

Análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña:

análisis de contaminantes, elementos esenciales, estado microbiológico y fisico-químico, estimación de la ingesta dietética y evaluación de riesgos para la salud.



Análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña:

análisis de contaminantes, elementos esenciales, estado microbiológico y fisicoquímico, estimación de la ingesta dietética y evaluación de riesgos para la salud.

Aprobado por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria en junio de 2023

Miembros del Comité Científico Asesor: Marta Barenys Espadaler, Albert Bosch Navarro, Sara Bover Cid, Joaquim Castellà Espuny, Mariano Domingo Álvarez, M. Teresa Dordal Culla, Santiago Lavín González, Abel Mariné Font, Martí Nadal Lomas, José Juan Rodríguez Jerez, Jordi Salas-Salvadó, Vicent Sanchis Almenar, Jordi Serratosa Vilageliu, Antonio Velarde Calvo y M. Carmen Vidal Carou (presidenta).

Grupo de trabajo: Martí Nadal Lomas*, Nieves González Paradell*, Victòria Castell Garralda**, Laura Alcalde Sanz**, Josep Calderón***, Sara Sabaté***.

*: Instituto de Investigación Sanitaria Pere Virgili - Universidad Rovira i Virgili (IISPV-URV)

** : Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

***: Agencia de Salud Pública de Barcelona

Diseño gráfico y maquetación:

www.cordegat.com

Algunos derechos reservados

© 2023, Generalitat de Catalunya. Departamento de Salud.



Los contenidos de esta obra están sujetos a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional.

La licencia se puede consultar en la página web de [Creative Commons](https://creativecommons.org/).

Edita:

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria
Barcelona, julio de 2023.

Asesoramiento lingüístico:

Servicio de Planificación Lingüística del Departamento de Salud

URL: acs@gen.cat

Este informe refleja el punto de vista de los autores y del Comité Científico Asesor, pero no refleja necesariamente el punto de vista de la institución para la cual trabajan.

Índice

Resumen	2
Abstract	3
1. Introducción	4
2. Objetivos	5
3. Metodología del estudio	6
3.1. Selección de alimentos	6
3.2. Selección de contaminantes y elementos esenciales	7
3.2.1. Determinación analítica de contaminantes y elementos esenciales	8
3.3. Caracterización fisicoquímica: ph y actividad de agua	9
3.4. Microorganismos patógenos e indicadores	9
3.4.1. Detección de <i>Salmonella spp.</i>	9
3.4.2. Detección de <i>Listeria monocytogenes</i>	9
3.4.3. Cuantificación microbiológica	9
3.5. Estimación de la exposición	10
3.6. Tratamiento estadístico de los resultados	13
4. Resultados	14
4.1. Niveles de contaminantes en análogos cárnicos de base vegetal	14
4.2. Niveles de elementos esenciales en análogos cárnicos de base vegetal	18
4.3. Estimación de la exposición y evaluación del riesgo	20
4.3.1. Contaminantes	20
4.3.2. Elementos esenciales	26
4.4. Microorganismos indicadores y patógenos	27
4.5. Caracterización fisicoquímica	27
5. Conclusiones	29
6. Referencias	30
7. Anexos	32
Anexo I. Concentración de contaminantes y elementos esenciales en muestras individuales de análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña	32
Anexo II. Detección y recuento de microorganismos indicadores y patógenos en muestras de análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña	35

Resumen

El último barómetro de la seguridad alimentaria en Cataluña realizado por la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA) en el 2021 muestra que el 28,7% de la población consume productos análogos (sustitutivos) de la carne. Los principales motivos de consumo de este tipo de alimentos son el bienestar animal, seguido por motivos medioambientales y de salud. A causa del aumento de la demanda de análogos cárnicos de base vegetal, el número de este tipo de productos disponibles en el mercado también ha aumentado. Actualmente, sin embargo, hay una falta de conocimiento en relación con la composición de los productos análogos cárnicos y de su impacto en la salud humana.

En este contexto, se consideró necesario complementar el primer informe del Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria del ACSA con el presente estudio, más específico, sobre el contenido de contaminantes y elementos esenciales, varios parámetros microbiológicos y características fisicoquímicas en análogos cárnicos de base vegetal para evaluar la exposición de la población de Cataluña y los posibles riesgos para la salud.

Los resultados indican que los niveles de elementos esenciales (Ca, Cr, Fe y Zn) y de contaminantes (As, Cd, Hg, Pb y Ni) de los análogos cárnicos de base vegetal son mayoritariamente del mismo orden de magnitud que los observados en los productos cárnicos evaluados en los estudios de dieta total.

