

Trabajo Fin de Máster

**Evaluación del Riesgo Tóxico y Aporte Nutricional Respecto al
Contenido Metálico de Vegetales en Conserva**

**Toxic Risk Assessment and Nutritional Contribution
Regarding the Metallic Content of Canned Vegetables**

Aitor Grillo Rosa

Tutor: Dr. Ángel José Gutiérrez Fernández

Cotutora: Dra. Soraya Paz Montelongo

Área de conocimiento: Toxicología

**Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina
Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y
Parasitología**

Curso 2019-2020

AUTORIZACIÓN

Dr. Ángel José Gutiérrez Fernández, Profesor Titular del Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna, y la **Dra. Soraya Paz Montelongo**, Profesora Ayudante Doctora del Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna.

INFORMAN:

Que **D. Aitor Grillo Rosa**, alumno del Máster Universitario en Seguridad y Calidad de los Alimentos de la Universidad de La Laguna, ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Máster con el título **“Evaluación del Riesgo Tóxico y Aporte Nutricional respecto al Contenido Metálico de Vegetales en Conserva”**

Revisado el presente trabajo, autorizamos su presentación para que proceda a su lectura y defensa pública para optar al título del Máster Universitario en Seguridad y Calidad de los Alimentos.

En San Cristóbal de La Laguna a 03 de junio del 2020

Fdo: Ángel José Gutiérrez Fernández

Fdo: Soraya Paz Montelongo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2518280 Código de verificación: g05018pf

Firmado por: Ángel José Gutiérrez Fernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/06/2020 16:49:08

1 / 1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección:
<https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 2524860 Código de verificación: WPmXNi8K

Firmado por: Soraya Paz Montelongo
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 05/06/2020 13:36:09

Resumen:

En los últimos años, los cambios en el estilo de vida han aumentado la necesidad de alimentos enlatados/envasados, como es el caso de los vegetales, debido a su capacidad de conservación y su rápida preparación para el consumo, por lo tanto, es importante realizar una evaluación de riesgo de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb y Hg), además de una evaluación nutricional de los macroelementos (Ca, K, Mg y Na) y microelementos y elementos trazas (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn) para la valoración del riesgo toxicológico y aporte nutricional respectivamente, siendo el objetivo principal del presente estudio.

El diseño experimental elegido fue el análisis de 30 muestras de vegetales en conserva, adquiridas en Tenerife (España), y divididas en 3 tipos diferentes de vegetales: garbanzos cocidos, zanahoria rallada y piña; de diferentes marcas. La determinación se llevó a cabo en un Espectrómetro de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES).

Debido a la situación causada por la pandemia del SARS-CoV-2 (Covid-19), no se ha podido terminar el análisis de las muestras, por lo que se procedió a realizar una revisión bibliográfica para muestras de naturaleza similar a las planteadas, con vegetales en conservas divididas en legumbres y hortalizas.

Se pudo concluir, que debido a la legislación europea, algunas muestras provenientes de países terceros no podrían ser comercializadas ya que superan las CMA's permitidas. El consumo anual de estos alimentos en España no es muy elevado, lo que provoca que la ingesta de metales pesados tóxicos proveniente de ellos sea escaso, aunque la evaluación de riesgo remarca la importancia de legislar sobre dichos metales, ya que se podría superar con facilidad la ingesta diaria admisible. Por otro lado, estos alimentos contribuyen al aporte nutricional de metales esenciales que se deben complementar con una dieta variada para adquirir las ingestas diarias recomendadas.

Palabras claves: Evaluación del riesgo, Evaluación nutricional, Vegetales en conserva, ICP-OES.

Abstract:

In the last few years, lifestyle changes have increased the need of canned/packaged food, as is the case of vegetables, due to their conservation capacity and its rapid preparation for consumption, therefore, it is important to realize a risk assessment of toxic heavy metals (Al, Cd, Pb and Hg), in addition to a nutritional evaluation of the macroelements (Ca, K, Mg and Na) and microelements and trace elements (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn) for toxic risk assessment and nutritional contribution respectively, being the main objective of the present study.

The experimental design chosen was the analysis of 30 samples of canned vegetables, acquired in Tenerife (Spain), and divided into 3 different types of vegetables: cooked chickpeas, grated carrot and pineapple; of different brands. The determination was carried out on an Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES).

Because of the actual situation caused by SARS-CoV-2 (Covid-19) pandemic, it has not been possible to finish the analysis of the samples, so a bibliographic review was executed for samples of similar nature to those proposed, with canned vegetables divided into legumes and vegetables.

In conclusion, due to European legislation, some samples from Third countries could not be commercialized since they exceed the allowed CMAs. The annual consumption of these food in Spain is not very high, which causes the intake of toxic heavy metals from them is scarce, although the risk assessment stresses the importance of legislating on these metals, since it could be easily overcome the acceptable daily intake. On the other hand, these food contribute to the nutritional contribution of essential metals that must be implemented with a varied diet to acquire the recommended daily intakes.

Keywords: Risk assessment, Nutritional assessment, Canned vegetables, ICP-OES.

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 13 |
| 1.1 Descripción de los metales | 14 |
| Metales pesados tóxicos | 14 |
| Macroelementos..... | 14 |
| Microelementos y elementos traza | 15 |
| 1.2 Valores límites y recomendados | 15 |
| 1.3 Legislación | 16 |
| 2. Objetivos | 16 |
| 3. Material y Métodos | 16 |
| 3.1 Muestras | 17 |
| 3.2 Tratamiento de las muestras y análisis | 17 |
| 4. Resultados y Discusión | 18 |
| 4.1 Revisión bibliográfica | 18 |
| 4.2 Concentración de Metales | 18 |
| 4.3 Aporte Nutricional e Ingesta Diaria Admisible | 21 |
| 4.4 Evaluación de Riesgo Tóxico | 22 |
| 4.5 Evaluación Nutricional | 23 |
| 5. Conclusión | 23 |
| Anexo I | 25 |
| 6. Bibliografía | 26 |

1. Introducción

La seguridad alimentaria y en concreto el estudio de elementos metálicos en los alimentos es muy importante para evaluar el riesgo al que se expone la población que los consume debido a su presencia en ellos^{1, 2}, por lo que es necesario en la toxicología alimentaria, recurrir a diversos estudios analíticos con el fin de poder determinar si las concentraciones metálicas son adecuadas o no, utilizando para ello distintos indicadores tales como la CMA (Concentración Máxima Admisible), IDA (Ingesta Diaria Admisible) o la IDR (Ingesta Diaria Recomendada)³.

Los metales pueden incorporarse en la cadena alimentaria a través de diferentes rutas: el aire, el agua, el suelo⁴. De este modo, la transferencia de los metales a los seres humanos puede producirse de manera directa por la ingestión de alimentos^{5, 6}.

