

Presencia de arsénico en hongos comestibles, complementos alimenticios de ellos y sustratos de crecimiento en Galicia. Repercusiones alimentarias

Presence of arsenic in edible mushrooms, mushroom food supplements and growth substrates in Galicia. Food safety impact

Presença de arsênio em fungos comestíveis, suplementos alimentares deles e sustratos de crescimento da Galiza. Implicações nos alimentos

Julián Alonso^{a,b}, María Ángeles García^a, Mercedes Corral^b y María Julia Melgar^a

^a Área de Toxicología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. (Campus de Lugo), Lugo.

^b Centro Tecnológico Agroalimentario de Lugo (CETAL). Lugo.

Cita: Julián Alonso, María Ángeles García, Mercedes Corral, María Julia Melgar. Rev salud ambient. 2014;14(2):114-121.

Recibido: 23 de enero de 2014. **Aceptado:** 30 de julio de 2014. **Publicado:** 15 de diciembre de 2014.

Autor para correspondencia: María Julia Melgar.

Correo e: mj.melgar@usc.es

Área de Toxicología. Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Campus de Lugo, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo.

Financiación: Fundación Centro Tecnológico Agroalimentario de Lugo (CETAL).

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

En este trabajo se han analizado los niveles de arsénico (As) en las principales especies de hongos comerciales presentes en Galicia, en sus sustratos de crecimiento y en complementos alimenticios de hongos, valorando sus repercusiones alimentarias.

Las concentraciones medias de As, expresadas como mg/kg de peso fresco (p.f.)/mg/kg de peso seco (p.s.) en hongos silvestres fue de: 0,029/0,273; en cultivados 0,029/0,271; en complementos 0,075/0,396; y, en sustratos de cultivo 0,250/0,514, respectivamente. Por especies destacó *Lactarius deliciosus* L. con un promedio de 0,487 mg/kg p.s., no existiendo diferencias significativas entre las distintas especies. Los niveles en complementos, aunque bajos, fueron más elevados que en hongos silvestres o cultivados.

Los niveles de As obtenidos se sitúan dentro de los habituales en las matrices analizadas en zonas no contaminadas. Conocidas estas bajas concentraciones en hongos y complementos obtenidos en Galicia y teniendo en cuenta la participación en la dieta de estos alimentos y la baja presencia de formas inorgánicas de As, se puede concluir que, no existe riesgo toxicológico alimentario asociado al consumo de las especies analizadas o en las dosificaciones indicadas para los complementos, por la presencia de As.

Palabras clave: arsénico; hongos; repercusiones alimentarias; Galicia

Abstract

Levels of arsenic (As) in the main commercial species of fungi present in Galicia, their growth substrates and fungal food supplements were analyzed and their impact on food safety assessed in this study.

The mean concentrations of As, expressed as the ratio of mg/kg fresh weight (fw)/mg/kg dry weight (dw), were 0.029/0.273 in wild mushrooms, 0.029/0.271 in cultivated mushrooms, 0.075/0.396 in mushroom supplements, and, 0.250/0.514 in culture substrates respectively. By species, *Lactarius deliciosus* stood out with an average of 0.487 mg/kg dw, there being no significant differences between species. Levels in supplements, although low, were higher than in wild or cultivated mushrooms.

The obtained arsenic levels are within the usual range found in the matrices analyzed in unpolluted areas. With these low concentrations in fungi grown and mushroom supplements produced in Galicia, and taking into account the share these foods have in the diet and the low presence of inorganic forms of As, it can be concluded that there is no toxicological food safety risk

associated with the consumption of the analyzed species or with the indicated doses for supplements owing to the presence of arsenic.

Key words: arsenic; fungi; food safety impacts; Galicia

Resumo

Neste artigo foram analisados os níveis de arsénio (As) nas principais espécies de cogumelos comercializáveis presentes na Galiza, nos seus meios de cultura e nos suplementos alimentares de cogumelos, para avaliar as suas repercussões alimentares.

