

MACROELEMENTOS, ELEMENTOS TRAZA Y METALES TÓXICOS EN COMIDAS PREPARADAS PARA MICROONDAS



AUTOR: Christian Eduardo García Torres


TUTOR: Dr. Arturo Hardisson de la Torre

CO-TUTORA: Dra. Soraya Paz Montelongo

ÁREA DE CONOCIMIENTO: Toxicología

23 de junio de 2020

TRABAJO DE FIN DE GRADO

 Departamento de Obstetricia y
Ginecología, Pediatría, Medicina
Preventiva y Salud Pública, Toxicología,
Medicina Legal y Forense y Parasitología
Universidad de La Laguna

ÍNDICE

Contenido

ABSTRACT/ RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	6
3.1 Clasificación de la muestra.....	6
3.2 Tratamiento y análisis de la muestra	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
4.1 Concentración de macroelementos en las comidas preparadas para microondas	8
4.2 Concentración de elementos traza en las comidas preparadas para microondas.....	9
4.3 Concentración de metales tóxicos en las comidas preparadas de microondas...	10
4.4 Contribución IDR de metales debida al consumo de comidas preparadas de microondas	11
4.5 Contribución PTWI y TDI de metales debido al consumo de comidas preparadas para microondas	14
5. CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18
ANEXO I : Datos sobre las muestras utilizadas en el estudio	23



ABSTRACT/ RESUMEN

Consumption of microwave ready meals has increased markedly in recent years due to speed and cleanliness. Therefore, the main objective of this study is to determine the content of macroelements (Na, K, Ca and Mg), essential and non-essential trace elements (Fe, Cu, Zn, Mn, and Ni) and heavy metals (Al, Cd and Pb) in 30 samples of microwave prepared food of animal origin (omelette, chicken and meatballs), vegetable (vegetable burgers, pasta, rice and soups) and mixed origin (pizza and lasagna), in order to determine whether or not these concentrations are suitable for consumption using indicators such as estimated daily intake (IDE), estimated weekly intake (ISE), the percentage contribution to the recommended daily intake (IDR) and contribution to the Provisional Tolerable Weekly Intake (PWTI) of toxic metals. There was obtained significant differences between the concentrations of the metals studied in the different food groups, having a possible risk in the consumption of toxic metals in prepared meatballs or pizza.

Keywords: microwave ready meals, macroelements, trace elements, heavy metals and risk

El consumo de comidas preparadas para microondas ha aumentado notablemente en los últimos años debido a término de rapidez y limpieza. Por ello, el objetivo principal de este estudio es determinar el contenido de macroelementos (Na, K, Ca y Mg), elementos traza esenciales y no esenciales (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) y metales tóxicos (Al, Cd y Pb) en 30 muestras de comidas preparadas para microondas de origen animal (tortilla, pollo y albóndigas), vegetal (hamburguesas vegetales, pasta, arroz y puré) y mixto (pizza y lasaña), con la finalidad de determinar si dichas concentraciones son adecuadas o no para su consumo utilizando indicadores como la ingesta diaria estimada (IDE), ingesta semanal estimada (ISE), el porcentaje de contribución a la ingesta diaria recomendada (IDR) y la contribución a la ingesta semana provisional tolerable (PWTI) de los metales tóxicos. Se obtuvo la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de los metales estudiados en los diferentes grupos de alimentos, existiendo un posible riesgo por el consumo de metales tóxicos en albóndigas preparadas o pizza.

Palabras clave: comidas preparadas para microondas, macroelementos, elementos traza, metales tóxicos y análisis del riesgo.



1. INTRODUCCIÓN

En nuestra sociedad, el empleo del microondas es relativamente reciente. Las microondas, son radiaciones electromagnéticas de baja energía que no ionizan el alimento. Se aplican sobre alimentos que contienen agua, provocando vibraciones en las moléculas, generando calor la fricción de éstas. Mediante esta técnica se puede pasteurizar, esterilizar, precocinar, deshidratar, descongelar, calentar platos cocinados y escaldar, pero no se puede hornear, ni freír. La cocción por microondas se aplica a carne, pescado, cereales, huevos, fruta y verdura, sin necesidad de añadir aceite, por lo que su empleo en los planes de mantenimiento y adelgazamiento es muy recomendable y saludable.

Los efectos sobre los nutrientes son similares a los descritos para otros tratamientos por calor, pero dependerá del tiempo y la potencia del mismo. Con el microondas no se generan sustancias tóxicas, ni metabolitos secundarios que afectan a la palatabilidad de los alimentos¹.

Las comidas preparadas para microondas son alimentos de quinta gama. Se consideran platos preparados, a la mezcla y condimentación de alimentos animales y vegetales, con o sin adición de otras sustancias autorizadas, contenidas en envases apropiados, herméticamente cerrados y tratados por calor u por otro procedimiento que asegure su conservación, y que estén listos para ser consumidos después de un simple tratamiento. Están incluidos en esta definición: los platos cocinados de consumo inmediato, platos cocinados y platos precocinados².

Además se ha estudiado los efectos positivos del uso del microondas; cómo el tratamiento térmico aplicado que ayuda a inactivar enzimas que podrían catalizar la destrucción de nutrientes, destruyendo también factores tóxicos, y haciendo a algunos nutrientes más accesibles y fáciles de digerir; y los efectos negativos ya que reducen el contenido de algunos nutrientes, como pueden ser las vitaminas termolábiles^{3,4}. También se ha estudiado el proceso de migración de los contaminantes químicos perjudiciales para la salud (metales pesados como plomo, cadmio, arsénico, mercurio y zinc) que se transfieren de los envases y las bolsas de plástico a los alimentos¹². Estos metales pesados pueden existir



en los alimentos dentro de los límites permitidos, pero debido a su capacidad de acumularse en el cuerpo humano producen enfermedades y síntomas de daños graves en el sistema nervioso y problemas en el proceso de digestión y procesamiento de los alimentos. Es un factor en la incidencia de tumores y cánceres puesto que pueden interrumpir las funciones metabólicas dentro del cuerpo humano de dos maneras, ya sea acumulándose en órganos como el corazón, el cerebro, el hígado, riñones y huesos y, por lo tanto, interrumpir su función, o sustituyendo minerales esenciales, quelándolos o inhibiendo su función biológica⁵.

