

Artículo de Revisión

OCRATOXINA A EN CACAO Y DERIVADOS. MEDIDAS PREVENTIVAS

Ochratoxin A in cacao and derivatives. Preventive measures

Gabriela C. Chire, Rocío A. Valdivia, Milber O. Ureña

Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina

RESUMEN

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los riesgos que implica la presencia de ocratoxina A (OTA) en cacao y sus derivados, su efecto en la salud del ser humano, las formas de detección, los niveles permisibles y las medidas preventivas y de control, con la finalidad de informar a los actores de la cadena de valor (productores, comercializadores, procesadores, exportadores, gobiernos, consumidores finales, entre otros) sobre la importancia del tema por su relación directa con la salud de los consumidores, así como incentivar, a los agricultores y procesadores, el uso del código de prácticas.

Palabras clave: Cacao, derivados del cacao, chocolate, toxina, ocratoxina A, OTA.

SUMMARY

A bibliographic review was made about the presence of ochratoxin A (OTA) in cocoa and cocoa products, its effects in human health, forms of detections, permitted legal levels, preventive and control measures, to make a extension of knowledge of each actor in the value chain (as farmer, sellers, manufacturers, exporters, the government, customers and so on) respect to this important topic and its relation with human health, as well as, stimulate to farmers and processors, use of code of practice.

Keywords: Cocoa, cocoa products, chocolate, toxin, ochratoxin A, OTA.

INTRODUCCIÓN

Es necesario evaluar el riesgo de envenenamiento por micotoxinas, debido a la evidente falta de información que la población tiene al respecto y a la poca investigación que se ha hecho sobre el tema.

Los efectos del envenenamiento se hacen presentes a largo plazo con enfermedades que pueden presentarse hasta la tercera generación, como el cáncer al riñón. El Estado es responsable, a través de sus órganos reguladores, de definir el nivel máximo permitido de toxinas en cada alimento y su regulación. Los laboratorios institucionales de Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Universidades, entre otros, deben realizar investigaciones en ocratoxinas y micotoxinas en general y entrenar a sus estudiantes y personal para realizar labores de extensión con fines de implementación de

acciones preventivas, debiendo reportar los riesgos cuando se hallen altos niveles de estas sustancias en algún alimento. Los organismos internacionales de control, actualmente, estudian el establecer el límite máximo de OTA en cacao y sus derivados en $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽¹⁾.

La revisión bibliográfica para la elaboración de este artículo ha sido sistemática. Se buscaron artículos científicos de investigadores que trabajan en la cadena productiva del cacao y sus derivados, de diferentes países del mundo a través de las bases de datos Scielo, Science Direct, TEEAL y Scopus. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda en las bases de datos fueron: ocratoxina en cacao, OTA en cacao, ocratoxina en chocolate, OTA en chocolate; en los idiomas inglés, español y portugués, por lo que finalmente se trabajaron con 34 referencias bibliográficas. En ellas se revisó la realidad actual respecto a la toxicidad del cacao y del chocolate en el mundo, para luego definir medidas preventivas que lleguen al cacaotero peruano.