As concentrações médias de As, expressas em mg/kg de peso fresco (p.f.)/mg/kg de peso seco (p.s.) em cogumelos silvestres foram de 0,029/0,273, em cogumelos cultivados de 0,029/0,271, em suplementos alimentares de cogumelos de 0,075/0,396, e em meios de cultura de 0,250/0,514, respetivamente. Por espécie, destacou-se a *Lactarius deliciosus* L., com uma média de 0,487 mg/kg dw, não existindo diferenças significativas entre as espécies. Os níveis nos suplementos, ainda que baixos, foram maiores do que em cogumelos silvestres ou cultivados.

Os níveis de arsénio obtidos estão dentro do normal nas matrizes analisadas em áreas não poluídas. Conhecidas estas baixas concentrações em cogumelos e em suplementos obtidos na Galiza e tendo em conta a participação destes alimentos na dieta e a baixa presença de formas inorgânicas de As, pode concluir-se que não há risco toxicológico associado ao consumo das espécies analisadas ou das dosagens indicadas para os suplementos, pela presença de arsénio.

Palavras-chave: arsénio, cogumelos, implicações alimentares; Galiza

INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) es un metaloide ampliamente distribuido en el medio ambiente tanto a través de fuentes naturales como de actividades antropogénicas. En general, se encuentra combinado con otros elementos en gran número de formas químicas tanto orgánicas como inorgánicas, siendo estas últimas las más tóxicas y problemáticas. En la actualidad, el arsénico inorgánico y sus compuestos se consideran cancerígenos (IARC, grupo 1): cancerígeno para humanos (piel, pulmón, riñón y vejiga urinaria)^{1,2}.

La principal fuente de As para el hombre son los alimentos, siendo los de origen marino los que aportan mayor cantidad en la dieta (algas, peces y, especialmente, mariscos), con concentraciones que suelen oscilar entre 0,5 y 50 mg de As/peso fresco (p.f.). Los alimentos de origen terrestre presentan normalmente contenidos mucho más bajos (no suelen sobrepasar los 0,25 mg/kg), con algunas excepciones como el arroz, la carne de aves de corral y los hongos³.

La captación en los hongos se puede producir porque el micelio de estos puede absorber y bioacumular metales pesados y otros elementos traza presentes en sus sustratos de crecimiento, acumulándose posteriormente en los carpóforos (setas) en concentraciones a veces elevadas. Sin embargo, en hongos silvestres los niveles habituales de As suelen ser inferiores a 1 mg/kg peso seco (p.s.), aunque existen notables excepciones, destacando

la especie *Laccaria amethystina* (Huds.) Cooke, con valores descritos entre 4 y 146 mg/kg p.s. e incluso niveles extremos de 1420 mg/kg p.s. en zonas contaminadas. Destaca, también, la especie no comestible *Sarcosphaera coronaria* (Jacq.) J. Schröt., en la que se han descrito valores de hasta 2130 mg/kg p.s.⁴⁻⁶.

Aunque en la legislación vigente aplicable en el conjunto de la Unión Europea no se han establecido límites para alimentos, ni complementos alimenticios respecto a los contenidos de As, los efectos tóxicos de este elemento en sus formas inorgánicas han llevado a la Comisión Mixta FAO/WHO a fijar una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de arsénico inorgánico de 15 µg/kg de peso corporal⁷.

En los alimentos, en general, y en los hongos, en particular, prevalecen las formas orgánicas de As, y, concretamente, en hongos se han descrito múltiples formas de arsénico orgánico, siendo las mayoritarias el ácido dimetilarsínico y la arsenobetaína (abundante en organismos marinos), y en menor proporción: ácido metilarsínico, óxido trimetilarsínico y ácido arsénico. Sin embargo, también se encuentran pequeñas cantidades de formas inorgánicas más tóxicas, como arsenitos y arseniatos y existen importantes variaciones entre unas y otras especies⁸⁻¹⁰.