Desde el año 2014 se evidencia un aumento en la compra de platos preparados para consumo doméstico. En términos de evolución en volumen, desde 2014, el aumento es más notorio en el caso de los platos preparados en conserva (+26,9%) que en el de los platos preparados congelados (+3,2%). Según el informe del Consumo Alimentario en España 2018, en un análisis por tipos de productos, destaca el crecimiento en volumen de alimentos como platos preparados (+6,5%) y su precio medio crece un 3,5% cerrando en 4,27 €/kg. De igual modo, crece esta categoría en términos de valor de forma muy significativa (+10,2%). (Tabla 1). Las sopas y cremas son los platos preparados que tienen una mayor proporción en volumen dentro de los hogares españoles a cierre de año 2018 con un 36,1% de los kilos, seguido de los platos preparados congelados y los platos preparados de pizza en tercer lugar. El perfil de hogar es de clase socioeconómica alta y media alta y el perfil del consumidor intensivo en la compra de platos preparados se corresponde con adultos jóvenes, con edades comprendidas entre los 35 y los 49 años, al igual que con adultos entre los 50 y los 64 años⁶.

	Consumo doméstico de Platos Preparados en 2018	% Variación 2018 v.s 2017
Volumen (Miles kg)	671.423,16	6,5%
Valor (miles €)	2.870.018,35	10,2%
Consumo x cápita (kg)	14,67	6,1%
Gasto x cápita (€)	62,69	9,8%
Parte de mercado volumen (%)	2,33	6,8%
Parte de mercado valor (%)	4,19	8,6%



Precio Medio (€/kg)	4,27	3,5%
---------------------	------	------

Tabla 1. Datos del Informe del Consumo Alimentario en España 2018 sobre platos preparados

Por ello, la importancia de la determinación del contenido de macroelementos, elementos traza y metales tóxicos en estos alimentos de quinta gama, cuyo consumo debido a términos de rapidez y limpieza ha aumentado exponencialmente en los últimos años¹³.

Este análisis nos permite evaluar su calidad nutricional y estimar su contribución a las diferentes ingestas diarias recomendadas (IDRs). Además, al cuantificar los metales tóxicos y su aporte a la PWTI de los mismos, también se realiza la evaluación de los riesgos asociados con el consumo, obteniendo información tanto desde el punto de vista de su seguridad alimentaria como de su valor nutricional.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es determinar el contenido de macroelementos (Na, K, Ca y Mg), elementos traza esenciales y no esenciales (Fe, Cu, Zn, Mn y Ni) y metales tóxicos (Al, Cd y Pb) en comidas preparadas para microondas de origen animal, vegetal y mixto mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente.

Además, el segundo objetivo, establecerá con los resultados de concentración obtenidos si existen diferencias significativas entre las concentraciones de los metales estudiados teniendo en cuenta los diferentes tipos de platos preparados para microondas.

Por último, dentro del tercer objetivo, se evaluará e evaluará el riesgo toxicológico por consumo de comidas preparadas para microondas estudiando su porcentaje de aporte a la la Ingesta Provisional Semanal Tolerable (PTWI) o Ingesta Semanal Tolerable (TWI) de los metales pesados tóxicos Al, Cd y Pb.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Clasificación de la muestra

Para la realización del estudio se eligieron diferentes comidas preparadas para microondas de origen animal, vegetal y mixto, compradas en el mismo



supermercado situado en la isla de Tenerife en el período de enero a marzo de 2020. Se analizaron un total de 30 muestras (Tabla 2).

PLATOS PREPARADOS DE ORIGEN ANIMAL		PLATOS PREPARADOS DE ORIGEN VEGETAL		OTROS PLATOS PREPARADOS COMBINACIÓN DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL	
Tortilla (huevos)	4	Hamburguesas vegetales (legumbres y derivados : soja)	2	Pizza	5
Pollo asado (carne de ave)	2	Arroz redondo (cereales)	3	Lasaña	5
Albóndigas preparadas (Carne)	4	Pasta rellena (derivado de cereales)	3		
		Verduras precocinadas (Verduras)	2		
TOTAL	10 MUESTRAS	TOTAL	10 MUESTRAS	TOTAL	10 MUESTRAS

Tabla 2- Clasificación de la muestra tomada en el estudio

3.2 Tratamiento y análisis de la muestra

Se pesaron 10 gramos de cada muestra, previamente homogeneizado con un brazo triturador, en cápsulas de porcelana (*Staalich, Alemania*) que se desecaron en estufa (*Nabertherm, Alemania*) a una temperatura de 80°C durante 24 horas. A continuación, se introdujeron en un horno mufla (*Nabertherm, Alemania*) con la finalidad de incinerarlas y eliminar toda la materia orgánica; para ello se elevó progresivamente la temperatura hasta 450 °C ± 25 °C y se mantuvo dicha temperatura en una rampa de 24 horas. Pasado este tiempo, las cenizas resultantes de la pirolisis fueron de color gris negruzco, indicativo de restos de materia orgánica. Para terminar de digerirla, se añadió HNO₃ al 65 % a las muestras y se desecaron en placa calefactora. Finalmente se introdujeron nuevamente en el horno a 450°C ± 25 °C durante 24 horas más, tiempo tras el cual las cenizas resultantes fueron de color blanco. Dichas cenizas se disolvieron y enrasaron con HNO₃ al 1,5 %, hasta un volumen final de 25 mL.

La determinación de los metales en las muestras se llevó a cabo mediante ICP-OES. Los resultados, obtenidos en mg/L, se calcularon en mg/kg teniendo en cuenta el peso de la muestra y su dilución. Finalmente se llevó a cabo el análisis estadístico.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la situación de pandemia mundial producida por el virus SARS- CoV-2, no se han obtenido datos experimentales de las muestras procesadas, por lo que se procederá a hacer una revisión bibliográfica con los datos obtenidos de varias publicaciones.