Los metales en forma inorgánica son los componentes fundamentales de los minerales de la corteza terrestre por lo que se cuentan entre los agentes químicos tóxicos de origen natural más antiguamente conocidos por el hombre, como el Pb, Al, Cd y Hg, entre otros⁷.

Por otra parte, algunos metales son esenciales para el desarrollo de la vida por su importancia en muchas de las reacciones bioquímicas específicas del cuerpo humano, y el papel importante que juegan a nivel fisiológico ya que su déficit puede originar ciertas enfermedades o, su ausencia en las cantidades necesarias disminuye la esperanza de vida, retrasa el crecimiento o produce alteraciones en la reproducción⁸.

En este grupo de elementos se encuentran los microelementos (oligoelementos) y elementos trazas esenciales como el hierro, el zinc, el manganeso y el cobre, entre otros, que tienen una función fisiológica en el organismo y que se requieren cantidades diarias variables entre miligramos y microgramos. Por otro lado, los macroelementos son imprescindibles para el desarrollo normal de la vida y son necesarios en mayor cantidad, más concretamente en gramos. Estos son el sodio, el potasio, el calcio y el magnesio⁹.

Los alimentos enlatados se consideran fuentes importantes de carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y oligoelementos^{10, 11}. En los últimos años, los cambios en el estilo de vida han aumentado la necesidad de alimentos enlatados/envasados. Este tipo de alimentos ofrecen varias ventajas, ya sea para los productores o los consumidores como son la facilidad de envasado, esterilización, manipulación, transporte y conservación del ambiente anaeróbico de los productos alimenticios¹².

Atendiendo a los alimentos objeto de nuestro estudio, según el Informe de Consumo de Alimentación realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 2018¹³. El consumo de frutas y hortalizas transformadas es de 12,88 kg por persona y año, siendo en Canarias este consumo de 11,55 kg por persona y año.

Las verduras y hortalizas en conserva son el producto con mayor proporción de consumo dentro de esta categoría con el 63,3% (8,16 kilos por persona), mientras que la fruta en conserva presenta un 12,5% (1,61 kilos por persona).

El consumo de legumbres es de 3,20 kg por persona y año, en Canarias es de 2,87 kg por persona y año.

Las legumbres cocidas representan en proporción de volumen dentro de esta categoría el 49,9% (1,60 kilos por persona). La legumbre más consumida por persona es el garbanzo, con una ingesta aproximada por persona de 1,29 kilos (40,4% de los kilos de legumbres)¹³.

1.1 Descripción de los metales

A continuación se describen los metales que se determinaron y cuantificaron en este estudio: metales pesados tóxicos (Al, Cd, Hg y Pb), macroelementos (Ca, K, Mg y Na) y microelementos y elementos traza (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn)

Metales pesados tóxicos

En la tabla 1, se recogen las fuentes de exposición y la toxicidad de los metales pesados tóxicos estudiados.

Tabla 1. Fuente de exposición y Toxicidad de metales pesados tóxicos.

| Metal | Fuente de exposición | Toxicidad |
|---------------|---|---|
| Aluminio (Al) | La principal fuente para los seres humanos son los alimentos. En ellos, está presente de forma natural, o bien llega a éstos por medio de la adición de aditivos o a través del contacto con embalajes, recipientes o utensilios que contienen este metal ¹⁴ . | Tiene el potencial de producir neurotoxicidad y afectar el sistema reproductor masculino. Además, ha mostrado embriotoxicidad y afecta al sistema nervioso en desarrollo en la descendencia ¹⁵ . |
| Cadmio (Cd) | Es un metal no esencial que se encuentra como un contaminante ambiental tanto de origen natural como de fuentes industriales y agrícolas. Los alimentos son la principal fuente de exposición al cadmio para la población general no fumadora ¹⁶ . | Se ha asociado con nefrotoxicidad, osteoporosis, neurotoxicidad, carcinogenicidad y genotoxicidad, teratogenicidad y efectos endocrinos y reproductivos ¹⁶ . |
| Mercurio (Hg) | Las fuentes naturales más importantes de mercurio son la desgasificación de la corteza terrestre y las emisiones de los volcanes. Las emisiones antropogénicas como la quema de carbón y la minería liberan mercurio ¹⁷ . | El objetivo crítico es el riñón. Otros objetivos incluyen el hígado, el sistema nervioso, el sistema inmune, los sistemas reproductivo y de desarrollo ¹⁷ . |
| Plomo (Pb) | La exposición humana es principalmente a través de alimentos y agua, y algunos a través del aire, el polvo y el suelo ¹⁸ . | Se ha asociado con la neurotoxicidad del desarrollo en niños pequeños y los efectos cardiovasculares y la nefrotoxicidad en adultos ¹⁸ . |

Macroelementos

Los cuatro elementos de este apartado poseen un papel de vital importancia en el funcionamiento metabólico. El calcio es un componente integral de los huesos y los dientes, donde tiene principalmente un papel estructural¹⁹. El potasio desempeña un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio osmótico e interviene en la transmisión de impulsos nerviosos. El sodio es un regulador fundamental del líquido extracelular y tiene una función importante en la regulación de la osmolaridad. Por último, el magnesio proporciona consistencia al hueso y está implicado en la regulación de la presión arterial²⁰.

Microelementos y elementos traza

Estos elementos normalmente tienen una función fisiológica conocida en el organismo y se requieren en poca cantidad, entre ellos destacan: el hierro que interviene en el transporte sanguíneo de oxígeno en la sangre y los tejidos, el zinc como constituyente de enzimas, el cobre que contribuye a la formación de glóbulos rojos o el manganeso que se halla implicado en la activación enzimática, entre otros²⁰.

1.2 Valores límites y recomendados

En la Tabla 2, se recogen los valores límites admisibles de toxicidad para los metales pesados tóxicos y la ingesta recomendada para los oligoelementos y macroelementos.