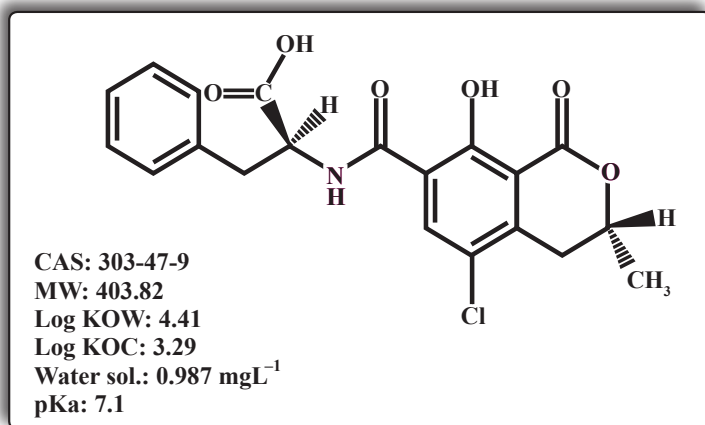


Figura 1. Estructura química de la ocratoxina A. Fuentes: Dall'Asta, *et al.* Food Chem 2008; 106(2): 729-34⁽⁷⁾; Hussein, *et al.* Toxicology 2001; 167(2): 101-34⁽⁸⁾; Mortensen, *et al.* Chemosphere 2006; 62(10): 1673-80⁽⁹⁾

Ocratoxina A y sus efectos en la salud humana

Las ocratoxinas son consideradas metabolitos secundarios en los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* encontrándose principalmente en cereales, cacao⁽²⁻⁴⁾ y sus derivados, en condiciones de alta humedad y temperatura.

La más frecuente y nociva es la ocratoxina A (C₂₀H₁₈ClNO₆) (figuras 1 y 2)^(7, 10), también conocida por las siglas OTA, que está clasificada como un compuesto posiblemente carcinógeno para el ser humano por la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer⁽¹¹⁾, además de haberse hallado, en concentraciones elevadas, en la sangre de personas con neuropatías endémicas⁽¹¹⁾.

Se ha demostrado que sólo *Aspergillus* produce ocratoxinas en el cacao, específicamente las especies *A. carbonarius*, *A. niger* y, en menor grado, *A. westerdijkiae*, *A. ochraceus* y *A. melleus*. El desarrollo y proliferación de los hongos y la biosíntesis de OTA se dan cuando hay condiciones favorables de alto nivel de actividad de agua, pobre salud y/o daño físico de la planta, variaciones estacionales, prácticas de cultivo, condiciones fitosanitarias, condiciones de cosecha, fermentación y transporte^(12, 16).

Sin embargo, se ha demostrado que no hay

correspondencia entre los niveles de toxina en cacao y la presencia del hongo⁽³⁾ y que, por su estabilidad química, no se destruye en la cocción, dificultando su eliminación⁽²⁾.

La presencia de esta toxina en sangre afecta el riñón, hígado, tejidos muscular y adiposo⁽¹³⁾; teniendo particular afinidad por el riñón, donde ejerce efectos citotóxicos y cancerígenos, generando nefropatía; mientras que en el sistema nervioso causa lesiones crónicas y específicas⁽¹⁴⁾. También se han reportado efectos neurotóxicos, inmunogénicos, carcinogénicos y teratogénicos en células lineales de animales y humanas de laboratorio⁽¹⁵⁾. Además se sabe que la OTA podría afectar a los fibroblastos

y que su nocividad puede incrementarse por posible sinergia entre las toxinas y otras sustancias nefrotóxicas y/o cancerígenas que pueden estar presentes en las células⁽¹⁶⁾.

Es posible encontrar en la literatura científica, diversas investigaciones que se refieren al hallazgo de ocratoxina A en cacao y derivados, por lo que en los párrafos siguientes se hace mención de algunos casos notables.

Amézqueta⁽²⁾ ha concluido que la contaminación con OTA tiene lugar en los países de origen del cultivo y que la toxina se encuentra en la cáscara en el 90% de los granos de cacao.

Dongo⁽¹⁷⁾, reportó contaminación de OTA en 54 de 59 muestras de cacao en grano procedentes de tres estados de Nigeria y listas para ser vendidas, con