4.1 Concentración de macroelementos en las comidas preparadas para microondas

Alimentos de origen animal	Macroelementos (mg/kg)			
	Na	K	Ca	Mg
Tortilla ^{25,30}	2788	1402	315	120
Pollo ^{16,18,19}	515.5	1809	41,2	191.9
Albóndigas ^{16,20}	549	3753	54.1	202.7
Alimentos de origen vegetal	Macroelementos (mg/kg)			
	Na	K	Ca	Mg
Hamburguesas vegetales ³²	3221	3392	457	575
Pasta rellena ^{30,35}	241	1467	305	126
Arroz ^{8,33,34,35}	2	250	47	95
Puré ^{35, 20}	4360	2730	162	137
Alimentos de origen mixto	Macroelementos (mg/kg)			
	Na	K	Ca	Mg
Pizza ^{10,30}	818	1750	2190	470
Lasaña ^{30,36}	3798	2015	845	185

Tabla 3- Contenido de macroelementos en alimentos preparados ^{8,10,16,18,19,20,25,30,32,33,34,35,36}

En la Tabla 3 se muestran las concentraciones medias de macroelementos en alimentos preparados, donde destaca, en los de origen animal, la concentración de Na y K en la tortilla, pollo y albóndigas con respecto a los niveles de Ca y Mg que se encuentran en menor proporción en estos platos. En la tortilla el macroelemento más abundante es el Na y en el pollo y las albóndigas es el K. La mayor concentración de Ca se encuentra en la tortilla y de Mg en las albóndigas.

En cuanto a los alimentos preparados de origen vegetal, destaca la concentración de Na y K en las hamburguesas vegetales y el puré de verduras. El mayor contenido de Na se presenta en el puré, mientras que el de K se



encuentra en las hamburguesas vegetales. Con respecto al contenido de Ca y Mg es mayor en las hamburguesas vegetales, y su menor contenido se encuentra en el arroz blanco. Por último, en los alimentos preparados de origen mixto destaca la concentración de Na en la lasaña. Además, la concentración de K es más abundante en la lasaña, sin embargo, la concentración de Ca y Mg es mucho mayor en la pizza.

Teniendo en cuenta los 3 grupos de alimentos, el mayor contenido de Na se encuentra en el puré y la lasaña, el de K en albóndigas y hamburguesas vegetales, el de Ca en pizza y lasaña y el de Mg en hamburguesas vegetales y pizza.

4.2 Concentración de elementos traza en las comidas preparadas para microondas

Alimentos de origen animal	Elementos traza				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Tortilla ^{25,30}	13,7	0,63	7,01	0	0,001
Pollo ^{16,18,19}	186,33	5,90	32,37	24,18	7,30
Albóndigas ^{16,20}	2,9	87,3	7,5	1,87	0,02
Alimentos de origen vegetal	Elementos traza				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Hamburguesas vegetales ³²	13,9	2,37	7,02	5,04	0,42
Pasta rellena ^{30,35}	4,6	0,6	3,90	1,80	0,131
Arroz ^{8,33,34,35}	11,3	0,8	5,50	4,40	0,042
Puré ^{35,20}	5,1	0,6	2	1,2	0,058
Alimentos de origen mixto	Elementos traza				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Pizza ^{10,30}	35,6	4,90	14,5	4,7	0,084
Lasaña ^{30,36}	7,6	0,9	9,30	1,70	0,129

Tabla 4- Contenido de elementos traza en alimentos preparados^{8,10,16,18,19,20,25,30,32,33,34,35,36}

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones medias de elementos traza en alimentos preparados, obteniendo en alimentos de origen animal, la mayor concentración de Fe, Zn, Mn y Ni en el pollo y de Cu en las albóndigas. En alimentos preparados de origen vegetal, se muestra que la mayor concentración



de Fe, Cu, Zn, Mn y Ni está presente en las hamburguesas vegetales, seguidos del arroz, a excepción de los valores de Ni en arroz que son los menores de los cuatro tipos de alimentos.

En alimentos de origen mixto, destaca la mayor concentración de Fe, Cu, Zn y Mn en la pizza, observándose en la lasaña mucho menor contenido de Fe, Cu, Zn y Mn, pero mayor contenido de Ni.

El mayor contenido de Fe y Zn corresponde al pollo y a la pizza, el Cu es abundante en las albóndigas, el Mn se encuentra en mayor proporción en el pollo y hamburguesas vegetales y los niveles de Ni son bastantes bajos en los tres grupos de alimentos.

4.3 Concentración de metales tóxicos en las comidas preparadas de microondas

Alimentos de origen animal	Metales tóxicos (mg/kg)		
	Al	Cd	Pb
Tortilla ^{25,30}	1,38	0,0001	0
Pollo ^{16,18,19}	0,37	1.49	8.18
Albóndigas ^{16,20}	0,84	0,67	0,12
Alimentos de origen vegetal	Metales tóxicos (mg/kg)		
	Al	Cd	Pb
Hamburguesas vegetales ³²	4,13	0,01	0,03
Pasta rellena ^{30,35}	2,87	0,016	0,001
Arroz ^{8,33,34,35}	1,9	0,024	0,047
Puré ^{35, 20}	3	0,006	0,008
Alimentos de origen mixto	Metales tóxicos		
	Al	Cd	Pb
Pizza ^{10,30}	4,77	0,123	0,23
Lasaña ^{30,36}	1,77	0,019	0,001

Tabla 5- Contenido de metales tóxicos en alimentos preparados^{8,10,16,18,19,20,25,30,32,33,34,35,36}

En la *Tabla 5*, se muestran las concentraciones medias de metales tóxicos en alimentos preparados. En alimentos de origen animal destaca la concentración de aluminio en la tortilla y los niveles de cadmio y plomo en el pollo. En las albóndigas es el aluminio el metal que se encuentra en mayor proporción, seguido del cadmio y plomo.