Tabla 2. Valores de Ingesta Tolerable (metales pesados tóxicos) e Ingesta Recomendada (micro y macroelementos).

| | | Límite | Sexo o edad | Valor | Organismo |
|----------------------------------|-----|--------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|
| Metales pesados tóxicos | Al | TWI | Indiferente | 1 mg/Kg p.c/semana | EFSA, 2008 ¹⁵ |
| | Cd | TWI | Indiferente | 2,5 µg/Kg p.c/semana | EFSA, 2009 ¹⁶ |
| | Hg | PTWI | Indiferente | 4 µg/Kg p.c/semana | JECFA, 2011 ²¹ |
| | Pb | BMDL ₀₁ | Indiferente | 0,5 µg/Kg p.c/día | AESAN, 2012 ²² |
| Macroelementos | Ca | IDR | Indiferente | 750 mg/día | EFSA, 2019 ²³ |
| | K | IDR | Indiferente | 3500 mg/día | EFSA, 2019 ²³ |
| | Mg | IDR | Hombres | 350 mg/día | EFSA, 2019 ²³ |
| | | | Mujeres | 300 mg/día | |
| Na | IDR | Indiferente | 2000 mg/día | EFSA, 2019 ²³ | |
| Microelementos y elementos traza | Co | TDI | Indiferente | 1,4 µg/Kg p.c/día | AESAN, 2012 ²² |
| | Cr | IDR | Niños 0-9 años | 0,2-15 µg/día | FESNAD, 2010 ²⁰ |
| | | | Hombres ≥ 10 años | 25-35 µg/día | |
| | | | Mujeres ≥ 10 años | 20-25 µg/día | |
| | Cu | IDR | Hombres | 1,6 mg/día | EFSA, 2019 ²³ |
| | | | Mujeres | 1,3mg/día | |
| | Fe | IDR | Hombres | 6 mg/día | EFSA, 2019 ²³ |
| | | | Mujeres | 7 mg/día | |
| | Mn | IDR | Indiferente | 3 mg/día | EFSA, 2019 ²³ |
| | Ni | TDI | Indiferente | 2,8 µg/Kg p.c/día | EFSA, 2015 ²⁴ |
| Zn | IDR | Hombres | 7,5 mg/día | EFSA, 2019 ²³ | |
| | | Mujeres | 6,2 mg/día | | |

TDI=Ingesta Semanal Tolerable; PTWI=Ingesta Semanal Tolerable Provisional; BMDL₀₁=Dosis de Benchmark;
IDR=Ingesta Diaria Recomendada; TDI=Ingesta Diaria Tolerable

1.3 Legislación

En la tabla 3 se recogen los Reglamentos por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes, metales pesados, en los productos alimenticios de interés.

Tabla 3. Legislación alimentaria para metales pesados tóxicos.

| Legislación Alimentaria | | | |
|-------------------------|--|---------------------------------------|----------------------|
| Metal | Reglamento | Producto Alimenticio | Límite Legal (mg/kg) |
| Cadmio (Cd) | Reglamento (UE) Nº 488/2014 ²⁵ | Hortalizas y frutas | 0,050 |
| Mercurio (Hg) | Reglamento (CE) Nº 1881/2006 ²⁶ | No existe para el alimento de interés | |
| Plomo (Pb) | Reglamento (UE) 2015/1005 ²⁷ | Hortalizas | 0,10 |
| | | Cereales y legumbres secas | 0,20 |

2. Objetivos

En este trabajo nos hemos propuesto determinar y cuantificar el contenido de macroelementos (Ca, K, Mg y Na), microelementos y elementos traza (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn) y metales pesados tóxicos (Al, Cd, Hg y Pb) en los vegetales en conserva.

El estudio del contenido de metales en los alimentos resulta de gran importancia debido a los efectos que pueden producirse sobre la calidad de estos alimentos, evitando posibles repercusiones sobre la salud humana como consecuencia de su déficit o exceso.

Por todas estas razones, los objetivos de este trabajo son:

1. Analizar el contenido de macroelementos (Ca, K, Mg y Na), microelementos y elementos traza (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn) y metales pesados tóxicos (Al, Cd, Hg y Pb) de vegetales en conserva.
2. Comprobar que las concentraciones medias de los metales tóxicos cumplen con los valores máximos permitidos por la legislación vigente.
3. Estudiar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los contenidos metálicos de diferentes tipos de vegetales en conserva.
4. Estimar el aporte nutricional que los vegetales en conserva aportan, a través de su consumo, a las IDRs (Ingesta Diaria Recomendado) fijadas en los metales esenciales.
5. Estimar el riesgo toxicológico que los vegetales en conserva aportan, a través de su consumo, a las IDAs (Ingesta Diaria Admisible) fijadas en los metales tóxicos.

3. Material y Métodos

Nuestro estudio y preparación de las muestras se llevó a cabo en el Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología, concretamente en el Área de Toxicología, situada en el

Instituto de Medicina Legal y Forense situado Campus de Ofra (Facultad de Ciencias de la Salud).

3.1 Muestras

El diseño experimental elegido fue el análisis de un total de 30 muestras de vegetales en conserva enlatados divididos de manera equitativa en 3 tipos diferentes de vegetales: garbanzos cocidos (10 muestras), zanahoria rallada (10 muestras) y piña (10 muestras). Dentro de cada tipo de alimentos señalado se han adquirido diferentes marcas de estos productos. En el Anexo I se especifican los datos de todas las muestras analizadas.

La razón del tipo de muestreo ha sido dividir el grupo de vegetales en conserva en legumbres en conserva, hortalizas en conserva y fruta en conserva; eligiendo en cada clase el alimento de mayor interés en relación a su consumo y precio. Por otro lado, se tomaron distintas marcas de cada muestra en diferentes grandes superficies ya que son las más demandadas por los consumidores y nos aseguramos de esta manera de que la muestra represente los hábitos alimenticios generales de la población.

3.2 Tratamiento de las muestras y análisis

En una balanza analítica se pesan, por triplicado, 10 gramos de muestra en cápsulas de porcelana, tras haber homogenizado previamente estas con ayuda de un homogeneizador, determinando así el peso húmedo de la muestra. Se empleó material de plástico para evitar una posible contaminación con metales.

A continuación, se sometieron a desecación en una estufa a 70°C durante 24 horas, y se determinó el peso seco de la muestra en la balanza analítica. Posteriormente, la muestra se sometió a una incineración en horno mufla, donde se aplicó un gradiente de temperatura en el cual la temperatura aumentó hasta 450°C ± 25 °C durante las primeras 24 horas (velocidad: 18°C/h), y se mantuvo constante durante otro día entero.

Tras la incineración, se obtuvieron cenizas blancas con las que primero se determinó el peso ceniza en la balanza analítica y luego se disolvieron en HNO₃ al 1,5%, se filtraron y se aforaron a 25 mL en un matraz. Posteriormente, la muestra se traspasó a frascos de análisis estériles correspondientemente identificados.

En el caso de no obtener cenizas blancas, las muestras se sometían a una digestión ácida añadiendo HNO₃ al 65% en una campana de extracción, acelerando el proceso de evaporación del ácido en una placa calefactora. Después se reincineraron en horno mufla, donde se aplicó un gradiente de temperatura en el cual la temperatura aumenta hasta 450°C ± 25 °C durante las primeras 12 horas (velocidad: 36°C/h), y se mantiene constante durante otras 12 horas, para obtener así cenizas blancas o blanco-grisáceas.

