

Determinación del contenido de fluoruro en infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*)

Alicia Martínez Robayna¹, Arturo Hardisson de la Torre¹, Ángel J. Gutiérrez Fernández¹, Carmen Rubio Armendáriz¹, Consuelo Revert Gironés², Juan Ramón Jaudenes Marrero¹, Soraya Paz Montelongo¹

¹Departamento de Toxicología, Universidad de La Laguna, 38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España.

²Departamento de Medicina Física y Farmacología, Universidad de La Laguna, 38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España.

Correspondencia: Soraya Paz Montelongo, spazmont@gmail.com

Recibido: 10-junio-2018, revisado: 05-Julio-2018, aceptado 10-Julio-2018

Resumen

Determinación del contenido de fluoruro en infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*)

Introducción: las infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*), tradicionales de la gastronomía latinoamericana, son cada vez más frecuentes en nuestro país. Sus efectos beneficiosos y energizantes hacen que esta infusión esté ganando importancia. Sin embargo, las infusiones pueden ser una fuente de fluoruro. Un nivel óptimo de fluoruro puede proteger las piezas dentales de la caries pero, elevadas concentraciones de este elemento pueden provocar efectos tóxicos como la fluorosis dental y ósea. Las plantas como la yerba mate pueden absorber y acumular fluoruro, siendo necesario determinar el contenido de este elemento en las infusiones de yerba mate.

Objetivos: determinar el contenido de fluoruro en muestras de yerba mate, procedentes de diferentes países (Brasil, Uruguay, Paraguay y Argentina), para evaluar la contribución a la ingesta diaria recomendada (IDR) de fluoruro procedente del consumo de estas infusiones.

Material y Métodos: se ha determinado el contenido de fluoruro en infusiones de 13 marcas diferentes de yerba mate mediante potenciometría usando un electrodo de ion selectivo de fluoruro.

Resultados: las concentraciones de fluoruro se encuentran en un intervalo de 0.028 – 0.464 mg/L. La Hoja, procedente de Uruguay, es la marca en la que se registra la mayor concentración de fluoruro (0.464 mg/L).

Conclusiones: el consumo diario de 50 gramos de yerba mate supone una ingesta diaria estimada (IDE) de fluoruro para adultos de entre 0.001 – 0.023 mg/día. Estos valores de IDE suponen unos porcentajes de contribución a la IDR de entre 0.05% y 0.29% para hombres y de entre 0.07% y 0.39% para mujeres. Los resultados obtenidos demuestran que el aporte de fluoruro no supone

ningún riesgo para la salud de los hombres y mujeres adultos.

Palabras clave: fluoruro, fluorosis, yerba mate, electrodo de ion selectivo, potenciometría, ingesta dietética

Summary

Determination of fluoride content in yerba mate infusions (*Ilex paraguariensis*)

Introduction: the yerba mate (*Ilex paraguariensis*) infusions, traditional of the Latin American gastronomy, are more and more frequent in our country. Its beneficial and energizing effects make this infusion is gaining importance. However, infusions can be a source of fluoride. An optimal level of fluoride can protect teeth from decay, but high concentrations of this element can cause toxic effects such as dental and bone fluorosis. Plants such as yerba mate can absorb and accumulate fluoride, being necessary to determine the content of this element in yerba mate infusions.

Objectives: to determine the fluoride content in yerba mate samples, from different countries (Brazil, Uruguay, Paraguay and Argentina), to evaluate the contribution to the recommended daily intake (RDI) of fluoride from the consumption of these infusions.

Material and Methods: the fluoride content was determined in infusions of 13 different yerba mate brands by potentiometry using a fluoride selective ion electrode.

Results: fluoride concentrations are in a range of 0.028 - 0.464 mg/L. The Leaf, coming from Uruguay, is the brand in which the highest concentration of fluoride is registered (0.464 mg/L).