En alimentos preparados de origen vegetal, el aluminio es el metal predominante en los cuatro alimentos, obteniéndose niveles más bajos de Cd y Pb. En alimentos preparados de origen mixto, destaca los niveles de aluminio en la pizza y lasaña, y de cadmio y plomo en la pizza.

Destacan los altos niveles de aluminio en la pizza y hamburguesas y de plomo en el pollo, mientras que los niveles de cadmio son inferiores, observándose un mayor contenido en el pollo y las albóndigas.

4.4 Contribución IDR de metales debida al consumo de comidas preparadas de microondas

La Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD) estableció en 2010 las ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la población adulta española³⁷

Metal	IDR (mg/día)	
Macroelementos	Mujer	Hombre
Na	1500	1500
K	3100	3100
Ca	900-1000	900-1000
Mg	300	350
Elementos traza		
Fe	18	9
Cu	1,1	1,1
Zn	7	9,5
Mn	1,8	2,3

Tabla 6-IDR de metales esenciales para la población adulta española según la FESNAD

Los macroelementos se encuentran presentes en una alta proporción en los tejidos de seres vivos y deben ser aportados con los alimentos en cantidades superiores a 100 mg/día. Sin embargo, los microelementos o elementos trazas son sustancias requeridas en cantidades diarias inferiores a 100 miligramos (0,01% del peso corporal total). Pese a sus bajas concentraciones, son de gran importancia para el crecimiento y el desarrollo de los organismos, ejerciendo tres funciones orgánicas elementales: estructural, reguladora y formadora de metaloenzimas con función catalítica.³⁸

Para evaluar la contribución de la ingesta a las IDR, tenemos en cuenta el consumo medio diario de platos preparados aportado por la AECOSAN³⁹. Por ello, se ha evaluado en los platos preparados del estudio más consumidos por la



población española (albóndigas, puré, pizza y lasañas precocinadas). Para determinar la ingesta de cada elemento, multiplicamos la concentración del metal en el plato preparado por el consumo medio de este alimento⁴⁰. La *Tabla 7* muestra la ingesta diaria de elementos esenciales derivada del consumo de albóndigas preparadas y su contribución.

Albóndigas preparadas	CONSUMO AECOSAN		
	Consumo medio(56,1g/día)	Ingesta (mg/día)	CONTRIBUCIÓN IDR(%)
		Mujeres	Hombres
Macroelementos			
Na	30,80	2,05	2,05
K	210,54	6,79	6,79
Ca	3,04	0,32	0,32
Mg	11,37	3,79	3,25
Elementos traza			
Fe	0,16	0,90	1,81
Cu	4,90	445,23	445,23
Zn	0,42	6,01	4,43
Mn	0,10	5,83	4,56

Tabla 7- IDE (mg/día) de metales en albóndigas preparadas según el consumo y su contribución a la IDR (%).

El consumo medio en adultos es de 56,1 g de albóndigas/día. El macroelemento que más contribuye a la ingesta diaria es el K (6,79 %), seguido del Mg, Na y Ca. En cuanto a elementos traza, el contenido de cobre supera la ingesta diaria recomendada, contribuyendo en un 14% a la ingesta diaria tolerable máxima provisional (IDTMP) que estableció el Comité Mixto FAO-OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)⁴¹ de 500 µg por quilo de peso corporal y día en una persona de 70 kg de peso, suponiendo riesgo tóxico²⁷. El cobre es altamente tóxico, pues en su estado oxidado (Cu²⁺) participa en reacciones en las que se producen especies reactivas de oxígeno (ROS) que atacan a las biomembranas a través del proceso peroxidación lipídica, desestabilizan su estructura y afectan sus funciones celulares. También pueden oxidar directamente a las proteínas y desnaturalizar el ADN y el ARN, lo que puede provocar daños que contribuyen al desarrollo de diversas enfermedades como el cáncer, las enfermedades neurodegenerativas y al envejecimiento celular⁴². El segundo que mayor



aportación tiene sobre la IDR es el Zn en mujeres y el Mn en hombres. Por el contrario, la contribución a la ingesta recomendada de hierro es baja.

Puré	CONSUMO AECOSAN		
	Consumo medio(17,61 g/día)	Ingesta (mg/día)	CONTRIBUCIÓN IDR(%)
		Mujeres	Hombres
Macroelementos			
Na	76,78	5,12	5,12
K	48,08	1,55	1,55
Ca	2,85	0,30	0,30
Mg	2,41	0,80	0,69
Elementos traza			
Fe	0,09	0,50	1,00
Cu	0,01	0,96	0,96
Zn	0,04	0,50	0,37
Mn	0,02	1,17	0,92

Tabla 8- IDE (mg/día) de metales en puré según el consumo y su contribución a la IDR (%).

Las cremas de verduras preparadas tienen un consumo medio de 17,61 g/día. El macroelemento que más aporta a la ingesta diaria es el Na (5,12%), seguido del K, Mg y Ca. En cuanto a los elementos traza, destaca la aportación del Mn a la IDR en mujeres y de Fe en hombres.

Pizza	CONSUMO AECOSAN		
	Consumo medio(87,42 g/día)	Ingesta (mg/día)	CONTRIBUCIÓN IDR(%)
		Mujeres	Hombres
Macroelementos			
Na	71,51	4,77	4,77
K	152,99	4,94	4,94
Ca	191,45	20,15	20,15
Mg	41,09	13,70	11,74
Elementos traza			
Fe	3,11	17,29	34,58
Cu	0,43	38,94	38,94
Zn	1,27	18,11	13,34
Mn	0,41	22,83	17,86

Tabla 9- IDE (mg/día) de metales en pizza según el consumo y su contribución a la IDR (%).

El consumo medio de pizza es de 87,42 g/día entre consumidores. El macroelemento que más aporta a la ingesta diaria es el calcio (20,15%), seguido del magnesio, potasio y sodio. En cuanto a los elementos traza, el Cu es el que más aporta a la IDR, seguido del Mn en mujeres y el Fe en hombres.