Debido al creciente interés por el consumo de los hongos, tanto silvestres como cultivados, como también por los complementos alimenticios de hongos, y ante

la ausencia de estudios sobre la presencia de As en los mismos en Galicia, en este trabajo se han analizado los niveles de As en las principales especies de hongos comercializadas, en sus sustratos de crecimiento y en complementos alimenticios de hongos, valorando sus repercusiones toxicológicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

a. MUESTRAS

En este trabajo se analizaron un total de 86 muestras:

51 muestras de hongos silvestres correspondiente a 6 de las principales especies (o secciones taxonómicas) comercializadas en Galicia y 10 muestras de hongos cultivados (Tabla 1); 21 muestras de complementos alimenticios (extractos en cápsulas) a base de hongos de las siguientes especies: *Agaricus blazei* Murril (2); *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers. (1); *Cordyceps* spp. (6);

Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst. (4); *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray (2); *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. (1); *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (1); *Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr. (1); *Trametes versicolor* (L.) Lloyd (1) y Mix (mezcla) de varias especies (2), y 4 muestras de sustratos de crecimiento de hongos cultivados: 3 de compost (2 de cultivo de *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach y 1 de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) y 1 de madera (de cultivo de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler).

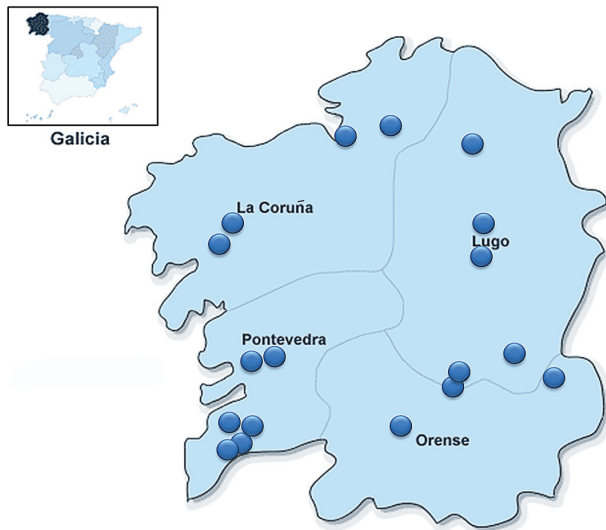
b. TOMA DE MUESTRAS

Las muestras de hongos silvestres y cultivados estuvieron constituidas por un número variable de carpóforos, recogidos "in situ" en zonas de las 4 provincias gallegas (Figura 1). Las muestras de hongos cultivados, compost y complementos alimenticios de hongos fueron obtenidas gracias a la colaboración de empresas micológicas.

Tabla 1. Concentraciones de As total (mg/kg p.s.) en matrices de hongos, complementos y sustratos

MATRICES	N	Niveles medios de As	Mínimo	Máximo
ESPECIES DE HONGOS SILVESTRES	51	0,273 ± 0,236	0,031	1,07
<i>Boletus</i> sección <i>Edulis</i> : (<i>Boletus edulis</i> Bull. y <i>Boletus pinophilus</i> Pilat & Dermek)	17	0,332 ± 0,247	0,090	0,811
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	10	0,183 ± 0,111	0,059	0,460
<i>Craterellus tubaeformis</i> (Bulliard) Fries	8	0,119 ± 0,065	0,031	0,217
<i>Hydnum repandum</i> L.	7	0,428 ± 0,257	0,152	0,923
<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray	4	0,487 ± 0,432	0,090	1,07
<i>Tricholoma portentosum</i> (Fr.) Quel.	5	0,208 ± 0,105	0,081	0,323
ESPECIES DE HONGOS CULTIVADOS	10	0,271 ± 0,256	0,021	0,721
En madera (<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler)	4	0,094 ± 0,056	0,032	0,165
En compost (<i>Agaricus bisporus</i> (J.E. Lange) Imbach y <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.)	6	0,390 ± 0,056	0,021	0,721
COMPLEMENTOS DE HONGOS	21	0,396 ± 0,331	0,049	1,50
SUSTRATOS	4	0,514 ± 0,820	0,100	1,74
Madera cultivo <i>Lentinula edodes</i>	1	0,164		
Compost de cultivo de <i>Agaricus bisporus</i> y <i>Pleurotus ostreatus</i>	3	0,664 ± 0,933	0,100	1,74

Figura 1. Localización de las zonas de muestreo.



C. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Todas las muestras se sometieron a los procesos de desecación, molienda y digestión previamente al análisis final de elementos minerales por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).

Para la mineralización de las muestras, se procedió a la digestión por vía húmeda con mezcla de ácidos suprapuros utilizando una variante del método EPA 3052¹¹. En cada vaso de teflón se introdujo una cantidad de aproximadamente 0,1 g de submuestra seca (por duplicado), pesada exactamente mediante balanza analítica de precisión. Posteriormente se añadió una mezcla de 7 mL de ácido nítrico *Suprapur* al 65 % y 1 mL de peróxido de hidrógeno *Suprapur* al 30 %, alcanzando el volumen mínimo necesario de 8 mL.

El proceso de digestión de las muestras se llevó a cabo en una estación de microondas modelo ETHOS Plus 20 Milestone®, con una duración total de 24 minutos divididos en 4 etapas progresivas hasta alcanzar en la última una temperatura de 180 °C mantenidos durante 10 minutos. Las disoluciones obtenidas se enrasan a 50 mL con agua milli-Q en matraces Erlenmeyer y finalmente se transfirieron a frascos de polietileno, guardándose en refrigeración hasta su análisis por ICP-MS. Paralelamente, se procesaron blancos y muestras de material de referencia para comprobación de la precisión y exactitud del método. Todas las muestras preparadas se remitieron al Servicio de la Red de Infraestructuras de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo Tecnológico (RIAIDT) - Edificio CACTUS (Campus de Lugo - USC), para ser

analizadas mediante la técnica de ICP-MS. El equipo empleado fue el espectrómetro ICP-Masas Varian 820.

d. CONTROL DE CALIDAD DEL MÉTODO

La sensibilidad del método se determina en función de los límites de detección establecidos para el espectrómetro ICP-MS Varian 820, que para el As se sitúa en 20 ng/L (ppt).

Para valorar la precisión se calculó el coeficiente de variación (CV) de la media de 15 réplicas de la disolución de una muestra. El CV obtenido fue de 4,72 %.

La exactitud se calculó mediante el uso de material de referencia certificado. El material de referencia utilizado fue "CS-M-1: As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se and Zn in dried mushroom powder" certificado por el "Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Warsaw, Poland". El valor referenciado de As es de $0,344 \pm 0,033$ y el valor obtenido fue de $0,339 \pm 0,047$ (98,55 %).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las concentraciones de As total (mg/kg p.f. y mg/kg p.s.) en las distintas matrices de hongos, complementos, y sustratos en Galicia, siendo: 0,273 mg/kg p.s. en hongos silvestres; 0,271 mg/kg p.s. en cultivados; 0,396 mg/kg p.s. en complementos y 0,514 mg/kg p.s. en sustratos de cultivo. Estas concentraciones pueden considerarse bajas y dentro de los niveles habituales (<1 mg/kg p.s.) descritos para hongos que crecen en suelos o sustratos no contaminados^{12,13}. Por especies destacó *Lactarius deliciosus* con un promedio de 0,487 mg/kg p.s. y una sola muestra presentó niveles ligeramente superiores a 1 mg/kg p.s. (1,07). El tratamiento estadístico (ANOVA) de los datos evidencia que no existen diferencias significativas entre las distintas especies, ni tampoco entre los niveles de hongos y complementos alimenticios. Estos últimos presentaron niveles ligeramente más elevados que los hongos silvestres o cultivados, aunque bajos, ya que todas las muestras se situaron por debajo de 1 mg/kg p.s. de As, con excepción de una muestra de *Cordyceps* spp. (*Cordyceps polysacaride*) que presentó una concentración de 1,50 mg/kg p.s.