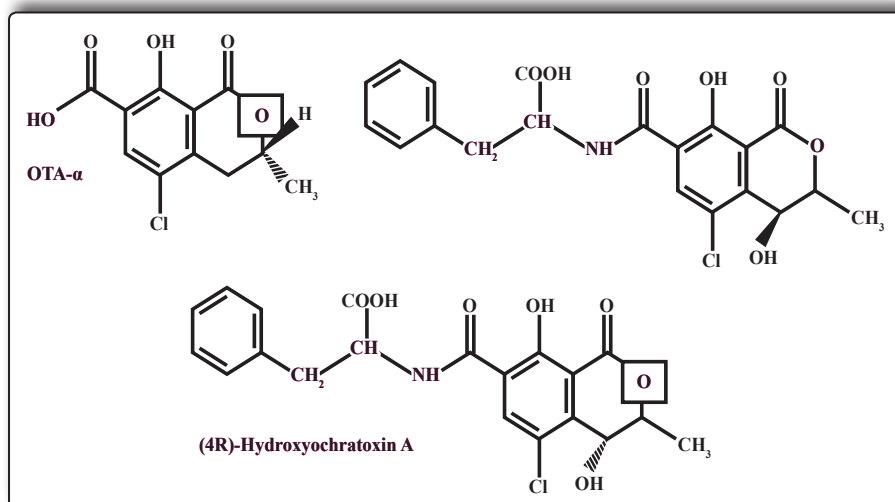


Figura 2. Estructura de los metabolitos de la ocratoxina A. Fuente: Khoury A, Atoui A. Toxins 2010; 2(4): 461-93⁽¹⁰⁾.

un rango de concentración entre 1 a 277,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ OTA, considerando que la causa de estos altos niveles serían las condiciones climáticas, que dificultan el secado solar por la gran cantidad de lluvias, en una realidad en la que el secado artificial no es posible por su alto costo. Serra ⁽¹⁸⁾, estudió la presencia de OTA en cacao y sus productos derivados, provenientes de diferentes países (Costa de Marfil, Guinea, Camerún, Nigeria, Senegal, Indonesia, Ghana, Malasia, Ecuador, Honduras y Perú), evidenciando la micotoxina en el 80% de las 170 muestras colectadas, con niveles altos en la cáscara y la torta de cacao (0,1 a 23,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$), y niveles menores en otros derivados como manteca de cacao, chocolate y crema de chocolate. Es de resaltar que el autor reportó un rango de 0,1 a 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y un promedio de 2,79 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de OTA en una muestra de torta de cacao de origen peruano.

La Comisión para el Codex Alimentarius ⁽¹⁹⁾, evaluó muestras de cacao de los puertos de Costa de Marfil, mostrando que 15,6% (23 de 147 muestras) en Abidjan y 6,6% (10 de 151 muestras) en San Pedro, tuvieron resultados mayores a 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²⁰⁾.

La Agencia Federal de Seguridad Alimentaria de Bélgica, reportó en 2006, que 38% de los granos de cacao estudiados mostró niveles de OTA mayores a 0,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²¹⁾.

En Italia, se demostró que el 50% de las muestras de cocoa en polvo de diferentes marcas,

eran positivas a OTA (0,22-0,77 $\mu\text{g}/\text{kg}$), excediendo los límites europeos el 22% del total analizado ⁽²²⁾.

En Japón, se encontró OTA en un 75% (15 de 20 muestras) de cacao y cocoa en polvo evaluados ⁽²³⁾; mientras que en 2005, a nivel de ventas de chocolates a minoristas, todas las muestras resultaron positivas a OTA, siendo el 48,8% (20 de 41 muestras) las que superaron 0,20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²²⁾.

Muchos otros estudiosos también han reportado la contaminación de granos de cacao por OTA ^(3, 24-26), concluyendo varios de ellos, que es necesario ampliar la investigación al respecto debido a que las toxinas pueden ingresar, en cualquier parte de la cadena alimentaria, al ser humano.

Turcotte y Scott ⁽²⁷⁾ analizaron 32 muestras



Figura 3. Mazorca de cacao.



Figura 4. Cacao en proceso de fermentación en caja fermentadora.



Figura 5. Controles para verificar la calidad del cacao en grano.