Lasaña	CONSUMO AECOSAN		
	Consumo medio(53,25 g/día)	Ingesta (mg/día)	CONTRIBUCIÓN IDR(%)
		Mujeres	Hombres
Macroelementos			
Na	202,24	13,48	13,48
K	107,30	3,46	3,46
Ca	45,00	4,74	4,74
Mg	9,85	3,28	2,81
Elementos traza			
Fe	0,40	2,25	4,50
Cu	0,05	4,36	4,36
Zn	0,50	7,07	5,21
Mn	0,09	5,03	3,94

Tabla 10- IDE (mg/día) de metales en lasaña según el consumo y su contribución a la IDR (%).

Por último, el consumo medio de lasaña es de 53,25 mg/día. El macroelemento que más aporta a la IDR es el Na (13,48%), seguido del Ca, K y Mg. En cuanto a los elementos traza destaca la contribución del Zn, y del Fe en hombres y el Zn y Mn en mujeres.

4.5 Contribución PTWI y TDI de metales debido al consumo de comidas preparadas para microondas

Como uno de los principales campos de investigación de la seguridad alimentaria, los metales pesados son extremadamente dañinos para la salud humana ya que tardan mucho en metabolizarse y tienden a acumularse.

El Al es un elemento nocivo para la salud de las personas. La ingesta excesiva de este impedirá el metabolismo normal de calcio y fósforo del cuerpo, alterará el sistema nervioso central y causará osteoporosis, trastornos digestivos y demencia senil¹⁴. La EFSA estableció en 2011 la ingesta semanal provisional tolerable (PTWI) de Al en 1 mg/Kg peso corporal/semana. Es decir, que un adulto de 70 Kg tendría que ingerir 70 mg Al a la semana para alcanzar los niveles tóxicos⁴³.

La exposición humana a Cd se produce en mayor medida a través del consumo de alimentos contaminados, la inhalación activa y pasiva del humo del tabaco, y la inhalación en el caso de los trabajadores de la industria de metales no ferrosos. El Cd tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y



respiratorio. Está clasificado como carcinógeno para los seres humanos⁴⁴. Para el Cd, la PTWI establecida que garantiza la protección de los consumidores es 2,5 µg/Kg peso corporal/semana⁴⁵.

Las reducciones recientes del uso de Pb en combustibles, pinturas, cañerías y soldaduras han provocado una importante disminución de los niveles de concentración de Pb en sangre entre la población. Sin embargo, aún existen grandes fuentes de exposición, especialmente en los países en desarrollo. Una vez dentro del cuerpo, el Pb se distribuye hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos, y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. Los niños son más vulnerables a los efectos neurotóxicos. Un nivel relativamente bajo de exposición puede causar daños neurológicos graves⁴⁴. La dosis de referencia actual para la aparición de efectos negativos en la salud es 0,63 µg/kg de peso corporal/día (dosis de Benchmark o BMDL)⁴⁶.

Consumo de albóndigas 56,1g/día	ISE	PWTI ⁽¹⁾	MOS	Significado
Al	0,33 mg/semana	70 mg/semana	0,0047	MOS<1 no existe riesgo
Cd	263.109 µg/semana	175 µg /semana	1,88	MOS>1 existe riesgo
	ISE	BMDL	MOS	Significado
Pb	47,124 µg/semana	44,1 µg /semana	1,07	MOS> 1 existe riesgo

Tabla 11- Ingesta semanal estimada (ISE) de metales tóxicos y contribución a la PTWI (%) debido al consumo de albóndigas preparadas. (1) PWTI para un adulto de 70kg.

Teniendo en cuenta el consumo medio de consumidores de albóndigas preparadas según la AECOSAN, un adulto ingiere aproximadamente 0,33 mg Al/semana (ISE o ingesta semanal estimada), siendo este valor mucho menor que la ingesta semanal provisional tolerable (PWTI) que es de 70 mg/semana para un adulto de 70 kg, por lo que para que exista riesgo, el margen de seguridad (MOS = ISE/PTWI) debe ser >1 y en este caso es de 0,0047. Sin embargo, se observa que la cantidad de cadmio y plomo supera la PWTI, existiendo riesgo en el consumo de 56,1 g de albóndigas preparadas al día.



Consumo de puré 17,61 g/día	ISE	PWTI ⁽¹⁾	MOS	Significado
Al	0,37 mg/semana	70 mg/semana	0,0053	MOS<1 no existe riesgo
Cd	0,74 µg/semana	175 µg /semana	0,0043	MOS<1 no existe riesgo
	ISE	BMDL	MOS	Significado
Pb	0,99 µg/semana	44,1 µg /semana	0,02	MOS<1 no existe riesgo

Tabla 12- Ingesta semanal estimada (ISE) de metales tóxicos y contribución a la PTWI (%) debido al consumo de puré. (1) PWTI para un adulto de 70kg.

En cuanto al consumo de 17,61 g al día de puré preparado, no existe riesgo para ningún metal pesado, puesto que sus ISE son mucho menores que los valores de PWTI, obteniendo un MOS<1 en todos los casos.

Consumo de pizza 87,42 g/día	ISE	PWTI ⁽¹⁾	MOS	Significado
Al	2,92 mg/semana	70 mg/semana	0,042	MOS<1 no existe riesgo
Cd	75,27 µg/semana	175 µg /semana	0,43	MOS<1 no existe riesgo
	ISE	BMDL	MOS	Significado
Pb	140.74 µg/semana	44,1 µg /semana	3,19	MOS>1 existe riesgo

Tabla 13- Ingesta semanal estimada (ISE) de metales tóxicos y contribución a la PTWI (%) debido al consumo de pizza. (1) PWTI para un adulto de 70kg.

Si se consumen 87,42 g de pizza al día, podría existir riesgo de toxicidad crónica por la ingesta de plomo causando saturnismo si su consumo es tan elevado. En cuanto a los niveles de ISE de Al y Cd son muchos menores que los niveles de PWTI, no existiendo riesgo en su consumo.