La ingesta dietética estimada para los grupos de población evaluados presenta valores muy inferiores a los valores de seguridad toxicológica establecidos para los diferentes contaminantes. Sólo en relación con el níquel la evaluación del riesgo con respecto a la dermatitis de contacto sistémica podría indicar un posible problema de salud para las personas sensibilizadas a este metal.

La ingesta dietética estimada de elementos esenciales asociada al consumo de una ración (100 g) de los análogos cárnicos hamburguesas, o salchichas, o albóndigas o tiras vegetales representa entre un 6,9 y un 67,7% de los valores de ingesta diaria recomendada establecidos.

Del total de muestras evaluadas, se ha detectado presuntamente *Salmonella* spp. en 6 muestras. *Listeria monocytogenes* se ha detectado por PCR en 3 muestras; la cuantificación ha sido siempre inferior a 10 ufc/g.

Las características fisicoquímicas han presentado unos valores muy similares en todas las muestras de análogos cárnicos. Los valores de actividad de agua y pH observados favorecen el crecimiento de microorganismos. Para garantizar la seguridad de los productos es importante que se destaque en el etiquetado la necesidad de someter el alimento a un tratamiento térmico completo previamente al consumo.

Palabras clave

Análogos cárnicos de base vegetal, contaminantes, elementos esenciales, microorganismos, características fisicoquímicas, exposición, riesgo para la salud.

Abstract

The latest barometer of food safety in Catalonia conducted by the Catalan Food Safety Agency (ACSA for its initials in Catalan) in 2021 shows that 28.7% of the population consumes meat analogues (substitutes). The main reasons for consuming this type of food are animal welfare, followed by environmental and health reasons. Due to the increasing demand for plant-based meat analogues, the number of such products available on the market has also increased. Currently, however, there is a lack of knowledge regarding the composition of meat analogue products and their impact on human health.

In this context, it was deemed necessary to complement the first report by the ACSA Scientific Advisory Committee on Food Safety with the present and more specific study on the content of contaminants and essential elements, several microbiological parameters and physico-chemical characteristics of plant-based meat analogues in order to assess the population of Catalonia's exposure to their potential health risks.

The results indicate that the content of essential elements (Ca, Cr, Fe and Zn) and contaminants (As, Cd, Hg, Pb and Ni) in the plant-based meat analogues are mostly of the same order of magnitude as those observed in the meat products evaluated in the total diet studies.

The estimated dietary intakes for the evaluated population groups show values well below the toxicological safety values established for the different contaminants. Only for nickel could the risk assessment with regard to systemic contact dermatitis indicate a potential health problem for nickel-sensitised individuals.

The estimated dietary intake of essential elements associated with the consumption of one serving (100 g) of meat analogues hamburgers, or sausages, or meatballs or vegetable strips represents between 6.9 and 67.7% of the established recommended daily intake values.

Out of the total number of samples evaluated, "Salmonella spp." was detected in 6 samples. "Listeria monocytogenes" was detected by PCR in 3 samples; quantification was always lower than 10 cfu/g.

The physicochemical characteristics showed very similar values in all meat analogues samples. The observed water activity and pH values favour the growth of microorganisms. To ensure the safety of products it is paramount that the need to subject the food to a complete heat treatment prior to consumption is highlighted on the labelling.

Keywords

Plant-based meat analogues, contaminants, essential elements, microorganisms, physicochemical characteristics, exposure, health risk.

1. Introducción

Los últimos años ha aumentado el interés de la población en el consumo de productos alternativos a la carne y sus derivados de base vegetal. Según el informe *The Green Revolution* (Lantern, 2021), en el año 2017 un 7,8% de la población española se consideraba veggie (suma de veganos, vegetarianos y flexitarianos). Dos años después, este porcentaje se situaba en un 9,9%, lo que suponía un aumento del 27%. En la tercera y más reciente edición del estudio del año 2021, este porcentaje se había incrementado un 34%, hasta situarse en un 13% de la población.