Para terminar, la cuantificación de las concentraciones de los distintos elementos metálicos, se realizó la determinación en un Espectrómetro de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES), situado en el Laboratorio de Salud Pública del Área de Salud de Tenerife perteneciente al Servicio Canario de la Salud.

4. Resultados y Discusión

4.1 Revisión bibliográfica

Debido a la situación actual causada por la pandemia del SARS-CoV-2 (Covid-19) durante la que se ha realizado este TFM, no se ha podido terminar la determinación metálica de las muestras por lo que los datos presentes en el mismo son una recopilación de datos bibliográficos de los artículos científicos mostrados en la Tabla 4 y no los datos propios con las muestras sugeridas en el apartado "Material y Métodos", aun así los objetivos del trabajo no han cambiado sustancialmente.

Tabla 4. Datos Bibliográficos.

| Título del Artículo | Origen | Tipo de Muestras | N | Metales analizados |
|--|----------|------------------------|----|--|
| Tuzen and cols (2006) ²⁸ | Turquía | Hortalizas y Legumbres | 7 | Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn |
| Massadeh and cols (2017) ²⁹ | Jordania | Hortalizas y Legumbres | 3 | Cd, Pb, Cr, Cu, Ni y Zn |
| Noureddine El Moussawi and cols (2019) ³⁰ | Líbano | Legumbres | 4 | Cd, Pb, Cr, Cu, Fe, Ni y Zn |
| Fiamegos and cols (2016) ³¹ | Bélgica | Legumbres | 2 | Cd y Pb |
| Raptopoulou and cols (2014) ³² | Grecia | Hortalizas | 13 | Cd, Pb, Cr, Cu, Fe, Mn y Ni |
| Korfali and cols (2013) ³³ | Líbano | Hortalizas y Legumbres | 2 | Al, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Fe y Zn |
| Rickman and cols (2007) ³⁴ | EEUU | Hortalizas y Legumbres | 9 | Ca, K y Na |
| Lopez and cols (1985) ³⁵ | EEUU | Legumbres | 1 | Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn |
| Słupski (2011) ³⁶ | Polonia | Legumbres | 3 | Pb, Ca, K, Mg, Na, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn |

4.2 Concentración de Metales

Los datos bibliográficos recogidos de los artículos científicos señalados anteriormente se clasifican en dos tipos de vegetales en conserva, a saber, legumbres en conserva y hortalizas en conserva, a continuación en la Tabla 5 se muestra la concentración de metales pesados tóxicos en las muestras escogidas para nuestro estudio.

Tabla 5. Datos de concentraciones de metales pesados tóxicos.

| Tipo de Vegetal | (mg/Kg de Alimento) | | | |
|-----------------|---------------------|-------------|-------------|------|
| | [Al] | [Cd] | [Pb] | [Hg] |
| Legumbres | 1,44 ± 0,18 | 0,14 ± 0,17 | 0,31 ± 0,89 | 0,06 |
| Hortalizas | 1,95 ± 0,97 | 0,12 ± 0,17 | 0,39 ± 0,94 | 0,06 |

En la Tabla 6 se presentan las concentraciones de macroelementos para los dos tipos de vegetales en conserva estudiados.

Tabla 6. Datos de concentraciones de macroelementos.

| Tipo de Vegetal | (mg/Kg de Alimento) | | | |
|-----------------|---------------------|------------|-----------|-------------|
| | [Ca] | [K] | [Mg] | [Al] |
| Legumbres | 377 ± 203 | 1508 ± 248 | 279 ± 103 | 2724 ± 1334 |
| Hortalizas | 137 ± 80,5 | 1961 ± 926 | | 3308 ± 2623 |

Las concentraciones de microelementos y elementos traza estudiados para los vegetales en conserva se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Datos de concentraciones de microelementos y elementos traza.

| Tipo de Vegetal | (mg/Kg de Alimento) | | | | | | |
|-----------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | [Co] | [Cr] | [Cu] | [Fe] | [Mn] | [Ni] | [Zn] |
| Legumbres | 0,39 ± 0,27 | 0,26 ± 0,41 | 2,56 ± 1,96 | 16,7 ± 17,6 | 6,52 ± 5,11 | 0,66 ± 0,81 | 6,85 ± 4,34 |
| Hortalizas | 0,61 ± 0,31 | 0,38 ± 0,35 | 3,60 ± 1,27 | 33,1 ± 18,2 | 9,90 ± 3,96 | 0,55 ± 0,64 | 9,42 ± 6,66 |

A partir de los valores de la Tabla 5 se realizan los gráficos de la Ilustración 1, donde se señala el valor límite legal marcado por los Reglamentos a nivel de la Unión Europea (Tabla 3) para los metales pesados tóxicos en el caso que lo presenten para estos tipos de alimentos.

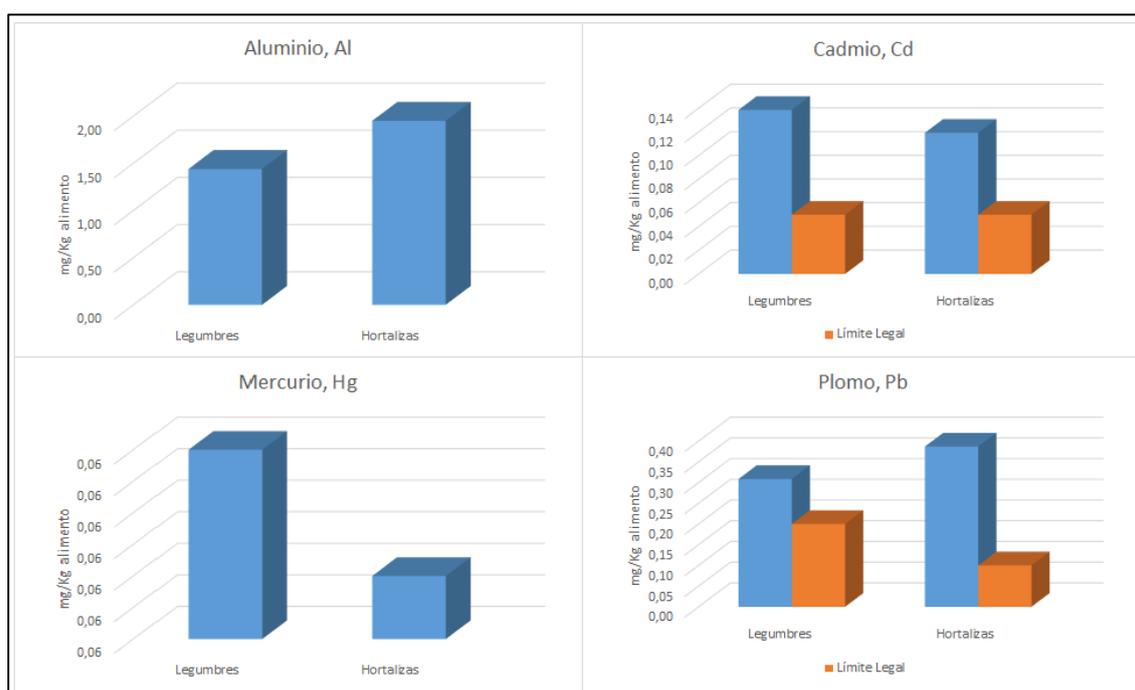


Ilustración 1. Concentración de metales pesados tóxicos en y límites legales (Cd y Pb).