Consumo de lasaña 53,25 g/día	ISE	PWTI ⁽¹⁾	MOS	Significado
Al	0,67	70 mg/semana	0,0094	MOS<1 no existe riesgo
Cd	7,08	175 µg /semana	0,04	MOS<1 no existe riesgo
	ISE	BMDL	MOS	Significado
Pb	0,37	44,1 µg /semana	0,0084	MOS<1 no existe riesgo

Tabla 14- Ingesta semanal estimada (ISE) de metales tóxicos y contribución a la PTWI (%) debido al consumo de lasaña. (1) PWTI para un adulto de 70kg.



En cuanto a la lasaña, tampoco existiría riesgo en su consumo puesto que los niveles de ingesta de Al, Cd y Pb semanales tras el consumo de 53,25 g/día de este producto son muy inferiores a su PWTI.

5. CONCLUSIONES

1. Es importante la determinación del contenido de macroelementos, elementos traza y metales tóxicos en estos alimentos preparados, puesto que su consumo ha aumentado exponencialmente en los últimos años.
2. Los macroelementos más abundantes en los tres grupos de alimentos son el Na que se encuentra en mayor cantidad en el puré y la lasaña, y el de K en albóndigas y hamburguesas vegetales.
3. El mayor contenido de elementos traza corresponde a los niveles de Fe, Cu y Zn en alimentos de origen animal y mixto. El Mn se encuentra en mayor proporción en el pollo y hamburguesas vegetales y los niveles de Ni son bastantes bajos en los tres grupos de alimentos.
4. El Al es el metal tóxico con mayores concentraciones en los tres grupos de alimentos estudiados.
5. En cuanto a las IDRs, el macroelemento que más aporta a la ingesta diaria es el Na en puré y lasañas, el K en las albóndigas y el Ca en la pizza y el elemento traza que más contribuye es el Cu superando la IDR en albóndigas, y también contribuye en la pizza en un 38,94% de la IDR. En lasaña y puré destaca la aportación de Zn y Mn por encima del Fe y Cu.
6. La concentración de aluminio en estos alimentos preparados no supone riesgo debido a su consumo medio diario. Sin embargo, en las albóndigas preparadas podría haber riesgo de toxicidad crónica por el consumo diario de Cd y Pb en este plato y en la pizza existiría riesgo por el consumo de Pb. No existe riesgo debido al consumo de metales tóxicos en los purés y lasañas objeto de este estudio.



BIBLIOGRAFÍA

1. HENUFOOD (2020) Técnicas Culinarias Y Tecnología Alimentaria: Efecto En La Nutrición. Disponible en: <http://www.henufood.com/nutricion-salud/aprende-a-comer/tecnicas-culinarias-y-tecnologia-alimentaria-efecto-en-la-nutricion/index.html>
2. Mataix J, Astiasarán I, Martínez A, Ansorena D, de la Concepción M, Cuervo M, Paz M (año desconocido) Tecnología Alimentaria y Nutrición. Biblioteca FUNIBER.
3. Ávila J (2020) ALIMENTOS Y MICROONDAS. Fundación Española de la Nutrición. Disponible en: <https://www.fen.org.es/index.php/articulo/alimentos-y-microondas>
4. Lee JG, Hwang JY, Lee HE, Kim TH, Choi JD, Gang GJ (2019) Effects of food processing methods on migration of heavy metals to food. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem. 62:64.
5. Goodlaxson B, Curtzwiler G, Vorst K (2017) Evaluation of methods for determining heavy metal content in polyethylene terephthalate food packaging. J. Plastic Film Sheet. 34(2).
6. MAPA (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación) (2018) Informe del consumo alimentario en España. Madrid, España.
7. Christophoridisa C, Kosmaa A, Evgenakisa E, Bourlivab A, Fytianosa K (2019) Determination of heavy metals and health risk assessment of cheese products consumed in Greece. J. Food Comp. Anal. 82.
8. Jo G, Todorov TI (2019) Distribution of nutrient and toxic elements in brown and polished rice. Food Chem. 299-307.
9. Salama AK, Radwan MA (2005) Heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) contents in some foodstuffs from the Egyptian market. Emir. J. Agric. Sci. 2005. 17 (1): 34-42
10. Musaiger AO, Al-Jedah JH, D'Souza R (2007) Nutrient composition of foods provided by school canteens in Bahrain. Nutr. Food Sci. 37(4):246-253



11. Park S, Lee BK (2013) Strong positive association of traditional Asian-style diets with blood cadmium and lead levels in the Korean adult population. *Int. J. Environ. Health Res.* 23(6):531–543.
12. Abu-Almaaly RA (2019) Study the contamination of some chemical pollutants in hot foods stored in plastic bags and containers. *Iraq. J. Agric. Sci.* 50(3): 879- 885.
13. Monteiro CA, Moubarac JC, Cannon G, Ng SW, Popkin B (2013) Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Rev.* 14(S 2): 21–28.
14. Wang H, Fan W (2011) Study on the Content of Aluminium and Heavy Metals in Puffed Food by ICP- AES with Microwave Digestion. *Int. Conf. New Tech. Agric.*
15. Buculei A, Amariei S, Oroian M, Gutt G, Gaceu L, Birca A (2013) Metals migration between product and metallic package in canned meat. *LWT Food Sci. Technol.* 1-11.
16. Uluozlu OD, Tuzen M, Mendil D, Soylak M (2008) Assessment of trace element contents of chicken products from turkey. *J. Hazard. Mat.* 982–987.
17. Demirezen D, Uruc K (2006) Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products. *Meat Sci.* 255–260.
18. Alturiqi AS, Albedair LA (2012) Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. *Egypt. J. Aqua. Res.* 38: 45–49.
19. de Souza Ramos B, Abreu Pestana I, Caldas D, Silva Azevedo L, Gomes Almeida M, Magalhães de Souza CM (2019) Exposure to toxic and essential trace elements through the intake of processed and meat cuts (beef and chicken) in southeastern Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 191:477.
20. Dashti B, Al-Awadi F, AlKandari R, Ali A, Al-Otaibi J (2003) Macro- and microelements contents of 32 Kuwaiti composite dishes. *Food Chem.* 331–337.
21. Demirbas A (1999) Proximate and heavy metal composition in chicken meat and tissues. *Food Chem.* 27-31.