Conclusions: the daily consumption of 50 grams of yerba mate supposes an estimated daily intake (IDE) of fluoride for adults of between 0.001 -

0.023 mg/day. These SDI values represent a percentage of contribution to the IDR between 0.05% and 0.29% for men and between 0.07% and 0.39% for women. The results obtained show that the contribution of fluoride does not pose any risk to the health of adult men and women.

Keywords: fluoride, fluorosis, yerba mate, selective ion electrode, potentiometry, dietary intake

Introducción

El flúor es uno de los elementos más abundantes de la tierra, es un mineral esencial para la vida, encontrándose de forma natural en los alimentos y aguas de consumo [5, 6, 15, 16]. Se absorbe con facilidad en el tracto digestivo y se elimina fundamentalmente por vía urinaria.

La mayor parte del flúor en humanos, se encuentran en los huesos y los dientes en forma de fluorapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F})_2$). La fluorapatita aumenta la dureza del esmalte dental y le confiere una mayor protección frente a las bacterias cariogénicas [11, 12]. La concentración óptima de fluoruro en el agua para reducir el riesgo de caries dental es de 1 mg/L [19, 21].

Aunque el fluoruro es un elemento esencial para el organismo humano, diversos estudios describen que una elevada ingestión de fluoruro puede desembocar en trastornos para la salud humana, como la fluorosis dental y/o la fluorosis ósea [21, 22].

La organización americana *Institute of Medicine, Food and Nutrition Board* ha establecido valores recomendados de ingesta diaria de fluoruro de 4 mg/día para hombres adultos y de 3 mg/día para mujeres adultas [4]. Esta misma institución fija unos valores máximos de ingesta diaria admisible (IDA) de 10 mg/día para hombres y mujeres adultos, superado este valor aumenta el riesgo de efectos tóxicos en casos de ingesta prolongada de fluoruro [4].

La composición química de la yerba mate (*Ilex paraguariensis*), incluye una variedad de polifenoles, xantinas, saponinas, minerales y alcaloides, que pueden ser los responsables de la actividad farmacológica, según estudios de Bastos et al. [1, 2]. Sugiriendo que esta acción farmacológica puede presentar efectos antimutagénicos [2], reguladores de la composición corporal [3], acción en el control de azúcar en sangre y acción antiinflamatoria [14].

La planta de la yerba mate tiene una gran capacidad de adaptación al entorno, siendo capaz de crecer en ambientes muy diversos. Las características del suelo, el clima, la estación y las características genéticas pueden variar de un cultivo a otro, afectando directamente a su composición química. Estudios llevados a cabo por Oliva et al., quienes analizaron la composición química de yerba mate procedente

de diversas localizaciones geográficas, confirmaron diferencias significativas entre las diferentes procedencias [10].

Con lo cual, teniendo en cuenta la posibilidad de que la planta de yerba mate absorba y acumule cantidades significativas de fluoruro y el mayor consumo de las infusiones de mate en países europeos, se ha determinado el contenido de fluoruro en diferentes muestras de yerba mate para evaluar la ingesta dietética de fluoruro procedente del consumo de estas infusiones.

Objetivos

Los objetivos de este estudio han sido determinar el contenido de fluoruro en infusiones de 13 marcas diferentes de yerba mate para establecer la existencia de diferencias significativas entre marcas y entre países de origen, comparar nuestros datos con los obtenidos por otros autores para muestras de distinta procedencia y calcular el porcentaje de contribución a las IDRs (Ingestas Diarias Recomendadas) de flúor para hombres y mujeres.

Material y Métodos

Muestras y tratamiento de las muestras

Se han analizado un total de 13 marcas diferentes de yerba mate procedentes de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay (Tabla 1). Las muestras fueron adquiridas entre febrero de 2017 y abril de 2017 en supermercados, mercados y grandes superficies de la isla de Tenerife (Canarias, España).

