutical Association* (1912), v. 17, n. 4, p. 345-349, 1928a.
- CLEVENGER, J. F. Report on (the analysis of) fluidextract of ginger. *Assoc Off Agric Chem J*, v. 17, p. 346-349, 1928b.
- DANEZIS, Georgios P. et al. Food authentication: state of the art and prospects. *Current Opinion in Food Science*, v. 10, p. 22-31, 2016.
- DEREK, L. Eight toxic foods: a little chemical education. 2015.
- EVERSTINE, Karen et al. Development of a hazard classification scheme for substances used in the fraudulent adulteration of foods. *Journal of food protection*, v. 81, n. 1, p. 31-36, 2018.
- FILODA, Paula Freitas et al. Fast methodology for identification of olive oil adulterated with a mix of different vegetable oils. *Food Analytical Methods*, v. 12, n. 1, p. 293-304, 2019.
- GAHUKAR, R. T. Food adulteration and contamination in India: occurrence, implication and safety measures. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 3, n. 1, p. 47, 2014.

- GAHUKAR, R. T. Are Indian foods from genetically modified crops safe?. *JOURNAL OF FOOD AGRICULTURE AND ENVIRONMENT*, v. 2, p. 11-13, 2004.
- GOSSNER, Céline Marie-Elise *et al.* The melamine incident: implications for international food and feed safety. *Environmental health perspectives*, v. 117, n. 12, p. 1803-1808, 2009.
- HAUGHEY, Simon A. *et al.* The application of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to detect melamine adulteration of soya bean meal. *Food Chemistry*, v. 136, n. 3-4, p. 1557-1561, 2013.
- HUANG, Yue *et al.* Identification of additive components in powdered milk by NIR imaging methods. *Food chemistry*, v. 145, p. 278-283, 2014.
- HERNANDEZ, P. E. *et al.* Antibody-based analytical methods for meat species determination and detecting adulteration of milk. *Food and Agricultural Immunology*, v. 6, n. 1, p. 95-104, 1994.
- JANARDHANA, G. R.; RAVEESHA, K. A.; SHETTY, H. Shekar. Mycotoxin contamination of maize grains grown in Karnataka (India). *Food and chemical toxicology*, v. 37, n. 8, p. 863-868, 1999.
- JAISWAL, P. K. Common adulterants/contaminants in food and simple screening tests for their detection. Central AGMARK Laboratories, Nagpur, India, 2011.
- KALIVAS, John H. *et al.* Food adulteration analysis without laboratory prepared or determined reference food adulterant values. *Food chemistry*, v. 148, p. 289-293, 2014.
- KRISHNAMOORTHY, B. *et al.* Navashree and Nithyashree-two new high yielding and high-quality cinnamon (*Cinnamomum verum* Bercht & Presl.) selections. *J. spices and Aromatic Crops*, v. 5, n. 1, p. 28-33, 1996.
- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, Anna; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. *Bee world*, v. 59, n. 4, p. 139-157, 1978.
- MAJUMDAR, Sanhita. Food hazards and food security. *Everyman's Science*, v. 64, p. 348-355, 2010.
- MANGAL, Manisha; BANSAL, Sangita; SHARMA, Mamta. Macro and micromorphological characterization of different *Aspergillus* isolates. *Legume Research-An International Journal*, v. 37, n. 4, p. 372-378, 2014.
- MILDNER-SZKUDLARZ, Sylwia; JELEŃ, Henryk H. The potential of different techniques for volatile compounds analysis coupled with PCA for the detection of the adulteration of olive oil with hazelnut oil. *Food Chemistry*, v. 110, n. 3, p. 751-761, 2008.
- MOULY, Pierre; GAYDOU, Emile M.; AUFFRAY, Alain. Simultaneous separation of flavanone glycosides and polymethoxylated flavones in citrus juices using liquid chromatography. *Journal of chromatography A*, v. 800, n. 2, p. 171-179, 1998.
- MCLAFFERTY, F. W.; STAUFFER, D.; *The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data*, John Wiley Sons: New York, 1989.
- NICOLAOU, N.; XU, Y.; GOODACRE, R. Fourier transform infrared spectroscopy and multivariate analysis for the detection and quantification of different milk species. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 12, p. 5651-5660, 2010.
- NOGUEIRA, J. M. F.; NASCIMENTO, A. M. D. Analytical characterization of Madeira wine. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 47, n. 2, p. 566-575, 1999.
- OHE, K. Scanning electron microscopic studies of pollen from apple varieties. *Acta Horticulturae*

(Netherlands), 1991.

OLIVEIRA, Rafael CS *et al.* Evaluation of the potential of SPME-GC-MS and chemometrics to detect adulteration of ground roasted coffee with roasted barley. *Journal of Food Composition and analysis*, v. 22, n. 3, p. 257-261, 2009.

OZEN, Banu F.; MAUER, Lisa J. Detection of hazelnut oil adulteration using FT-IR spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 50, n. 14, p. 3898-3901, 2002.