22. Luo J, Taylor C, Nebl T, Ng K, Bennett LE (2018) Effects of macro-nutrient, micro-nutrient composition and cooking conditions on in vitro digestibility of meat and aquatic dietary proteins. *Food Chem.* 292-301.
23. Ysart G, Miller P, Croasdale M, Crews H, Robb P, Baxter M, De L'Argy C, Harrison N (2000) 1997 UK Total Diet Study dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc, *Food Addit. Contam.* 17(9): 775-786.
24. Mir-Marqués A, Cervera ML, de la Guardia M (2012) A preliminary approach to mineral intake in the Spanish diet established from analysis of the composition of university canteen menus. *J. Food Comp. Anal.* 27: 160–168.
25. Cámara F, Amaro MA, Barberá R, Clemente G (2004) Bioaccessibility of minerals in school meals: Comparison between dialysis and solubility methods. *Food Chem.* 481–489.
26. Biego GH, Joyeux M, Hartemann P, Debry G (1998) Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in France. *Sci. Total Environ.* 27-36.
27. ACSA (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria) (2017) Elementos traza en los alimentos. Estudio de dieta total en Cataluña. Agencia de Salud Pública de Cataluña, España.
28. Moreira DCF, de Sá JSM, Cerqueira IB, Oliveira APF, Morgano MA, Quintaes KD (2013) Evaluation of iron, zinc, copper, manganese and selenium in oral hospital diets. *Clin. Nutr.* 33(5): 808-14.
29. Millour S, Noël L, Chekri R, Vastel C, Kadar A, Sirot V, Leblanc JC, Guérin T (2012) Strontium, silver, tin, iron, tellurium, gallium, germanium, barium and vanadium levels in foodstuffs from the Second French Total Diet Study. *J. Food Comp. Anal.* 108–129.
30. FDA (Food Drug Administration) (2014) Total Diet Study Elements Results Summary Statistics – Market Baskets 2006 through 2013. US Food and Drug Administration, Estados Unidos.
31. Turconi G, Minoia C, Ronchi A, Roggi C (2008) Dietary exposure estimates of twenty-one trace elements from a Total Diet Study carried out in Pavia, Northern Italy. *British J. Nutr.* 101:1200–1208.



32. Padrón Acuña P (2018) ¿Presentan riesgo tóxico por metales los productos usados por los vegetarianos estrictos? Trabajo de Fin de Máster, Universidad de La Laguna, España.
33. Naseri M, Vazirzadeh A, Kazemi R, Zaheri F (2014) Concentration of Some Heavy Metals in Rice Types Available in Shiraz Market and Human Health Risk Assessment. Food Chem. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.109>
34. Jiang Q, Wang J, Li M, Liang X, Dai G, Hu Z, Wen J, Huang Q, Zhang Y (2015) Dietary exposure to aluminium of urban residents from cities in South China. Food Addit. Contam. PA 30(4): 698-704.
35. Millour S, Noël L, Chekri R, Vastel C, Kadar A, Sirot V, Leblanc JC, Guéri T (2011) Pb, Hg, Cd, As, Sb and Al levels in foodstuffs from the 2nd French total diet study. Food Chem. 1787–1799.
36. Lopez FF, Cabrera C, Lorenzo ML, Lopez MC (2002) Aluminum levels in convenience and fast foods: in vitro study of the absorbable fraction. Sci. Total Environ. 69–79
37. FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética) (2010) Ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la población española. Act. Diet. 14: 196–197.
38. Rodríguez Marín, MN (2015) Estudio del contenido de metales pesados en músculo e hígado de las especies porcina y bovina, sacrificados en la isla de La Palma, Canarias. Memoria de Tesis doctoral. Universidad de La Laguna, España.
39. AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición) (2006) Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, España.
40. Avegliano RP, Maihara VA, da Silva FF (2011) A Brazilian total diet study: evaluation of essential elements. J. Food Comp. Anal. 24: 1009–1016.
41. FAO/WHO (1982) Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Copper. TRS 683-JECFA 26/31.
42. Feoktistova VL, Clark FY (2018) El metabolismo del cobre. Sus consecuencias para la salud humana. 16(4): 579-587.



43. EFSA (European Food Safety Authority) (2011) Statement on the evaluation of a new study related to the bioavailability of aluminium in food. EFSA J. 9: 2157.
44. OMS (Organización Mundial de la Salud) (2020) Cadmio. Disponible en: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/
45. EFSA (2012) Cadmium dietary exposure in the European population. EFSA J. 10(1): 2551.
46. EFSA (2010) Scientific opinion on lead in food. EFSA J. 8: 1570.





**TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN FARMACIA**

Macroelementos, elementos traza y metales tóxicos en comidas preparadas para microondas