Se pesaron 15 gramos de cada tipo de yerba mate que fueron colocados en vasos de plástico estériles. Posteriormente, se adicionó agua destilada a una temperatura de 70-80° C dejando las muestras sumergidas durante 10 minutos agitándolas cuidadosamente para preparar la infusión. A través de embudos de plástico y filtros de papel, fueron filtradas las infusiones para eliminar fragmentos de las hojas utilizadas que pudieran alterar la medida.

Aparatos y reactivos

- Potenciómetro con electrodo de ion selectivo de fluoruro y pH-metro de la marca CRISON, con agitador magnético.
- Disolución de fluoruro 10^{-1} M: preparada disolviendo 4.199 gramos de fluoruro de sodio (NaF) en un matraz aforado de plástico de 1 L enrasando con agua desionizada.
- Disolución acondicionadora de ácido fosfórico (H_3PO_4) 0.75M: preparada diluyendo con agua desionizada 51 mL de ácido fosfórico al 85% en un matraz aforado de 1 L.

Análisis de las muestras

Se realizó una curva de calibrado semilogarítmica con las medidas de potencial (mV) obtenidas de las siguientes concentraciones de fluoruro: 10^{-2} M, 10^{-3} M, 10^{-4} M y 10^{-5} M.

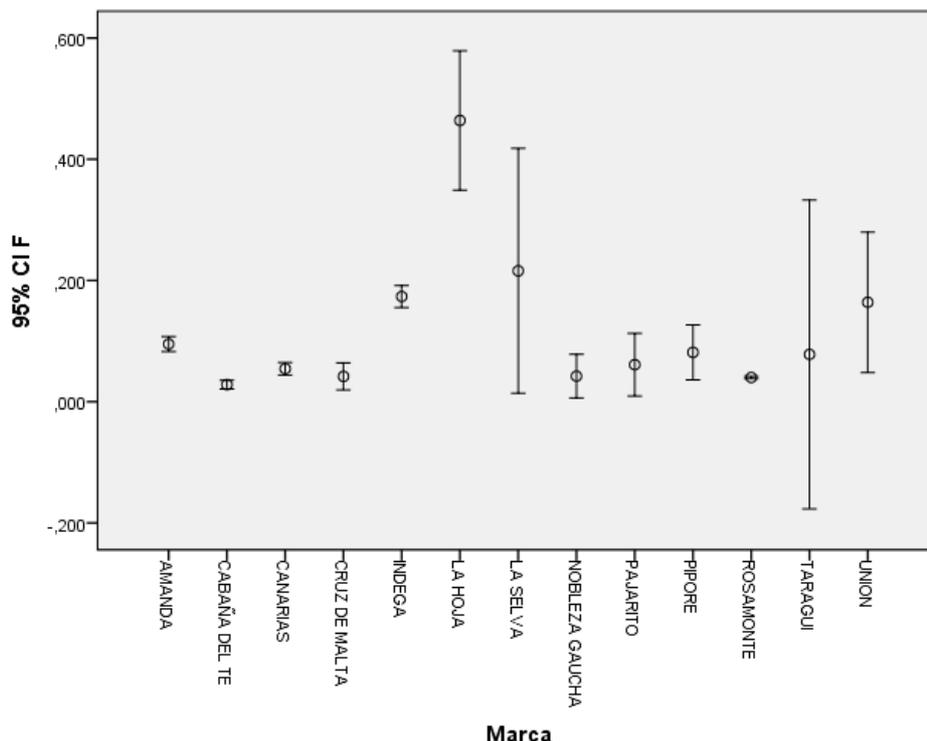


Figura 1. Comparación del contenido de fluoruro (mg/L) entre las muestras de yerba mate analizadas según su marca

La disolución acondicionadora usada, necesaria para ajustar la fuerza iónica de las muestras y evitar posibles interferencias, ha sido una disolución de ácido ortofosfórico 0,75 M. Esta disolución ha sido elegida teniendo en cuenta los resultados obtenidos por Martín [9] y Pérez Olmos et al. [13], quienes demostraron que esta disolución ofrecía una mayor precisión y un menor tiempo de respuesta. La proporción de volumen de muestra:volumen de disolución acondicionadora fue de 1:1, usando 10 mL de ambas. El potencial fue medido y la concentración de fluoruro de cada muestra fue obtenida a través de la curva de calibrado.