RAHMAN, Md Arifur *et al.* Food adulteration: A serious public health concern in Bangladesh. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, v. 18, n. 1, p. 1-7, 2015.

RUIZ-MATUTE, Ana I. *et al.* A new methodology based on GC-MS to detect honey adulteration with commercial syrups. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 55, n. 18, p. 7264-7269, 2007.

SEZER, Banu *et al.* Detection of Pistacia vera adulteration by using laser induced breakdown spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 5, p. 2236-2242, 2019.

SENANAYAKE, Upali M.; LEE, Terence H.; WILLS, Ronald BH. Volatile constituents of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 26, n. 4, p. 822-824, 1978.

SHAW, Pang-Chui; WANG, Jun; BUT, Paul PH. Authentication of Chinese medicinal materials by DNA technology. *World Scientific*, 2002.

SHEOREY, Rahul Ranjan; TIWARI, Archana. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) for identification of herbal materials and medicines-A review. 2011.

SIDDIQUI, Md Wasim; DHUA, R. S. Eating artificially ripened fruits is harmful. *Current science*, p. 1664-1668, 2010.

SINGH, MONISHA; SRIVASTAVA, SANGITA. Prevent food adulteration to save your kidney. *Int. J. App. Home Sci*, v. 3, n. 5, p. 241-248, 2016.

SILVA, B. M. *et al.* Analysis of phenolic compounds in the evaluation of commercial quince jam authenticity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, n. 7, p. 2853-2857, 2000.

SPAARGAREN, Gert; OOSTERVEER, Peter; LOEBER, Anne (Ed.). Food practices in transition: changing food consumption, retail and production in the age of reflexive modernity. *Routledge*, 2013.

SRIVASTAVA, Yashi; SRIVASTAVA, Garima. Global Perspective of Sensors for the Detection of Food Adulterants. *Biotechnological Approaches in Food Adulterants*, p. 239, 2020.

SUDERSHAN, R. V. *et al.* Food safety research in India: a review. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, v. 2, n. 3, p. 412-433, 2009.

SUDERSHAN, R. V.; BHAT, Ramesh V. A survey on veterinary drug use and residues in milk in Hyderabad. *Food Additives & Contaminants*, v. 12, n. 5, p. 645-650, 1995.

SUBBANNAYYA, K. *et al.* How safe is sugarcane juice?. *Indian journal of medical microbiology*, v. 25, n. 1, p. 73-74, 2007.

SUMAR, S.; ISMAIL, H. Adulteration of foods-past and present. *Nutrition & Food Science*, 1995.

TELASCREA, M., ARAÚJO, C. C. D., CAVALHEIRO, A. J., MARQUES, M. O., FACANALI, R., & DE MORAES, P. L. Essential oils from leaves of *Cryptocarya* spp from the atlantic rain forest. *Química Nova*, 31(3), 503-507, 2008.

TIMSORN, Kriengkri; LORJAROENPHON, Yaowapa; WONGCHOOSUK, Chatchawal. Identification of adulteration in uncooked Jasmine rice by a portable low-cost artificial olfactory system. *Measurement*, v. 108, p. 67-76, 2017.

VAN DEN DOOL, H. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J. Chromatogr. A*, v. 11, p. 463-471, 1963.

WEN, Zai-Qing *et al.* ADULTERATION DETECTION-Assessment of Spectroscopic Techniques for Adulteration Detection of Raw Materials Used in Biopharmaceutical Manufacturing. *American Pharmaceutical Review*, v. 15, n. 1, p. 26, 2012.

WILHELMESEN, Eric C. Adulteration determination. *Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation*, 2006.

XIU, Changbai; KLEIN, K. K. Melamine in milk products in China: Examining the factors that led to deliberate use of the contaminant. *Food policy*, v. 35, n. 5, p. 463-470, 2010.

YU, Yunxin *et al.* Accuracy and stability improvement in detecting Wuchang rice adulteration by piece-wise multiplicative scatter correction in the hyperspectral imaging system. *Analytical Methods*, v. 10, n. 26, p. 3224-3231, 2018.

ADAMS, Robert P. *et al.* Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. *Carol Stream: Allured publishing corporation*, 2017.

LAROQUE, Denise Adamoli *et al.* Óleo de cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*) como substrato para a síntese de acetato de eugenila via catálise heterogênea em sistema livre de solvente. 2014.

SENANAYAKE, Upali M.; LEE, Terence H.; WILLS, Ronald BH. Volatile constituents of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 26, n. 4, p. 822-824, 1978.

KRISHNAMOORTHY, B. *et al.* Navashree and Nithyashree-two new high yielding and high quality cinnamon (*Cinnamomum verum* Bercht & Presl.) selections. *J. spices and Aromatic Crops*, v. 5, n. 1, p. 28-33, 1996.

SAIBI, Sabrina; BELHADJ, Mustapha; BENYOUSSEF, El-Hadi. Essential oil composition of *Pimpinella anisum* from Algeria. *Analytical Chemistry Letters*, v. 2, n. 6, p. 401-404, 2012.