El último barómetro de la seguridad alimentaria en Cataluña realizado por la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA) muestra que el 28,7% de la población consume productos análogos (sustitutivos) de la carne, como los preparados vegetales sustitutivos de hamburguesas, salchichas, albóndigas o embutido, y que la frecuencia de consumo se sitúa casi en el 50% entre los que consumen un mínimo de una vez por semana y los que lo hacen una o dos veces al mes. Los principales motivos de consumo de este tipo de alimentos son el bienestar animal (41,1%), seguido por motivos medioambientales (33,4%) y porque son considerados más sanos (31,8%) (ACSA, 2022). A causa del aumento de la demanda de análogos de la carne basados en alimentos vegetales, el número de este tipo de productos disponibles en el mercado también ha aumentado. Actualmente, sin embargo, hay una falta de conocimiento en relación con la composición de los productos análogos cárnicos, y un limitado número de estudios científicos enfocados a investigar su impacto en la salud humana. Esta situación hizo que el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria (CCASA) del ACSA considerara interesante redactar un informe sobre la evaluación de los ingredientes de los productos análogos cárnicos de base vegetal disponibles en el mercado catalán a partir de la información presente en la etiqueta, comparando su composición con la de los productos cárnicos equivalentes (ACSA, 2023).

Este informe puso de manifiesto que los análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña presentan una gran variabilidad de ingredientes y formulaciones utilizadas en su elaboración, incluso entre productos que pertenecen a la misma categoría.

Paralelamente, se consideró necesario complementar el primer informe con el presente estudio, más específico, sobre el contenido de contaminantes y elementos esenciales, varios parámetros microbiológicos y características fisicoquímicas en análogos cárnicos de base vegetal para evaluar la exposición de la población de Cataluña a los riesgos para la salud que pueden estar presentes en este tipo de alimentos.

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es evaluar el contenido de contaminantes y elementos esenciales, las características fisicoquímicas y determinar microorganismos indicadores y patógenos en análogos cárnicos de base vegetal disponibles en el mercado catalán. Los datos obtenidos se utilizarán para estimar la exposición de la población catalana a contaminantes y elementos esenciales a través de estos alimentos y evaluar los riesgos para la salud.

Con el fin de alcanzar este objetivo general, se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las concentraciones de los siguientes contaminantes: arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb) y níquel (Ni).
- Analizar las concentraciones de los siguientes elementos esenciales: calcio (Ca), cromo (Cr), hierro (Fe) y cinc (Zn).
- Determinar las características fisicoquímicas siguientes: pH y actividad de agua.
- Evaluar las condiciones higienicosanitarias mediante el análisis de los siguientes microorganismos patógenos e indicadores: *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, microorganismos aerobios a 30° C, *Clostridium perfringens* y *Bacillus cereus*.
- Estimar el nivel de exposición de la población de Cataluña a los contaminantes y elementos esenciales derivados del consumo de análogos cárnicos.
- Evaluar el riesgo que representa la exposición a contaminantes considerando los valores de seguridad toxicológica establecidos.

3. Metodología del estudio

3.1. Selección de alimentos

Después de realizar un estudio de mercado de los productos análogos cárnicos de base vegetal comercializados en diferentes tipologías de establecimientos alimentarios, se identificaron las categorías siguientes:

1. Hamburguesas de base vegetal.
2. Salchichas de base vegetal.
3. Nuggets (delicias de pollo) de base vegetal.
4. Embutido de base vegetal.
5. Albóndigas de base vegetal.
6. Tiras veganas de base vegetal.

De cada una de las seis categorías de alimentos se adquirieron 15 productos, un total de 90 muestras (productos). Los productos alimenticios se compraron en diferentes supermercados, hipermercados y comercios al detalle de alimentación de las ciudades de Reus y Tarragona.

Los productos adquiridos se caracterizaron en función de los ingredientes, según la información presente en la etiqueta de cada producto. Del total de productos, el 58% estaban compuestos, principalmente, por legumbres (como soja, guisantes o lentejas). El 28% de los alimentos contenían, como ingrediente principal, algún cereal, como trigo, arroz o quinoa (pseudocereal). El resto de los alimentos (14%) estaban compuestos por otros ingredientes, como leche, espinacas o huevo, algunos de ellos de origen animal.

La mayoría (64%) de los alimentos que contenían cereales como componente principal eran trigo y derivados, como el seitán, la harina de trigo o el almidón de trigo. Por otra parte, un 12% de los alimentos estaban compuestos por arroz o bulgur; un 8%, por quinoa, y un 4%, por alforfón. Por último, dentro de los alimentos compuestos por legumbres, la soja fue el ingrediente mayoritario (75%), y de este porcentaje, la mayoría se encontraba en forma de proteína de soja. Otro 21% tenían como ingrediente principal la proteína de guisante. Las lentejas y los garbanzos eran el ingrediente principal del 2% de las muestras, aproximadamente.