Los valores de las concentraciones de cadmio y el plomo, observados en la Ilustración 1, en lo referente a superar el límite legal impuesto para legumbres y hortalizas, no es representativo, ya que se recogen datos bibliográficos de diferentes países terceros, no pertenecientes a la UE, como pueden ser Jordania y Líbano, los cuales tienen las medias más altas para estos metales, por otro lado, remarcar que la legislación Europea es la más restrictiva para contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. De todas maneras, y teniendo

en cuenta la posibilidad de la presencia de estas marcas en territorio Europeo, no podrían ser comercializadas ya que no cumplen la legislación vigente en territorio europeo^{25, 27}.

A partir de los valores de la Tabla 6 se realizan los gráficos de la Ilustración 2, donde se compara las concentraciones de macroelementos en los alimentos de estudio.

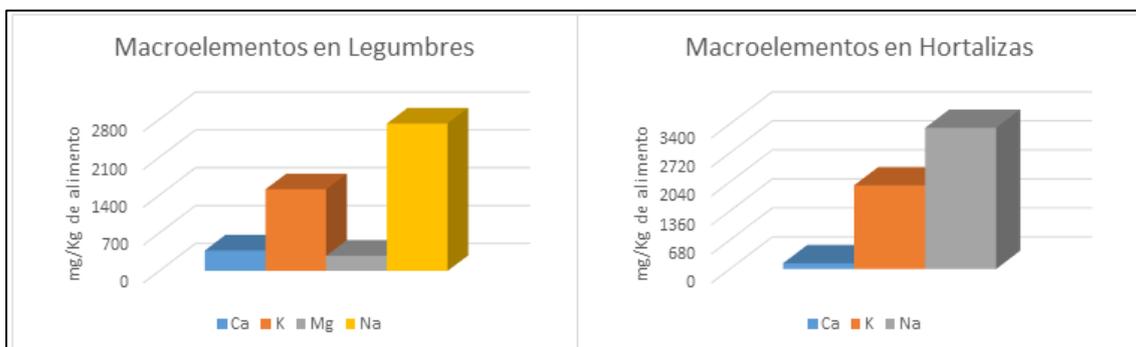


Ilustración 2. Concentración de macroelementos.

Los minerales son termoestables en condiciones normales de procesamiento. Sin embargo, los productos alimenticios pueden ganar o perder minerales en función de las diversas condiciones del procesado a las que están expuestos, como la adición de sal o la lixiviación de minerales. El sodio a menudo se agrega a los vegetales enlatados, añadiendo sal común principalmente para mejorar el sabor³⁴, es por ello que es el macroelemento más abundante de la Ilustración 2. Por otro lado, los vegetales enlatados también pueden tener niveles más altos de calcio, magnesio y otros minerales, debido a la absorción del agua “dura” utilizada en el procesamiento³⁴.

A partir de los valores de la Tabla 7 se realizan los gráficos de la Ilustración 3, donde se compara las concentraciones de microelementos y elementos traza en los alimentos de estudio.

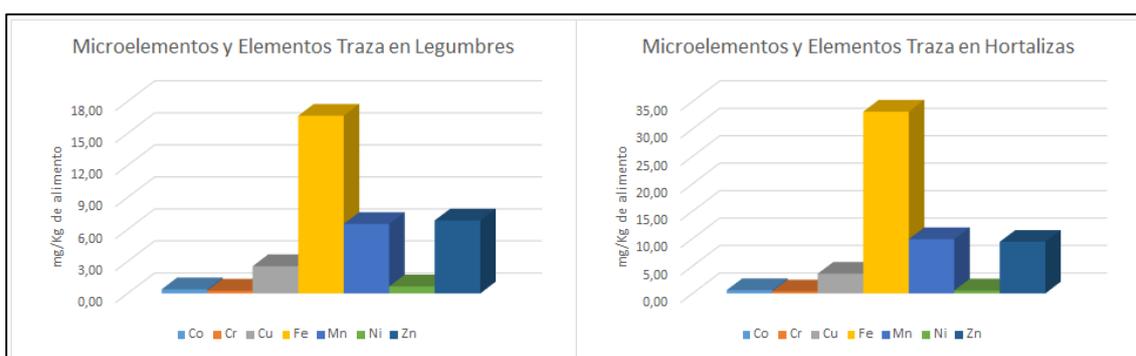


Ilustración 3. Concentración de microelementos y elementos traza.

Varios metales traza son propensos a migrar desde los envases, entre ellos el hierro, el zinc y el cobre, que se consideran los más comunes, ya que a menudo se usan en contenedores de metal³⁰, como podemos observar en la Ilustración 3 son los que mayor concentración presentan en ambos tipos de alimentos estudiados. Además, el hierro es el elemento básico en la capa de acero de las latas de alimentos, mientras que el cobre puede encontrarse como elementos de aleación en el acero³⁰.

Por otro lado, la región de crecimiento de los vegetales, el clima, la ubicación del procesamiento y otras variables pueden influir en el contenido mineral en los alimentos³⁴. Por

ejemplo, el nivel de manganeso en los alimentos puede variar debido a deficiencias del suelo. La agricultura de alta tecnología y la cal añadida al suelo pueden reducir los niveles de manganeso de ciertos alimentos. Los niveles de manganeso también pueden verse afectados por el procesamiento de alimentos²⁸.

4.3 Aporte Nutricional e Ingesta Diaria Admisible

La Ingesta Diaria Estimada (IDE) para los alimentos de estudio se realizó a partir de los datos de las concentraciones de cada metal, vista anteriormente, y el consumo medio en España por persona en un año según el Informe de Consumo de Alimentación realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 2018¹³, la cual es, 8,16 kilos por persona de hortalizas en conserva y 1,60 kilos por persona de legumbres cocidas.

Tanto la contribución a la ingesta tolerable como el aporte nutricional se calculan de forma porcentual mediante la IDE de estos alimentos y los límites de referencia recomendados de cada metal para cada género en el caso de que se especifique (Tabla 2).