Figura 6. Cacao en grano con alta humedad y contenido de microorganismos en la superficie.

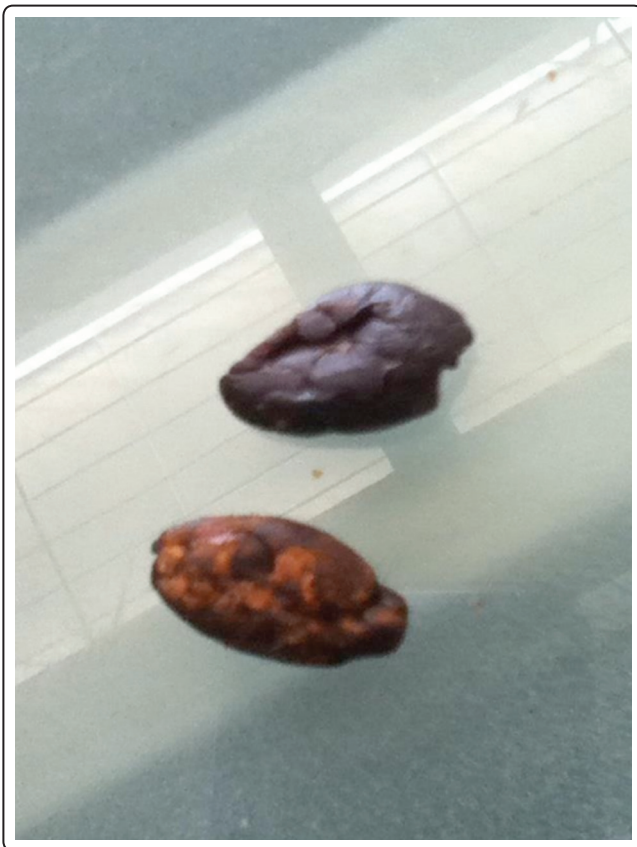


Figura 7. Grano de cacao libre de hongos.

de cocoa en polvo (16 alcalinas y 16 naturales) contaminadas con OTA (0,25 a 7,8 $\mu\text{g/g}$) de las

que seis muestras excedieron el límite europeo para cocoa en polvo (2 $\mu\text{g/g}$), con mayores niveles en las cacaos alcalinas. Esta diferencia no ha sido previamente reportada por lo que amerita mayor investigación. Además, en el mismo estudio, 28 muestras de chocolate (21 oscuros o chocolates horneados y siete de leche) presentaron de 0,05 a 1,4 $\mu\text{g/g}$, estando una de ellas por encima del límite europeo para chocolates (1 $\mu\text{g/g}$).

Un dato relevante observado en productos provenientes de la mezcla de granos de diferentes orígenes, fue que durante su procesamiento, la OTA se queda en los sólidos de cacao desgrasado, así de los productos obtenidos, la manteca de cacao fue la menos contaminada (0,01 a 0,06 $\mu\text{g/kg}$)⁽²⁸⁾.

Considerando las cantidades de OTA halladas en los productos de cacao y las bajas cantidades de los mismos en la formulación de chocolate en polvo, queques, galletas y similares, se concluye que el cacao no representa una fuente primaria de ocratoxina A en la dieta. Sin embargo, preocupa que dichos productos sean ampliamente consumidos por niños, quienes son más sensibles a los efectos de las micotoxinas. Por esta razón, es importante un monitoreo constante y encontrar formas de prevenir la contaminación en la cadena de producción del cacao⁽²⁸⁾.

Se han reportado diferentes métodos de corrección, para reducir la cantidad de OTA en los productos. Entre ellos se encuentran el uso de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio a diferentes condiciones de presión, temperatura y tiempo; y la eliminación de ocratoxina A de la cáscara de cacao mediante el uso de carbonato de potasio acuoso al 2%, a 1000 lb/pulg², a 90°C por 10 minutos, que fue lo que reportó el más alto valor de descontaminación⁽⁴⁾. También antioxidantes y aceites esenciales, incluyendo extractos de plantas y químicos, han sido evaluados por su habilidad de detoxificar la ocratoxina; y es pertinente señalar que los aceites esenciales de orégano, laurel, clavo, canela y tomillo inhiben el crecimiento de *A. niger* sp⁽²⁹⁾.