Estas características de composición son muy similares a los datos descritos en el informe del ACSA sobre la composición de los análogos cárnicos (ACSA, 2023).

3.2. Selección de contaminantes y elementos esenciales

La selección de contaminantes y elementos esenciales se realizó atendiendo a criterios normativos, de toxicidad y de investigación.

Contaminantes

Los contaminantes inorgánicos seleccionados fueron arsénico (As), cadmio (Cd), níquel (Ni), mercurio (Hg) y plomo (Pb) por su reconocida toxicidad. Estos contaminantes han sido analizados en todos los estudios de dieta total realizados por el ACSA.

En este estudio también se incluyó el análisis del níquel, teniendo en consideración la última opinión científica de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), en la que actualiza la evaluación del riesgo de níquel en alimentos y agua potable teniendo en cuenta los nuevos datos de ocurrencia y la información científica recientemente disponible (EFSA, 2020) y donde establece por primera vez valores de seguridad para la ingesta dietética de níquel (tabla 4).

En esta línea, la EFSA también determinó que la categoría “Legumbres, frutos secos y semillas oleaginosas”, en particular para las habas de soja, harina de soja, castañas y anacardos, presentaron las concentraciones medias más altas de níquel. De acuerdo con la opinión de la EFSA, los alimentos con alto contenido de níquel son mayoritariamente de origen vegetal, como legumbres, productos a base de soja y frutos secos, en comparación con alimentos de origen animal como la carne, el pescado y la miel, que tienen concentraciones más bajas de níquel (EFSA, 2020).

Un informe del Comité Científico de la Agencia de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo asociado con la presencia de níquel en alimentos para población sensibilizada a este metal también concluye que los alimentos que constituyen la principal fuente de exposición al níquel para la población en general son los cereales (arroz), leguminosas, cacao, té y vegetales de hoja verde (AESAN, 2021).

Elementos esenciales

Los elementos esenciales seleccionados fueron calcio (Ca), cromo (Cr), hierro (Fe) y cinc (Zn), teniendo en consideración la presencia de estos elementos en los ingredientes principales de los análogos cárnicos de base vegetal evaluados.

Las fuentes de alimentos ricas en calcio incluyen productos lácteos, verduras seleccionadas (como espinacas, verdolaga, acelgas, escarolas y brócoli), legumbres, frutos secos, pescados de huesos blandos (por ejemplo, sardinas en conserva) y alimentos enriquecidos con calcio (EFSA, 2015a).

El cromo es omnipresente en la dieta. Los alimentos ricos en cromo incluyen carne y productos cárnicos, aceites y grasas, pan y cereales, pescado, legumbres y especias (EFSA, 2014a). La evaluación del cromo en este estudio se limita al cromo trivalente (Cr (III)), ya que es la forma de cromo que se encuentra naturalmente en los alimentos (EFSA, 2014a).

Los alimentos que contienen concentraciones relativamente altas de hierro incluyen carne, pescado, cereales, judías, frutos secos, yemas de huevo, verduras de color verde oscuro y patatas. También hay pequeñas cantidades de hierro hem en algunas plantas y hongos (EFSA, 2015b).

La carne, las legumbres, los huevos, el pescado y los cereales y los productos a base de granos son fuentes ricas de cinc en la dieta. Los principales grupos de alimentos que contribuyen a la ingesta de cinc fueron la carne y los productos cárnicos, los cereales y los productos a base de cereales, y la leche y los productos lácteos (EFSA, 2014b).

3.2.1. Determinación analítica de contaminantes y elementos esenciales

Las muestras se acondicionaron y enviaron al Laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB), donde se llevaron a cabo los análisis.

Para el análisis de contaminantes y elementos esenciales se pesaron 0,5 g de muestra en un tubo de cuarzo, se añadieron 4 ml de una mezcla con ácido nítrico 22% y 0,25 ml de peróxido de hidrógeno 30%. A continuación, se digirió en microondas UltraWave a 200° C durante 35 minutos. Una vez digerida, la solución se enrasó a un volumen final de 30 ml con agua tipo I. Cada una de las muestras se analizó por ICP-MS 7900 de Agilent, utilizando patrón interno para corregir efectos matriz. La cuantificación se realizó por recta externa. Y se analizó también una solución patrón diferente de los patrones utilizados en la recta de calibración. En cada secuencia se analizan muestras adicionadas o de referencia en que se evalúa la exactitud y la precisión, y se participa periódicamente en ejercicios interlaboratorio. La **tabla 1** muestra los límites de cuantificación, las masas de los elementos analizados y el patrón interno utilizado para cada uno.