En estudios previos realizados en distintos países^{6,14-24}, los niveles de As referidos a las mismas especies silvestres y cultivadas indican resultados similares sin evidenciarse variaciones relevantes, como puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones de As en matrices de hongos analizadas y en otros estudios

HONGOS	PRESENTE ESTUDIO	OTROS (ORIGEN)	PROMEDIO (RANGO) mg/kg p.s.	REFERENCIA
SILVESTRES				
<i>Boletus</i> sección <i>Edules</i>	0,332±0,247	FINLANDIA	0,44	Pelkonen ¹⁴
		ITALIA	0,10-0,41	Cocchi ¹⁵
		SUECIA	0,716	Johanson ¹⁶
		YUGOSL.	0,65 (0,42-1,04)	Byrne ¹⁷
<i>Cantharellus cibarius</i>	0,183±0,111	ESLOVENIA	1,8	Slekovec ⁶
		FINLANDIA	0,16	Pelkonen ¹⁴
		HUNGRIA	< 0,05	Vetter ¹⁸
		ITALIA	0,10	Cocchi ¹⁵
		TURQUÍA	0,03	Konuc ¹⁹
		YUGOSL.	0,16	Byrne ¹⁷
<i>Craterellus tubaeformis</i>	0,119±0,065	FINLANDIA	0,14	Pelkonen ¹⁴
		SUECIA	0,09	Johanson ¹⁶
<i>Hydnum repandum</i>	0,428±0,257	FINLANDIA	0,61	Pelkonen ¹⁴
		HUNGRIA	<0,05	Vetter ¹⁸
		ITALIA	0,37	Cocchi ¹⁵
		TURQUÍA	0,77	Demirbaş ²⁰
<i>Lactarius deliciosus</i>	0,487±0,432	ESLOVENIA	1'02 (0,19-1,63)	Slekovec ⁶
		HUNGRÍA	1,62	Vetter ¹⁸
		TURQUÍA	0,14	Konuc ¹⁹
<i>T. portentosum</i>	0,208±0,105	TURQUÍA	0,22	Konuc ¹⁹
CULTIVADOS				
<i>Agaricus bisporus</i>	0,350±0,248	CANADA	0,05-0,16	Graham ²¹
		TURQUÍA	0,76	Demirbaş ²⁰
<i>Lentinula edodes</i>	0,094±0,056	BRASIL	0,210	Maihara ²²
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0,395±0,361	GHANA	0,04	Quarcoo ²³
		HUNGRÍA	<0,05	Vetter ¹⁸
		TURQUÍA	1,39 (Silvestre)	Demirbaş ²⁰
COMPLEMENTOS	0,396±0,331	ASIA-USA-EUROPA	0,58-5,0 (herbal-algas)	Hedegaard ²⁴

No se encontraron correlaciones significativas entre los niveles de As en los hongos y sus sustratos de crecimiento, coincidiendo con lo indicado en otros estudios¹⁶.

A pesar de la baja capacidad acumulativa del As

en la mayor parte de los hongos, existen excepciones muy relevantes como las de varias especies del género *Laccaria*, especialmente *L. amethystina* y la especie *Sarcosphaera coronaria*⁴⁻⁶. Sin embargo, aún se desconocen los mecanismos por los que estas especies captan activamente As y no se conocen hasta el

momento, moléculas específicamente relacionadas con la captación de As, como sí ocurre con otros elementos y especies acumuladoras, como lo es para el cadmio la especie *Agaricus macrosporus*²⁵.

En complementos alimenticios a base de hongos, los niveles de arsénico son un poco más elevados que los de hongos silvestres o cultivados, pero sin evidenciar diferencias significativas. Si los comparamos con los valores indicados en la bibliografía para complementos herbales y de algas, los de hongos son más bajos²⁴.

REPERCUSIONES ALIMENTARIAS

Para valorar la exposición y las repercusiones alimentarias por la presencia de As en hongos silvestres, cultivados y complementos deben tenerse en cuenta, además de las concentraciones encontradas, la participación en la dieta de estos alimentos y la forma predominante de arsénico presente en los mismos.