Ravelo⁽³⁰⁾, menciona que la Comunidad Europea establece límites máximos de OTA para

diversos alimentos, considerando para productos de cacao 2 µg/kg, mientras que para cacao en polvo y productos de cacao finales –como el chocolate– 1 µg/kg.

El Comité Mixto FAO/WHO de expertos sobre aditivos alimentarios, estableció un valor máximo de ingesta semanal de 100 ng/kg de peso corporal, es decir, 14 ng/kg de peso corporal diario ⁽³¹⁾. El Panel de Contaminantes de la Cadena Alimentaria (CONTAM) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (2006), declaró una ingesta semanal tolerable de 120 ng/kg de peso corporal para la OTA (17,1 ng/kg de peso corporal diario) ⁽³²⁾.

Medidas Preventivas

Para lograr una mejor calidad de vida para generaciones futuras, se puede prevenir la intoxicación por OTA aplicando las buenas prácticas agrícolas y de manufactura en todas las fases de producción del grano. En lo agrícola, se debería implementar el uso de variedades resistentes, el manejo integral de plagas, la buena fertilización y cosecha adecuada. Por ejemplo, habría que cosechar las mazorcas maduras haciendo un corte neto a través del tallo con un cuchillo limpio y bien afilado ⁽¹²⁾, evitando hacer cortes o lesiones innecesarias para evitar la inoculación y proliferación de hongos, así como desechar mazorcas dañadas por insectos, putrefactas y similares.

La apertura manual de las mazorcas (figura 3), en las mejores condiciones posibles de higiene, debe realizarse antes de los siete días posteriores a la cosecha para evitar la proliferación de hongos ⁽¹²⁾, y seleccionando, para el proceso de post cosecha, sólo los granos saludables, desechando los infestados ⁽³³⁾.

La etapa de fermentación (figura 4), en la que se inhibe la multiplicación de hongos productores de OTA ⁽¹⁶⁾ gracias a la presencia de ácidos orgánicos microbianos ⁽³⁶⁾, debe durar menos de siete días, sin que los granos entren en contacto con agua para evitar la germinación y posible proliferación fúngica ⁽¹²⁾; esta fase debe realizarse con cajones fermentadores y utensilios limpios y secos ⁽³⁶⁾.

Para un buen almacenamiento, con la menor contaminación microbiana posible (figura 6), se deben secar los granos previamente hasta que tengan de 6 a 8% de humedad, siendo el proceso

realizado por simple exposición al sol (sin contacto directo con el suelo de tierra o piso de concreto), por secado artificial, o una combinación de ambos; en cualquier caso, el proceso debe ser controlado instrumentalmente (figura 5). La capa de granos de cacao a secar al sol no debe exceder los seis centímetros de espesor, que corresponde a 40 kg de cacao en grano húmedo por metro cuadrado, a fin de evitar un secado lento o deficiente que pueda dar lugar a la formación de moho. Durante esta fase se deben proteger los granos de cacao de animales domésticos que pueden ser una fuente de contaminación biológica ⁽¹²⁾.

El almacenamiento de los granos secos seleccionados, se hace en sacos de yute nuevos, limpios y rotulados correctamente para su identificación, los que deben ser ubicados en ambientes libres de insectos y roedores, con una humedad relativa no mayor al 70%. El contenido de humedad de los granos de cacao deberá revisarse periódicamente y no podrá exceder el 8%, si esto sucede los granos deberán ser secados nuevamente ⁽¹²⁾.