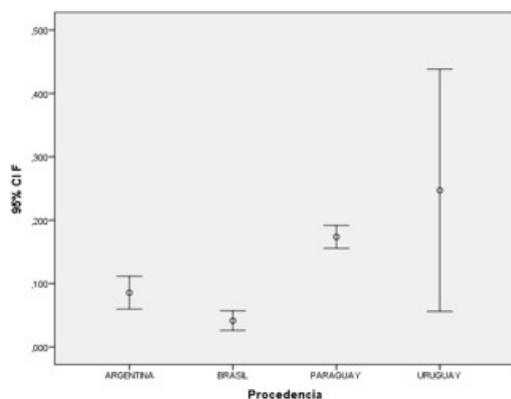


Figura 2. Comparación del contenido de fluoruro (mg/L) entre las muestras de yerba mate analizadas según su país de procedencia

Marca	País de origen
Amanda	Argentina
Brasil. Cabaña del te	Brasil
Canarias	Brasil
Indega	Paraguay
Industria Argentina	Argentina
La Hoja	Argentina
La Selva	Uruguay
Nobleza Gaucha	Argentina
Pajarito	Paraguay
Piporé	Argentina
Rosamonte	Argentina
Taragúí	Argentina
La Unión	Argentina

Tabla 1. Marca y procedencia de las muestras analizadas

Análisis estadístico

Se ha realizado el análisis estadístico usando el programa IBM STATISTICS SPSS 22.0 para Mac®. Este análisis estadístico ha sido llevado a cabo para comprobar la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de fluoruro entre las diferentes marcas de yerba mate analizadas y entre los diferentes países de origen. En primer lugar, se comprobó la normalidad de los datos mediante el Test Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Shapiro-Wilk [6, 12]. Al comprobarse que la distribución de los datos no correspondía con la normalidad, se procedió a

realizar el test no paramétrico de Kruskal Wallis, el cual si revelaba diferencias significativas se completaba con el test U de Mann Whitney [5].

Marca	Concentración (mg/L)
Amanda	0.095 ± 0.005
Cabaña	0.028 ± 0.003
Canarias	0.054 ± 0.004
Cruz de Malta	0.042 ± 0.002
Indega	0.174 ± 0.002
La Hoja	0.464 ± 0.01
La Selva	0.216 ± 0.02
Nobleza Gaucha	0.042 ± 0.004
Pajarito	0.061 ± 0.006
Piporé	0.081 ± 0.03
Rosamonte	0.040 ± 0.001
Taragüí	0.078 ± 0.03
Unión	0.164 ± 0.07

Tabla 2. Concentraciones medias de fluoruro (mg/L) y desviaciones estándar (SD) de las muestras de yerba mate analizadas según la marca

Resultados

En la Tabla 2 se encuentran las concentraciones medias de fluoruro (mg/L) y las desviaciones estándar para cada una de las marcas de yerba mate analizadas. De todas las marcas de yerba mate analizadas destaca La Hoja, con un nivel medio de fluoruro de 0.464 mg/L, seguida por la marca La Selva con una concentración media de 0.216 mg/L.

Procedencia	n	Media (mg/L)
Argentina	8	0.086 ± 0.06
Brasil	2	0.041 ± 0.02
Paraguay	2	0.174 ± 0.00
Uruguay	1	0.247 ± 0.18

Tabla 3. Concentraciones medias de fluoruro (mg/L) y desviaciones estándar (SD) de las muestras de yerba mate analizadas según el país de procedencia

El resto de las marcas analizadas siguen el orden decreciente de concentración de Indega > Unión > Amanda > Piporé > Taragüí > Pajarito > Canarias > Nobleza Gaucha = Cruz de Malta > Rosamonte > Cabaña. Tras realizar el análisis estadístico, se ha demostrado la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de fluoruro entre las marcas La Hoja y La Selva con el resto de marcas estudiadas (Fig. 1).