En la Tabla 8 se recogen las IDEs de los metales pesados tóxicos para la dieta promedio española de legumbres y hortalizas en conserva, así como su contribución a la ingesta diaria admisible (IDA) para cada uno de ellos para un hombre promedio de 75Kg de peso.

Tabla 8. Ingesta Diaria Estimada (IDE) y porcentaje de contribución a la Ingesta Diaria Admisible de metales tóxicos.

| Tipo de Vegetal | IDEs (mg/día) y contribución a la Ingesta Diaria Admisible (%) | | | | | | | |
|-----------------|--|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|
| | Al | | Cd | | Hg | | Pb | |
| | IDE | IDA (%) | IDE | IDA (%) | IDE | IDA (%) | IDE | IDA (%) |
| Legumbres | 0,01 | 0,06 | 0,001 | 2,27 | 0,0003 | 0,60 | 0,001 | 3,61 |
| Hortalizas | 0,04 | 0,41 | 0,003 | 9,95 | 0,001 | 2,97 | 0,01 | 23,1 |

La Tabla 9 muestra las IDEs de los macroelementos para la dieta promedio española de los alimentos de estudio, así como su aporte nutricional a la ingesta diaria recomendada (IDR) de cada uno de ellos.

Tabla 9. Ingesta Diaria Estimada (IDE) y porcentaje de contribución a la Ingesta Diaria Recomendada de macroelementos.

| Tipo de Vegetal | IDEs (mg/día) y contribución a la Ingesta Diaria Recomendada (%) | | | | | | | | |
|-----------------|--|---------|------|---------|------|-----------|-----------|------|---------|
| | Ca | | K | | Mg | | Na | | |
| | IDE | IDR (%) | IDE | IDR (%) | IDE | IDR H (%) | IDR M (%) | IDE | IDR (%) |
| Legumbres | 1,65 | 0,22 | 6,61 | 0,19 | 1,22 | 0,35 | 0,41 | 11,9 | 0,60 |
| Hortalizas | 3,05 | 0,41 | 43,8 | 1,25 | | | | 73,9 | 3,70 |

IDR H (%)=IDR Hombre (%); IDR M (%)=IDR Mujer (%)

La Tabla 10 muestra las IDEs de los microelementos y elementos traza para la dieta promedio española de los alimentos de estudio, así como el aporte a la ingesta diaria recomendada (IDR) de cada uno de ellos.

Tabla 10. Ingesta Diaria Estimada (IDE) y porcentaje de contribución a la Ingesta Diaria Recomendada de microelementos y elementos traza.

| Tipo de Vegetal | IDES (mg/día) y contribución a la Ingesta Diaria Recomendada (%) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|---------|-------|----------------|------|-------------|------|-------------|------|---------|-------|---------|------|-------------|
| | Co | | Cr | | Cu | | Fe | | Mn | | Ni | | Zn | |
| | IDE | IDR (%) | IDE | IDR N-H-M (%) | IDE | IDR H-M (%) | IDE | IDR H-M (%) | IDE | IDR (%) | IDE | IDR (%) | IDE | IDR H-M (%) |
| Legumbres | 0,002 | 1,63 | 0,001 | 7,68-3,29-4,61 | 0,01 | 0,70-0,86 | 0,07 | 1,22-1,04 | 0,03 | 0,95 | 0,003 | 1,38 | 0,03 | 0,40-0,48 |
| Hortalizas | 0,01 | 12,9 | 0,01 | 56,1-24,0-33,7 | 0,08 | 5,03-6,20 | 0,74 | 12,3-10,6 | 0,22 | 7,38 | 0,01 | 5,82 | 0,21 | 2,81-3,39 |

IDR N (%)=IDR Niño/a (%); IDR H (%)=IDR Hombre (%); IDR M (%)=IDR Mujer (%)

En términos generales, el consumo anual de vegetales en conserva es relativamente pequeño, es por ello que la contribución a la ingesta tolerable de los metales pesados tóxicos que estos contienen es escasa y no suponen un peligro, aunque se observen relativamente altos valores de cadmio y plomo para hortalizas en conserva. En macroelementos el aporte nutricional se mantiene en torno al 1% o menos de la ingesta diaria recomendada salvo en el caso del sodio en hortalizas en conserva (3,70%). Para microelementos y elementos traza es destacable el caso del cromo en hortalizas en conserva, ya que aportan en el caso de los niños el 56,1% de la ingesta recomendada, un valor bastante elevado.

4.4 Evaluación de Riesgo Tóxico

A continuación se evalúa el riesgo tóxico de los alimentos estudiados debido a la presencia de metales pesados tóxicos, es decir, la cantidad que se debe consumir diariamente para superar la Ingesta Diaria Admisible, para su cálculo se usan las concentraciones de los metales (Tabla 5) y los límites de referencia de estos (Tabla 2).

En la tabla 11 se muestra el consumo diario en gramos, para los metales pesados tóxicos, que se tiene que dar de los alimentos estudiados para una persona de 75Kg de peso supere la ingesta diaria tolerable.

Tabla 11. Cantidad necesaria para superar la Ingesta Diaria Admisible de metales pesados tóxicos.

| Tipo de Vegetal | Cantidad necesaria para superar la Ingesta Diaria Admisible | | | |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Al | Cd | Hg | Pb |
| | (g de Alimento/día) | (g de Alimento/día) | (g de Alimento/día) | (g de Alimento/día) |
| Legumbres | 7440 | 193 | 726 | 122 |
| Hortalizas | 5495 | 225 | 752 | 96,9 |

Como podemos observar en las evaluaciones de riesgo, en el caso de los metales pesados tóxicos de Cd y Pb, con un consumo normal de estos alimentos se pondrían superar los niveles de ingesta diaria tolerable, aunque cabe recordar, que de manera general, la población Europea no llegaría a estar expuestos a este tipo de concentraciones en los alimentos ya que, como superan las CMA permitidas por la legislación europea, no podrían llegar a comercializarse en territorio europeo.

4.5 Evaluación Nutricional

En la tabla 12 se muestra el consumo diario en kilogramos, para los macroelementos, que se tiene que dar de los alimentos estudiados para que se supere la ingesta diaria recomendada, atendiendo al género en algunos casos.

Tabla 12. Evaluación Nutricional de macroelementos.

| Tipo de Vegetal | Cantidad necesaria para alcanzar la Ingesta Diaria Recomendada | | | | |
|-----------------|--|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | Ca | K | Mg | | Na |
| | (Kg de Alimento/día) | (Kg de Alimento/día) | H (Kg de Alimento/día) | M (Kg de Alimento/día) | (Kg de Alimento/día) |
| Legumbres | 1,99 | 2,32 | 1,25 | 1,07 | 0,73 |
| Hortalizas | 5,49 | 1,78 | | | 0,60 |

H=Hombre; M=Mujer

En la tabla 13 se muestra el consumo diario en gramos, para los microelementos y elementos traza, que se tiene que dar de los alimentos estudiados para que se supere la ingesta diaria recomendada, atendiendo al género y la edad según los casos.