Para su comercialización, los sacos con granos secos de cacao deben ser transportados protegidos de la lluvia u otras fuentes de humedad.

En la manufactura debe evitarse la mezcla de granos con diferentes niveles de calidad y humedad (figura 7).

Como se mencionó previamente, una parte importante de la OTA, originalmente presente en los granos de cacao, está en la fracción de la cáscara. En consecuencia el procesamiento industrial de eliminación de las mismas, así como del epispermo seco o tegumento de las semillas, antes y después del tostado, puede reducir significativamente el contenido de toxina ⁽¹²⁾.

Por lo expuesto, se requiere el compromiso de los agricultores e industriales para la mejor aplicación de prácticas preventivas con el fin de evitar el crecimiento de hongos en la etapa de cosecha y post cosecha. Aunque actualmente, se ha establecido contacto con especialistas europeos, en el Perú no están normados los niveles permitidos de OTA para el cacao y sus derivados, por lo cual es necesario trabajar para no exceder los límites máximos en base a una continua sensibilización, capacitación y mejora de los procesos involucrados, para salir al mundo con productos de cacao nutracéuticos e inocuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Codex Alimentarius Commission. Discussion paper on ochratoxin A in cocoa. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Committee on Contaminants in Foods. First Session. Beijing, 2007.
- Amézqueta S, Gonzalez-Peñas E, Murillo M, López de Cerain A. Occurrences of ochratoxin A in cacao beans: effect of shelling. *Food Addit Contam A* 2005; 22: 590-96.
- Amézqueta S, Gonzalez-Peñas E, Dachoupakan C, Murillo-Arbizu M, Lopez de Cerain A, Guiraud JP. OTA-producing fungi isolated from stored cacao bean. *Lett Appl Microbiol* 2008; 47(3): 197-201.
- Amézqueta S, Gonzalez-Peñas E, Lizarraga T, Murillo-Arbizu M, Lopez de Cerain A. A simple chemical method reduces ochratoxin A in contaminated cocoa shells. *J Food Prot* 2008; 71(7): 1422-6.
- Luster MI, Germolec DR, Burlison GR, Jameson CW, Ackermann MF, Lamm KR, *et al.* Selective immunosuppression in mice of natural killer cell activity by ochratoxin A. *Cancer Res* 1987; 47(9): 2259-63.
- Weidenbörner M. Pine nuts: the mycobiota and potential mycotoxins. *Can J Microbiol* 2001; 47(5): 460-3.
- Dall'Asta C, Lindner J, Galaverna G, Dossena A, Nevian E, Marchelli R. The occurrence of ochratoxin A in blue cheese. *Food Chem* 2008; 106(2): 729-34.
- Hussein HS, Brasel JM. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology* 2001; 167(2): 101-34.
- Mortensen GK, Strobel BW, Hansen HC. Degradation of zearalenone and ochratoxin A in three danish agricultural soils. *Chemosphere* 2006; 62(10): 1673-80.
- El Khoury A, Atoui A. Ochratoxin A: General overview and actual molecular status. *Toxins* 2010; 2(4): 461-93.
- IARC. Some Naturally Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 1993; 56: 489-599.
- Codex Alimentarius Commission. Programa Conjunto FAO/OMS sobre las Normas Alimentarias. Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos. Séptima reunión. Anteproyecto del código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación del cacao por ocratoxina A. Moscú, 2013.
- Gareis M, Scheuer R. Ochratoxin A in meat and meat products. *Arch Lebensmittelhyg* 2000; 51: 102-4.
- Giray B, Atasayar S, Sahin G. Determination of ochratoxin A and total aflatoxin levels in corn samples from Turkey by enzyme-linked immunosorbent assay. *Mycotoxin Res* 2009; 25(2): 113-6.
- Bragulat M, Martinez E, Castellá G, Gabañes F. Ochratoxin A and citrinin producing species of the genus *Penicillium* from feedstuffs. *Int J Food Microbiol* 2008; 126(1-2): 43-8.
- Nwagu TNT, Ire FS. Ochratoxin in cocoa, health risks and methods of detoxification. *International Journal of Agricultural Research* 2011; 6(2): 101-18.
- Dongo L, Bandyopadhyay R, Kumar M, Ojiambo PS. Occurrence of Ochratoxin A in Nigerian ready for sale cocoa beans. *Agric J* 2008; 3(1): 4-9.
- Serra BJ. Occurrences of ochratoxin A in cocoa products and chocolate. *J Agric Food Chem* 2004; 52(20): 6347-52.
- Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee on contaminants in foods. Second session. Discussion paper on ochratoxin A in cocoa. The Hague, Netherlands, 2008.
- Miraglia M, Brera C. Assessment of dietary intake of ochratoxin A by the population of EU member states. Reports on tasks for scientific cooperation (scoop). 2002.
- Burdaspal PA, Legarda TM. Ocratoxina en distintos tipos de chocolate y preparados de cacao en polvo comercializados en España y en algunos países extranjeros. *Alimentaria* 2003; 347: 143-54.
- Tafari A, Ferracane R, Ritieni A. Ochratoxin A in Italian marketed cocoa products. *Food Chem* 2004; 88(4): 487-94.
- Tabata S, Lida K, Kimura K, Iwasaki Y, Nakasato M, Kamata K, *et al.* Investigation of ochratoxin A, B and citrinin contamination in various commercial foods. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* 2008; 49(2): 111-5.
- Bhat R, Rai R, Karim A. Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2010; 9(1): 57-81.
- Jørgesen K. Occurrence of ochratoxin A in commodities and processed foods: A review of EU occurrence data. *Food Addit Contam* 2005; 22(suppl. 1): 26-30.
- Vecchio A, Finoli C. Ochratoxin A occurrence in cocoa products. *Industrie Alimentari* 2007; 46(473): 1015-23.
- Turcotte AM, Scott PM. Ochratoxin A in cocoa and chocolate sampled in Canada. *Food Additives and Contaminants* 2011, 28(6): 762-6.
- Copetti M, Iamanaca BT, Nester MA, Efraim P, Taniwaki MH. Occurrence of ochratoxin A in cocoa by-products and determination of its reduction during chocolate manufacture. *Food Chemistry* 2013; 136(1): 100-4.
- Aldred D, Cairns-Fuller V, Magan N. Environmental factors affect efficacy of some essential oils and resveratrol to control growth and ochratoxin A