Como referencia, la Organización Mundial de la Salud (OMS-WHO) recomienda una ISTP (Ingesta semanal tolerable provisional) de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/semana⁷, referido sólo a arsénico inorgánico. Sin embargo, en la última actualización de la OMS²⁶ se establece el BMLD_{0,5} (límite más bajo en la dosis de referencia para un incremento del riesgo de cáncer del 0,5 %) comprendido en un rango de 2 a 7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$, lo que sitúa los valores de la ISTP (equivalentes a 2,1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) dentro del rango del BMLD_{0,5} por lo que esta ISTP está siendo revisada.

Hay que indicar que en España la legislación, española o de la Unión europea, no establece límites para los niveles de arsénico en setas ni complementos alimenticios pero, como referencia indicar que en la República Checa, antes de su entrada en la Unión Europea en 2004, se establecía para el arsénico en setas un límite de 3 mg/kg p.s.¹³.

En relación al consumo de hongos, indicar que en España se viene constatando un notable incremento del consumo de setas, y de acuerdo con los datos recientes publicados por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN)²⁷, el consumo medio anual por persona es aproximadamente de 2 kg p.f. (5,61 g/persona/día).

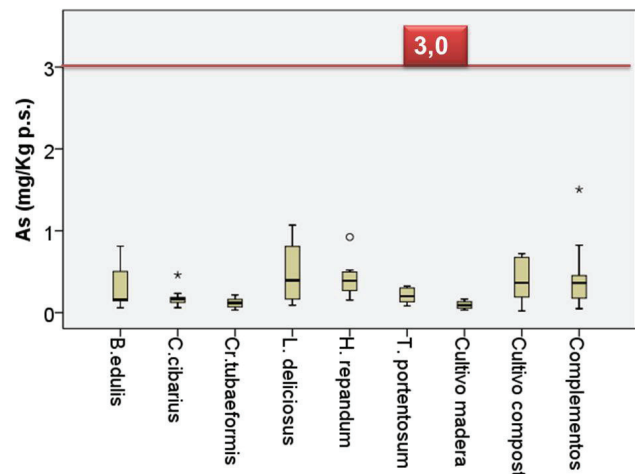
En cuanto a las formas químicas de arsénico presentes en hongos, los datos indicados en este trabajo se refieren al arsénico total, pero de acuerdo con la bibliografía consultada, la proporción de las formas inorgánicas, más tóxicas, es muy inferior a la de orgánicas⁸⁻¹⁰.

Dada la dificultad para distinguir analíticamente las distintas formas de arsénico, la mayor parte de los

estudios que miden la exposición de As por consumo de alimentos se basan en los datos de arsénico total²⁸, por lo que el porcentaje de la exposición en base a la referencia de la ISTP sobre As inorgánico siempre será realmente inferior.

En la Figura 2 se observan, mediante un diagrama de caja, los valores de As por matrices de hongos comestibles (especies silvestres, cultivadas en madera, en compost y complementos) y la línea trazada en el valor 3 mg/kg p.s. de As total indica el límite de la legislación de la República Checa que, aunque no vigente, ni vinculante, nos sirve como referencia para valorar los bajos resultados de As encontrados.

Figura 2. Niveles de As en matrices de hongos



Para ponderar el nivel de exposición de la población y compararlo con un estudio en Reino Unido²⁸, consideramos el promedio de As para hongos silvestres y cultivadas de 0,272 mg/kg p.s., teniendo en cuenta los últimos datos sobre consumo medio por persona y año en España (2 kg de peso fresco), se asume un peso medio de 60 kg para una persona adulta y un porcentaje medio de humedad para los hongos del 90 % y tomando como referencia la ISTP indicada por la OMS de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/semana (900 μg para una persona adulta de 60 kg) se puede calcular que la cantidad aportada de As total por persona con el consumo de hongos en España, sería de 54,4 $\mu\text{g}/\text{año}$ (0,149 $\mu\text{g}/\text{día}$ = 1,043 $\mu\text{g}/\text{semana}$), es decir un 0,116 % de la ISTP para una persona adulta, que siempre será realmente inferior si consideramos que esta se refiere sólo al As inorgánico. En un supuesto de consumo extremo de 10 kg por persona y año, la cantidad aportada de As total alcanzaría valores de 0,745 (0,794) $\mu\text{g}/\text{día}$, equivalente a 5,216 (5,560) $\mu\text{g}/\text{semana}$, lo que supondría

un 0,579 (0,622) % de la ISTP, que seguirían siendo niveles bajos de arsénico.