Tabla 13. Evaluación Nutricional de microelementos y elementos traza.

| Tipo de Vegetal | Cantidad Necesaria para Alcanzar la Ingesta Diaria Recomendada | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|
| | Co | Cr | | | Cu | | Fe | | Mn | Ni | Zn | |
| | g/día | N g/día | H g/día | M g/día | H g/día | M g/día | H g/día | M g/día | g/día | g/día | H g/día | M g/día |
| Legumbres | 269 | 57,1 | 133 | 95,2 | 626 | 508 | 360 | 420 | 460 | 318 | 1095 | 905 |
| Hortalizas | 173 | 39,8 | 93,0 | 66,4 | 444 | 361 | 181 | 211 | 303 | 384 | 797 | 659 |

N=Niño/a; H=Hombre; M=Mujer

Por último, en lo referido a la evaluación nutricional para macroelementos, alcanzar la ingesta diaria recomendada de estos mediante los alimentos estudiados es prácticamente imposible debido a que se necesita un consumo diario de varios kilos en algunos casos, es por ello que se necesitaría una dieta variada para cumplir con el aporte nutricional diario que requieren estos cuatro metales para el correcto funcionamiento metabólico.

Por otro lado, para los microelementos y elementos traza, en algunos de estos metales es posible alcanzar la ingesta diaria recomendada a través de una ración de estos tipos de conserva, sobretodo en el caso de las hortalizas y para metales como el cromo (39,8 - 93,0 g de Alimento/día) o el hierro (181 – 211 g de Alimento/día); por lo tanto podemos decir que este tipo de alimentos satisfacen las necesidades nutricionales de los microelementos y elementos traza para el correcto funcionamiento metabólico.

5. Conclusión

Este estudio evaluó el contenido de metal (esencial y tóxico) en vegetales en conserva a través de datos bibliográficos de diversos países, agrupando los datos en dos grupos, legumbres y hortalizas, por lo que se comparan concentraciones de metales de distintos tipos de alimentos dentro de cada grupo.

En lo referente a las concentraciones de los metales pesados tóxicos, dado que la legislación europea vigente es la más restrictiva para el contenido máximo de determinados contaminantes, muchas marcas provenientes de países terceros no podrían ser comercializadas en territorio europeo, ya que superan las CMA's permitidas, por lo que se pone de manifiesto la importancia de este tipo de análisis y estudios para los distintos grupos de alimentos.

En el caso de las concentraciones de macroelementos, además de las concentraciones presentes en los vegetales, también hay que tener en cuenta la adición de conservantes en el método de procesamiento; mientras que las concentraciones de microelementos y elementos traza se deben principalmente a las migraciones de los metales del envase al alimento, además de las concentraciones que tendrían previamente debido al cultivo, etc.

El consumo anual de estos alimentos en España no es muy elevado, esto provoca que la ingesta de metales pesados tóxicos proveniente de ellos sea escasa; por otro lado, contribuyen al aporte nutricional de metales esenciales que se deben complementar con la dieta para adquirir las ingestas diarias recomendadas.

Por otro lado, la evaluación de riesgo de metales pesados tóxicos remarca la importancia de legislar sobre estos metales por el bien de la salud del consumidor, ya que se podría superar con facilidad la ingesta diaria admisible, es por ello que el objetivo a largo plazo es reducir su concentración.

Por último, en la evaluación nutricional de los macroelementos se refleja la necesidad de combinar estos alimentos con una dieta variada; mientras que para microelementos y elementos traza, se puede adquirir con estos tipos de conservas su ingesta diaria recomendada para algunos metales.

Anexo I

| Artículo | Muestra | Origen | Tipo de Vegetal |
|--|-----------------------|---------------------------|-----------------|
| Tuzen and cols (2006) ²⁸ | Seta | Kayseri y Tokat (Turquía) | Hortaliza |
| | Maíz | Kayseri y Tokat (Turquía) | Hortaliza |
| | Guisantes | Kayseri y Tokat (Turquía) | Legumbre |
| | Mezcla de vegetales | Kayseri y Tokat (Turquía) | Hortaliza |
| | Tomate | Kayseri y Tokat (Turquía) | Hortaliza |
| | Pepinillo | Kayseri y Tokat (Turquía) | Hortaliza |
| | Judías | Kayseri y Tokat (Turquía) | Legumbre |
| Massadeh and cols (2017) ²⁹ | Salsa de tomate | Irbid (Jordania) | Hortaliza |
| | Judías verdes | Irbid (Jordania) | Legumbre |
| | Zanahoria | Irbid (Jordania) | Hortaliza |
| Noureddine El Moussawi and cols (2019) ³⁰ | Habas | Líbano | Legumbre |
| | Habas | Líbano | Legumbre |
| | Judías rojas | Líbano | Legumbre |
| | Garbanzos | Líbano | Legumbre |
| Fiamegos and cols (2016) ³¹ | Guisantes en salmuera | Bélgica | Legumbre |
| | Guisantes en salmuera | Bélgica | Legumbre |
| Raptopoulou and cols (2014) ³² | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| | Tomate frito | Atenas (Grecia) | Hortaliza |
| Korfali and cols (2013) ³³ | Vegetales | Líbano | Hortaliza |
| | Legumbres | Líbano | Legumbre |
| Rickman and cols (2007) ³⁴ | Espárragos | EEUU | Hortaliza |
| | Tomates | EEUU | Hortaliza |
| | Setas | EEUU | Hortaliza |
| | Lentejas | EEUU | Legumbre |
| | Maíz | EEUU | Hortaliza |
| | Judías | EEUU | Legumbre |
| | Guisantes verdes | EEUU | Legumbre |
| | Judías verdes | EEUU | Legumbre |
| | Batatas | EEUU | Hortaliza |
| Lopez and cols (1985) ³⁵ | Judías verdes | EEUU (Hanover) | Legumbre |
| Słupski (2011) ³⁶ | Judías | Polonia | Legumbre |
| | Judías | Polonia | Legumbre |
| | Judías | Polonia | Legumbre |