- production by *Penicillium verrucosum* and *Aspergillus westerdijkiae* on wheat grain. J Stored Prod Res 2008; 44(4): 341-6.
30. Ravelo A, Rubio C, Gutierrez AJ, Hardisson de la Torre A. La Ocratoxina A en alimentos de consumo humano: revisión. Nutr Hosp 2011; 26(6): 1215-26.
 31. JEFCA. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty- fourth report. WHO Tech Rep Ser 1995; 859: 35-6.
 32. EFSA. Opinion of the scientific panel of contaminants in the food chain on a request from the commission related to ochratoxin A in food. The EFSA Journal 2006; 365: 1-56.
 33. INDECOPI. Manual de Buenas Prácticas para la cosecha y beneficio del cacao. Aplicación de la Norma Técnica Peruana NTP 208.040:2008 Cacao. Buenas Prácticas para la cosecha y beneficio. 2009. p. 29.
 34. Gallo C. Pesquisa apresentada na FEA mostra como micotoxinas migram do cacau para o chocolate. Journal da Unicamp. 2009; 443.
- Manuscrito recibido el: 26/06/13
 Aceptado para su publicación el: 04/09/2014

Correspondencia

Nombre: Gabriela Cristina Chire Fajardo
 Dirección: Av. Los Quechuas 123. Salamanca.
 Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú.
 Email: gchire@lamolina.edu.pe