La Tabla 3 recoge las concentraciones medias (mg/L) de fluoruro y las desviaciones estándar (SD) de la yerba mate analizada según su país de origen. La mayor concentración de fluoruro ha sido encontrada en las muestras originarias de Uruguay, con una concentración media de 0.247 mg/L. Estas diferencias pueden deberse a múltiples factores como el contenido en fluoruro

del agua de regadío, del suelo y la cercanía a zonas industriales.

Además, se tiene que las muestras procedentes de Argentina (0.086 mg/L) y Brasil (0.041 mg/L) presentan menores concentraciones medias que las muestras originarias de Paraguay (0.174 mg/L) y Uruguay (0.247 mg/L). El análisis estadístico ha revelado diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de fluoruro entre las muestras procedentes de Uruguay y Paraguay con las procedentes de Brasil y Argentina.

Si comparamos los datos obtenidos en el presente estudio con los de otros autores para infusiones de té (Tabla 4) se aprecia que, dependiendo del tipo de infusión y su procedencia, puede encontrarse valores muy dispares. No ha sido posible comparar el contenido de fluoruro obtenido en este estudio con otras infusiones de yerba mate por no encontrarse otros estudios similares.

Comparando los resultados obtenidos en yerba mate con los datos obtenidos en los estudios para el té negro, se tiene que, las concentraciones encontradas por otros autores para los té negros son más elevadas que las encontradas para la yerba mate en este estudio. Es conocido que el té concentra notables cantidades de fluoruro y que junto a determinadas aguas, es la más importante fuente de este anión a la dieta [7, 8].

Yerba mate (presente estudio, 2018)		Té negro (otros autores)	
País	Concentración (mg/L)	Referencia	Concentración (mg/L)
Argentina	0.086	Sofuoğlu et al., 2008 [17]	0.68
Brasil	0.041	Malinowska et al., 2008 [8]	0.32 – 4.54
Paraguay	0.174	Waugh et al., 2016 [20]	5.50
Uruguay	0.247	Zhu et al., 2013 [23]	10.18

Tabla 4. Comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio para yerba mate con los contenidos por otros autores en muestras de té negro

Discusión

Para la evaluación de la ingesta dietética de fluoruro procedente del consumo de infusiones de yerba mate, es necesario calcular el valor de la ingesta diaria estimada (IDE) expresada en mg de fluoruro por día, usando la siguiente expresión.

$$IDE = [(\text{Concentración de fluoruro (mg/L)}) \times (\text{Consumo medio (kg/día)})]$$

Para realizar estos cálculos, se toma la concentración de fluoruro que obtuvimos en el laboratorio y el consumo medio de yerba mate. Torterolo et al. [18] estimaron un consumo medio de 50 gramos de yerba mate al día, que es la cantidad necesaria para preparar la infusión en la “bombilla”. Por otro lado, para el cálculo de la IDR en adultos han sido tomados los valores de referencia establecidos por el IOM [4], siendo de

3 mg/día para mujeres adultas y de 4 mg/día para hombres adultos.

Teniendo en cuenta los datos expuestos anteriormente, se procede a calcular el porcentaje de contribución a la IDR mediante la siguiente expresión.

$$IDR \% = [(IDE \text{ mg/día}) / \text{Valor recomendado}] \times 100$$

Marca	Concentración (mg/L)	IDE (mg/día)	IDR %	
			Mujeres	Hombres
Amanda	0.095	0.005	0.16	0.12
Cabaña	0.028	0.001	0.05	0.04
Canarias	0.054	0.003	0.09	0.07
Cruz de Malta	0.042	0.002	0.07	0.05
Indega	0.174	0.009	0.28	0.21
La Hoja	0.464	0.023	0.80	0.60
La Selva	0.216	0.011	0.38	0.29
Nobleza Gaucha	0.042	0.002	0.07	0.05
Pajarito	0.061	0.003	0.11	0.08
Piporé	0.081	0.004	0.16	0.12
Rosamonte	0.040	0.002	0.07	0.05
Taragüí	0.078	0.004	0.10	0.08
Unión	0.164	0.008	0.39	0.29