6. Bibliografía

- (1) Acosta, A., Díaz, C., Hardisson, A., & González, D. (1993). Levels of Cd, Pb, and Ni in different types of vinegars. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 51(6), 852-856. <https://doi.org/10.1007/bf00198281>
- (2) Artilles, A. A., Romero, C. D., & De La Torre, A. H. (1993). Concentration levels of metals in different types of vinegars. *Food / Nahrung*, 37(1), 72-73. <https://doi.org/10.1002/food.19930370114>
- (3) Martínez, J. A. (1998a). *Fundamentos teórico-prácticos de nutrición y dietética*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill Education.
- (4) Dunbar, K. R., McLaughlin, M. J., & Reid, R. J. (2003). The uptake and partitioning of cadmium in two cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Experimental Botany*, 54(381), 349-354. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg016>
- (5) Andrades, M.; Carral, P.; Martínez, E.; Álvarez, A.; Alonso-Martirena, J.I. (2000). Contenido en metales pesados y calidad de suelos en cultivos frutales de La Rioja (España). *Edafología*, 7(3), 313-318. <https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%207-3.%20Septiembre%202000.%20pa%20313-318.pdf>
- (6) Rubio, C., González-Iglesias, T., Revert, C., Reguera, J. I., Gutiérrez, A. J., & Hardisson, A. (2005). Lead Dietary Intake in a Spanish Population (Canary Islands). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16), 6543-6549. <https://doi.org/10.1021/jf058027v>
- (7) Ferrer, A. (2003). Metal poisoning. *ANALES del sistema sanitario de Navarra*, 26(supl.1), 141-153. <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s1/ocho.pdf>
- (8) González, M. M., Gallego, M., Valcárcel, M., & Gómez-Cárdenas, G. (2001). Slurry Atomization of Wheat-Milled Fractions for Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Determination of Nickel and Chromium. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 84(6), 1914-1920. <https://doi.org/10.1093/jaoac/84.6.1914>
- (9) CABALLERO, J.M., (2009). Estudio toxicológico, higiénico-sanitario y nutricional del gofio canario. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de La Laguna. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=25995>
- (10) Dospatliev L, Kostadinov K, Mihaylova G, Katrandzhiev N (2012) Determination of heavy metals (Pd, Zn, Cd, Ni) in Egg Plant. *Trak J Sci*, 10(2), 31–35. <https://www.semanticscholar.org/paper/Original-Contribution-DETERMINATION-OF-HEAVY-METALS-Dospatliev-Kostadinov/4616cc7dc7af332cc7f1d7b21c3a5ef4c9dc6ce9#extracted>

- (11) V Mohod, C. (2015). A Review on the Concentration of the Heavy Metals in Vegetable Samples like Spinach and Tomato Grown Near the Area of Amba Nalla of Amravati City. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(5), 2788-2792. <https://doi.org/10.15680/ijirset.2015.0405019>
- (12) Parkar, J., & Rakesh, M. (2014). Leaching of elements from packaging material into canned foods marketed in India. *Food Control*, 40, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.042>.
- (13) MAPA. (2019). *Informe del Consumo Alimentario en España 2018*. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/20190807_informedeconsumo2018pdf_tcm30-512256.pdf
- (14) Soni, M. G., White, S. M., Flamm, W. G., & Burdock, G. A. (2001). Safety Evaluation of Dietary Aluminum. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 33(1), 66-79. <https://doi.org/10.1006/rtp.2000.1441>
- (15) EFSA (2008) Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC). *EFSA Journal* 754, 1-34. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.754>
- (16) EFSA (2009) Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal* 980, 1-139. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.980>
- (17) EFSA (2012) Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* 10(12):2985. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2012.2985>
- (18) EFSA (2010) Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal* 8(4):1570. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- (19) EFSA (2015) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for calcium. *EFSA Journal* 13(5):4101. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2015.4101>
- (20) FESNAD (2010) Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española, 2010. *Actividad Dietética* 14(4): 196-197. http://umh1544.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/63/2013/02/Ingestas_FESNAD_2010.pdf
- (21) JECFA (2011) Safety evaluation of certain contaminants in food. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* 63:605-684. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/72nd_2011_Mercury.pdf
- (22) AESAN (2012) Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) regarding criteria for the estimation of concentrations

for the discussion proposals for migration limits of certain heavy metals and other elements from ceramic articles intended to come into contact with foodstuffs. *J Sci Commit* 16:11–20.

[http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_cc_ingles/FOOD_CONTACT_MATERIALS .pdf](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_cc_ingles/FOOD_CONTACT_MATERIALS.pdf)

- (23) EFSA (2019) Dietary reference values for EU. Adults Both Genders All ages. <http://www.efsa.europa.eu/en/interactive-pages/drvs>.
- (24) EFSA (2015) Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal* 13(2):4002– 4204. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2015.4002>
- (25) Reglamento (UE) N° 488/2014 de la Comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica el Reglamento (CE) n° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32014R0488>
- (26) Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1881>
- (27) Reglamento (UE) 2015/1005 de la Comisión de 25 de junio de 2015 que modifica el Reglamento (CE) n° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de plomo en determinados productos alimenticios. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015R1005>
- (28) Tuzen, M., & Soylak, M. (2007). Evaluation of trace element contents in canned foods marketed from Turkey. *Food Chemistry*, 102(4), 1089-1095. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.048>
- (29) Massadeh, A. M., & Al-Massaedh, “Ayat Allah” T. (2017). Determination of heavy metals in canned fruits and vegetables sold in Jordan market. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1914-1920. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0611-0>
- (30) Nouredine El Moussawi, S., Ouaini, R., Matta, J., Chébib, H., Cladière, M., & Camel, V. (2019). Simultaneous migration of bisphenol compounds and trace metals in canned vegetable food. *Food Chemistry*, 288, 228-238. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.116>
- (31) Fiamegos, Y., Vahcic, M., Emteborg, H., Snell, J., Raber, G., Cordeiro, F., ... de la Calle, B. (2016). Determination of toxic trace elements in canned vegetables. The importance of sample preparation. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 85, 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.02.004>

- (32) Raptopoulou, K. G., Pasias, I. N., Thomaidis, N. S., & Proestos, C. (2014). Study of the migration phenomena of specific metals in canned tomato paste before and after opening. Validation of a new quality indicator for opened cans. *Food and Chemical Toxicology*, 69, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.023>
- (33) Korfali, S. I., & Hamdan, W. A. (2013). Essential and Toxic Metals in Lebanese Marketed Canned Food: Impact of Metal Cans. *Journal of Food Research*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.5539/jfr.v2n1p19>
- (34) Rickman, J. C., Bruhn, C. M., & Barrett, D. M. (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(7), 1185-1196. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2824>
- (35) LOPEZ, A., & WILLIAMS, H. L. (1985). Essential Elements and Cadmium and Lead in Fresh, Canned, and Frozen Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 50(4), 1152-1157. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13033.x>
- (36) Słupski, J. (2011). EVALUATION OF THE EFFECT OF PRETREATMENT AND PRESERVATION ON MACROAND MICROELEMENTS RETENTION IN FLAGEOLET (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) BEAN SEEDS. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10(4), 475-486. https://www.food.actapol.net/pub/6_4_2011.pdf