En Reino Unido, sobre otras especies de hongos silvestres comestibles con concentraciones medias de As total de 0,21 mg/kg p.f. (aprox. 2,1 mg/p.s.) y con un consumo medio de 2,920 kg de hongos/persona/año, el nivel de exposición anual de As por consumo de hongos para la población indicado fue de 613 µg (1,7 µg/persona/día = 11,9 µg/semana), equivalente a 1,32 % de la ISTP para una persona adulta de 60 kg y, aun siendo muy superior al indicado en nuestro trabajo, sigue siendo muy bajo, teniendo en cuenta que los datos son de As total. Así el COT (Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment), de acuerdo con este estudio, llegó a la conclusión de que "las concentraciones de As en los hongos recogidos en el medio silvestre no son un motivo de preocupación para las personas que comen estos alimentos"²⁸.

La exposición por consumo de complementos alimenticios a base de hongos, se ha valorado teniendo en cuenta el valor medio de As total de 0,396 mg/kg de p.s., el porcentaje de humedad medio encontrado en los mismos (18 %) y un supuesto consumo de 2 cápsulas diarias de 500 mg cada una, es decir, un consumo de 365 g de complemento anual. Esto supondría un aporte anual de As total de 118,5 µg (0,325 µg/día = 2,275 µg/semana), es decir, el 0,253 % de la ISTP.

Estos datos son muy bajos e, incluso considerando unos valores más reducidos de ISTP, la aportación de As por el consumo de hongos y complementos sería demasiado pequeña para considerarla un riesgo toxicológico. Lógicamente, una valoración diferente y más prudente sería necesaria, si se considerara el consumo de especies de hongos acumuladores de arsénico o procedentes de zonas contaminadas por este elemento.

CONCLUSIONES

- Los niveles de As detectados son los habituales en las matrices analizadas que se encuentran en zonas no contaminadas.
- No se han evidenciado diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de As presentes en las distintas matrices de hongos comestibles analizadas (hongos silvestres, cultivados y complementos).
- No se observan correlaciones significativas entre los niveles de As entre los hongos cultivados y sus sustratos de crecimiento.
- No existe riesgo toxicológico alimentario asociado al consumo de las especies analizadas recogidas en Galicia o en las dosificaciones indicadas para los complementos estudiados.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Centro Tecnológico Agroalimentario de Lugo (CETAL) que subvencionó este trabajo a través del proyecto-convenio "A.MI.GA".

A las Asociaciones Micológicas de la "Federación Galega de Micología" que colaboraron en la toma de muestras de hongos silvestres para realizar este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ATSDR. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Resumen de Salud Pública. Arsénico. National Technical Information Service. 2007.
- HHS. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service National Toxicology Program. Report of carcinogens. Twelfth Edition. Arsenic and inorganic arsenic compounds. 2011. pp. 50-53.
- CCA. Comisión del Códex Alimentarius. Comité del Códex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. 31ª reunión, La Haya. Documento de posición sobre el arsénico. 1999.
- Larsen EH, Hansen M, Gössler V. Speciation and health risk considerations of arsenic in the edible mushroom *Laccaria amethystine* collected from contaminated and uncontaminated locations. Appl. Organomet. Chem. 1998;12:285-91.
- Stijve T, Vellinga EC, Herrmann A. Arsenic accumulation in some higher fungi. Persoonia 1990;14:161-6.
- Slekovec M, Irgolic KJ. Uptake of arsenic by mushrooms from soil. Chem. Speciation Bioavail. 1996;8:67-73.
- WHO. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants; 33 rd Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; Genova. 1989. [Citado en: 26 de febrero de 2014]. Accesible en: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je01.htm>.
- Byrne AR, Slejkovec Z, Stijvef T, et ál. Identification of arsenic compounds in mushrooms, and evidence for mycelial methylation. Australasian Mycol. News. 1997;16:49-54.
- Slekovec M, Goesler W, Irgolic KJ. Inorganic and organic compounds in Slovenian mushrooms: comparison of arsenic specific detectors for liquid chromatography. Chem. Speciation Bioavail. 1999;11(4):115-23.
- González A, Llorens A, Cervera ML, et ál. Non-chromatographic speciation of inorganic arsenic in mushrooms by hydride generation atomic fluorescence spectrometry. Food Chem. 2009;115:360-64.