Valores de IDR: 3 mg/día para mujeres adultas, 4 mg/día para hombres adultos [4]

Tabla 5. Concentraciones medias de fluoruro, valores de la IDE (mg/día) y porcentaje de contribución a la IDR de las diferentes marcas de yerba mate analizadas

En la Tabla 5 se presentan los valores de ingesta diaria estimada (IDE) y los porcentajes de contribución a la IDR. En general, el aporte de fluoruro es bastante bajo encontrándose los mayores porcentajes de contribución en las infusiones preparadas con yerba mate de la marca “La Hoja” siendo menores al 1% tanto para hombres como para mujeres adultas. Con lo cual, el aporte de fluoruro procedente del consumo de infusiones preparadas con yerba mate no supone un aporte significativo a la dieta.

Conclusiones

En ninguna de las infusiones de yerba mate preparadas se ha encontrado concentraciones de fluoruro superiores a 1.5 mg/L, siendo éste el límite máximo permisible de fluoruro en las aguas de abastecimiento y que superado puede producir fluorosis endémica. De las diferentes marcas estudiadas se tiene que la marca “La Hoja” es la que presenta la mayor concentración media de fluoruro, siendo ésta de 0.464 mg/L. Las muestras de yerba mate procedentes de Uruguay son las que presentan las mayores concentraciones de fluoruro, con una concentración media de 0.247 mg/L. Un consumo de 50 gramos al día de yerba mate supone una ingesta diaria estimada (IDE) muy baja de fluoruro para adultos de entre 0.001

– 0.023 mg/día. El porcentaje de contribución a la ingesta diaria recomendada (IDR) se encuentra entre 0.05% y 0.29% para hombres adultos y de entre 0.07% y 0.39% para mujeres adultas, porcentajes muy bajos. El aporte de fluoruro a la dieta procedente del consumo frecuente de yerba mate no supone ningún riesgo para la salud de los hombres y mujeres adultos.

Bibliografía

1. Bastos DHM, Ishimoto EY, Marques MOM, Ferri AF, Torres EAFS. Essential oil and antioxidant activity of green mate and mate tea (*Ilex paraguariensis*) infusions. *J Food Comp Anal* 2006; 19: 538-543.
2. Bastos, DHM, Saldanha LA, Catharino RR, Sawaya ACHF, Cunha IBS, Carvalho PO, Eberlin MN. Phenolic antioxidants identified by ESI-MS from yerba mate (*Ilex paraguariensis*) and green tea (*Camelia sinensis*) extracts. *Molecules* 2007; 12: 423-432.
3. Dickel ML, Rates SM, Ritter MR. Plants popularly used for losing weight purposes in Porto Alegre, South Brazil. *J Ethnopharmacol* 2007; 109: 60-71.
4. IOM (Institute of Medicine). Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine of the National Academies. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. National Academy Press 1997; Washington, USA.
5. Jádenes Marrero JR, Hardisson de la Torre A, Gutiérrez Fernández AJ, Rubio Armendáriz C, Revert Gironés C. Evaluación del riesgo tóxico por la presencia de fluoruro en aguas de bebida envasada consumidas en Canarias. *Nutr Hosp* 2015; 32(5): 2261-2268.
6. Jaudenes JR, Hardisson A, Paz S, Rubio C, Gutiérrez AJ, Burgos A, Revert C. Potentiometric Determination of Fluoride Concentration in Beers. *Biol Trace Elem Res* 2017; DOI: 10.1007/s12011-017-1029-8.
7. Jim C, Yan Z, Yi L, Hui J D. Tea and Health. *Food Chem Toxicol* 2006; 44(7), 1131-1137.
8. Malinowska E, Inkielewicz I, Czarnowski W, Szefer P. Assessment of fluoride concentration and daily intake by human from tea and herbal infusions. *Food Chem Toxicol* 2008; 46(3): 1055-1061.
9. Martín M. Determinación potenciométrica de fluoruro en bebidas alcohólicas y analcohólicas. Tesina de Licenciatura 1989; Facultad de Farmacia, Universidad de La Laguna.
10. Oliva EV, Reissmann CB, Gaiad S, Sturion JA, De Olivera EB, Wisniewski C, Míaqui DP. Composicao química foliar de