ANEXO I : Datos sobre las muestras utilizadas en el estudio

MUESTRA	LOTE	ORIGEN	PESO NETO	INGREDIENTES	PREPARACIÓN
PLATOS PREPARADOS DE ORIGEN ANIMAL					
TORTILLA FRESCA DE PAPAS CON ACEITE DE OLIVA	(1) 200281 Y30807	Elaborados naturales de la Ribera. Aguilar del Río Alhama (La Rioja) MERCADONA	600 g	Papas (66%), huevo pasteurizado (30%), aceite de girasol y aceite de oliva virgen (1,5%)	Perforar el envase y calentar a 800 w de potencia durante 4 min (jugosa) o 7 min (cuajada)
ALBÓNDIGAS GUIADAS	(2) 00340 17:55 R 25	CASA MÁS ALIMENTACIÓN S.L. Polígono industrial el Vapor. Nave B-1, B-22 08183 Castelltercol (Barcelona) España MERCADONA	275 g	Albóndigas fritas 60% (carne de cerdo, carne de ternera, harina de trigo, pan rallado), leche, huevo, aceite de girasol, fibra de trigo, caldo de pollo, salsa, vino blanco, caldo de pollo, ajo, laurel, espesante (fosfato de dialmidón hidroxipropilado), sal, conservantes: sorbato potásico y ácido ascórbico, colorante: caramelo amónico.	Microondas. Pinchar el film repetidamente y calentar a máxima potencia (800W) durante 3 minutos en el microondas.
ROLL DE POLLO RELLENO DE JAMÓN Y QUESO	(3) L090152 R23/02/20 (4) L020105 R 27/03/20	ELABORADO POR: CINCO TENEDORES S.L POLÍGONO INDUSTRIAL MASIA DEL JUEZ, C/GELATERS 16-20 46909 TORRENT (VALENCIA) COMPRADO EN MERCADONA.	375 g	Carne de pollo 30%, agua, carne de pollo 16%, queso 9%, jamón cocido sabor ahumado 7%, conservador, almidón de patata, leche desnatada en polvo, sal, dextrosa, estabilizante, aroma, especias, antioxidante, vegetales deshidratados (cebollina y zanahoria), champiñón en polvo, tripa de colágeno de vacuno, colorante y aroma a humo	Retirar del envase y de la malla. Lanchear en frío y calentar dos minutos al microondas, en sartén o horno. 2 min. 800 W microondas.
PLATOS PREPARADOS DE ORIGEN VEGETAL					
HAMBURGUESAS VEGETALES	(5) EP00386	Producido en Italia por KIONE SPA a socio único. Vía Caltana 55 35010 Villanova di Camposampiero Padova (Italia) Mercadona (22/02/20)	4 x 50 g	Espinacas 30%, aceite de semillas de girasol 15%, harina de soja reestructurada y rehidratada, harina de trigo, guisantes 9%, patatas, gluten de trigo, proteína de soja, harina de arroz, almidón de tapioca, cebolla, fibra de guisante, almidón, sal, plantas aromáticas, conservador: sorbato potásico, levadura de cerveza. Puede contener apio.	Horno: retirar el producto de su embalaje. Precalentar horno y cocinar a 180°C en modo estático. 6 minutos si se preparan 2 hamburguesas , girándolas a media cocción.



TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN FARMACIA

Macroelementos, elementos traza y metales tóxicos en comidas preparadas para microondas

ARROZ REDONDO	(6) L017201 3	Fabricado por: PLATOS TRADICIONALES S.A Polígono industrial El Rincón. Buñol (Valencia) España. Mercadona	250 g	Arroz cocido (98%): arroz y agua; aceite de oliva (0,9%) y sal.	Microondas: 1. Separar la bandeja en dos unidades. Abrir ligeramente (1 cm) el film del envase por una esquina 2. Calentar el microondas 1 minuto a 800W. 3. Retirar el film y verter en un plato.
PASTA RELLENA	(7) LV 004 E	Fabricado por Bertagni 1882 Spa- Viale Sant'Agostino 12/13- 36057 Arcugnano (Vicenza)- Italia	250 g	Pasta (52%): harina de trigo blando, huevo 21%, sémola de trigo duro, agua Relleno (48%): puré de patatas (agua, leche semidesnatada, copos de patatas, aceite de semillas de girasol, mantequilla(leche), sal), salsa con albahaca 20%, pan rallado, queso rallado, suero de leche en polvo, aceite de semillas de girasol 5%, lactosa, almidón de maíz y fibra de patatas y sal.	
PURÉ	(8) 034 11:47 L2	MERCADONA LA LÍNEA VERDE SOCIETÀ AGRÍCOLA S.p.A Vía artigianale 49 25025 Manerbio (BS), Italia.	350 g	Agua, calabaza 24%, zanahoria 17%, patata, puerro, jugo de soja (agua, semilla de soja, libre OGM, sal), aceite de oliva, azúcar, sal, especias, aroma natural. Puede contener trazas de cereales con gluten, fruta de cáscara, leche, apio y huevo. Sin conservantes ni colorantes.	Microondas: separar el cuenco del cartón, perforar la tapa y calentar en el microondas a máxima potencia (no en opción grill) durante 2 minutos. En cazuela y en frío también.
PLATOS PREPARADOS DE ORIGEN MIXTO	LOTE	ORIGEN	PESO NETO	INGREDIENTES	PREPARACIÓN
PIZZA	(9) 0032AM	MERCADONA Fabricado por: Casa Tarradellas S.A N-152 Km 70, CP 08503	440 g	Harina de trigo, queso mozzarella (20%), jamón (20%), agua, tomate, aceite de girasol, sal, lactosa, dextrosa, levadura, estabilizantes (trifosfato pentasódico, carragen), aroma, especias, orégano, antioxidante (ascorbato sódico), conservador (nitrito sódico).	1.Precalentar al horno a 220°C durante 8-10 minutos. 2.Retirar el envoltorio de plástico. 3. Colocar la pizza en la rejilla del horno a media altura. 4. Cocerla durante 5-8 minutos aproximadamente.
LASAÑA	(10) 058D32 R15	MERCADONA. Platos tradicionales S.A. Polígono industrial El rincón Buñol (Valencia) España.	350 g	Ingredientes: salsa boloñesa (50%): mezcla de carne de vacuno y porcino (35%), tomate (35%) (tomate y corrector de acidez (ácido cítrico)), agua, cebolla (4,7%), almidón de arroz, aceite de oliva, azúcar, sal, ajo (ajo, sal, corrector de acidez (ácido cítrico)),	MODO DE PREPARACIÓN: Retirar el fajín y el film de la barqueta, meterla en el microondas y calentarla durante 3-4 minutos a máxima potencia.



TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FARMACIA

Macroelementos, elementos traza y metales tóxicos en comidas preparadas para microondas

				<p>albahaca, orégano, pimienta negra y romero; Bechamel (31%): agua, leche, harina de trigo, mantequilla, sal, nuez moscada y pimienta blanca; pasta (13%): sémola de trigo, huevo y agua; Mezcla de quesos (6%): mezcla de quesos mozzarella, cheddar y emmental.</p>	
--	--	--	--	--	--