11. EPA. US Environmental Protection Agency. Method 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based Matrices. [Citado en: 26 de febrero de 2014]. Accesible en: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>.
12. Kalač P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chem.* 2009;113:9-16.
13. Kalač P. Trace elements contents in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000-2009. *Food Chem.* 2010;122:2-15.
14. Pelkonen R, Alfthan G, Järvinen O. Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms. *The Finnish Environment* 17. Helsinki: Finnish Environment Institute. 2006.
15. Cocchi L, Vescovi L, Petrini LE, Petrini O. Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chem.* 2006;98:277-84.
16. Johanson KJ, Nikolova I, Taylor AFS. Uptake of elements by fungi in the Forsmark area. Technical Report TR-04_26. Swedish University of Agricultural Sciences. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. 2004.
17. Byrne AR, Ravnik V, Kosta L. Trace elements concentrations in higher fungi. *Sci. Total Environ.* 1976;6(1):65-78.
18. Vetter J. Arsenic content of some edible mushroom species. *Eur. Food. Res. Technol.* 2004;219:71-4.
19. Konuk M, Afyon, A, Yağiz D. Minor element and heavy metal contents of wild growing and edible mushrooms from Western Black Sea region of Turkey. *Fresenius Environ. Bull.* 2007;16:1359-62.
20. Dermirbaş A. Concentration of 21 metals in 18 species of mushrooms growing in the East Black Sea region. *Food Chem.* 2001;75:453-7.
21. Graham P. Arsenic biotransformation in terrestrial organism. Canada. 2007. [Citado en: 26 de febrero de 2014]. Accesible en: http://qspace.library.queensu.ca/bitstream/1974/435/1/Smith_Paula_G_200707_PhD.pdf
22. Maihara VA, Moura PL, Catharino MG, et ál. Arsenic and cadmium in edible mushrooms from São Paulo, Brazil determined by INAA and GFAAS. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2008;278:395-7.
23. Quarcoo A, Adotey G. Determination of heavy metals in *Pleurotus ostreatus* (oyster mushrooms) and *Termitomyces clypeus* (termite mushroom) sold on selected markets in Accra, Ghana. *Mycosphere* 2013;4(5):960-7.
24. Hedegaard RV, Rokkjaer I, Sloth JJ. Total and inorganic arsenic in dietary supplements based on herbs, other botanicals and algae, a possible contributor to inorganic arsenic exposure. *Anal. Bioanal. Chem.* 2013;405 (13):4429-35.
25. Meisch HU, Schmitt JA. Characterization studies on cadmium-mycophosphatin from the mushroom *Agaricus macrosporus*. *Environ. Health Perspect.* 1986;65:29-32.
26. WHO. Evaluation of Certain Contaminants in Food; WHO Technical Report Series 959. 72nd Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; Roma: World Health Organization. 2011.
27. AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE). Madrid: Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. 2011. [Citado en: 26 de febrero de 2014]. Accesible en: http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/datos_consumo/ENIDE.pdf.
28. MAFF. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food UK. Multi-element survey of wild edible fungi and blackberries. Food surveillance information sheet 199. London: H. M. Stationery Office. 2000.