- macronutrientes em precedencias de erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil. Actas del IV Congreso Sudamericano de Yerba Mate. Argentina 2006; 285-289.
11. OMS (Organización Mundial de la Salud). Niveles de flúor en la dieta. Organización Naciones Unidas (ONU) 2018; Ginebra, Suiza.
 12. Paz S, Jaudenes JR, Gutiérrez AJ, Rubio C, Hardisson A, Revert C. Determination of Fluoride in Organic and Non-Organic Wines. *Biol Trace Elem Res* 2017; 178: 153-159.
 13. Pérez Olmos R, Hardisson A, Elías M, Ríos R, Martín M. (1990). Determination of fluoride in Tenerife wines. Comparative study of conditioning solutions. *Belgian J Food Chem Biotechnol* 1990; 45 (6): 208-213.
 14. Puangpraphant S, De Mejia EG. Saponins in yerba mate tea (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil) and quercetin synergistically inhibit iNOS and COX-2 in lipopolysaccharide-induced macrophages through NFkappaB pathways. *J Agr Food Chem* 2009; 57(19): 8873–8883.
 15. Rodríguez Gómez MI, Hardisson de la Torre A, Burgos Ojeda A, Álvarez Marante R, Díaz-Flores L. Fluoride levels in wines of the Canary Islands (Spain). *Eur Food Res Technol* 2003; 216: 145–149.
 16. Rodríguez I, Hardisson A, Gutiérrez Aj, Rubio C, Paz S, Jaudenes JR, Burgos A, Revert C. Potentiometric Determination of Fluoride in Vinegars. *Open Acc J Toxicol* 2018; 2(3): 1-6.
 17. Sofuoglu SC, Kavcar P. An exposure and risk assessment for fluoride and trace metals in black tea. *J Hazard Mat* 2008; 158: 392-400.
 18. Torterolo P, Falconi A, Benedetto L, Rodríguez-Haralambides A, Rufo C, Bracesco N. Yerba mate: efectos sobre la vigilia y el sueño. *An Facultad Med (Univ. Repúb. Urug)* 2014; 1(1): 28-40.
 19. Tubert-Jeannin S, Auclair C, Amsallem E, Tramini P, Gerbaud L, Ruffieux C, Schulte AG, Koch MJ, Rège-Walther M, Ismail A. Fluoride supplements (tablets, drops, lozenges or chewing gums) for preventing dental caries in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; 12(12).
 20. Waugh DT, Potter W, Limeback H, Godfrey M. Risk Assessment of Fluoride Intake from Tea in the Republic of Ireland and its Implications for Public Health and Water Fluoridation. *Int J Environ Res Public Health* 2016; 13: 259.
 21. WHO (World Health Organization). Preventing disease through healthy environments. Inadequate or excess fluoride: a major public health concern 2010; Ginebra, Suiza
 22. Whyte MP, Essmyer KE, Gannon FH, Reinus WR. Skeletal fluorosis and instant tea. *American J Med* 2005; 118(1): 78-82.
 23. Zhu JJ, Tang ATH, Matinlinna JP, Tsoi JKH, Hägg U. Potentiometric Determination of Fluoride Release from Three Types of Tea Leaves. *Int J Electrochem Sci* 2013; 8: 11142-11150.