Tabla 1.
Límites de cuantificación, masas y patrones internos de los elementos analizados.

Alimento	Límite de cuantificación (mg/kg)	Masa (m/z)	Patrón interno
Fe	0,500	56	45 Sc
Zn	1,00	66	72 Ge
As	0,020	75	125 Te
Cd	0,0080	111	103 Rh
Cr	0,020	52	45 Sc
Ni	0,050	60	45 Sc
Pb	0,020	206+207+208	209 Bi
Hg	0,0080	201	209 Bi
Ca	75	44	45 Sc

3.3. Caracterización fisicoquímica: pH y actividad de agua

Para la determinación de pH, se trituró y homogeneizó la muestra y, por cada pesada, se hizo una dispersión 1 a 10, es decir, 1 parte de muestra y 9 partes de agua purificada y sin CO₂ con el homogeneizador Ultraturax. Seguidamente, se midió el pH de la dispersión a 20° C. El control de calidad se llevó a cabo calibrando el electrodo con patrones de pH 4, 7 y 10. Después se verificó la calibración con unos patrones de pH dentro del rango, a pH 2, 6 y 9. Además, se hizo un control de la precisión haciendo un duplicado de una de las muestras analizadas. Por último, también se realizó un control de exactitud con muestras interlaboratorio.

La actividad de agua (Aw) de las muestras se determinó a 25° C en un medidor de actividad de agua LabMaster Neo (Novasina-AG, Lachen, Suiza) siguiendo el procedimiento descrito en la Norma ISO 18787:2017.

3.4. Microorganismos patógenos y indicadores

3.4.1. Detección de *Salmonella* spp.

La detección de *Salmonella* spp. se hizo utilizando el método alternativo iQ-Check Salmonella II PCR Detection kit (Bio-Rad, Hercules, CA) siguiendo las instrucciones del productor. Veinticinco gramos de cada muestra se enriquecieron 1/10 en agua de peptona tamponada, homogeneizada en una batidora Stomacher® e incubada durante 20-22 h a 37 ± 1° C. Para el análisis de cribado se utilizó el método PCR. La reacción se llevó a cabo en un termociclador CFX96 (Bio-rad, Hercules, CA, EE.UU.). El aislamiento de las cepas de *Salmonella* de muestras positivas por PCR se hizo según la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) 6579-1:2017/AMD 1:2020. Los caldos selectivos se rayaron en placas de medios selectivos agar desoxicolato de xilosa lisina (XLD) (Oxoid, Hampshire, Reino Unido) y agar ASAP (bioMérieux, Marcy l'Etoile, Francia).

3.4.2. Detección de *Listeria monocytogenes*

La detección de *Listeria monocytogenes* se hizo utilizando el método alternativo iQ-Check *Listeria monocytogenes* II PCR Detection kit (Bio-Rad, Hercules, CA) siguiendo las instrucciones del productor. Veinticinco gramos de cada muestra se enriquecieron 1/10 *Listeria* Special Broth (LSB) (Bio-Rad, Hercules, CA), homogeneizada en una batidora Stomacher® e incubada durante 24-26 h a 30 ± 1° C. Para el análisis de cribado se utilizó el método PCR. La reacción se llevó a cabo en un termociclador CFX96 (Bio-rad, Hercules, CA, EE.UU.). El aislamiento de las cepas de *Listeria monocytogenes* de muestras positivas por PCR se hizo según la Norma ISO 11290-1:2017. El caldo selectivo se rayó en agar de placas de medio selectivo *Listeria* Ottaviani y Agosti (ALOA®) (bioMérieux, Marcy l'Etoile, Francia).

3.4.3. Cuantificación microbiológica

Para la cuantificación microbiológica, se muestrearon 10 g y se diluyeron 1/10 con agua de peptona tamponada.

El recuento total de microorganismos aerobios a 30° C se hizo según el procedimiento descrito en la Norma ISO 4833-1:2013. El agar para el aislamiento de colonias fue el agar de recuento de placas (PCA) (Oxoid, Hampshire, Reino Unido).

Para la cuantificación de *Escherichia coli* positiva en β -glucuronidasa se siguió la metodología alternativa descrita en AFNOR BIO-12/5-01/99. El agar para el aislamiento de colonias fue el agar selectivo ChromID coli (bioMeriéux, Marcy l'Etoile, Francia).

La cuantificación de *Listeria monocytogenes* se hizo según el procedimiento descrito en la Norma ISO 11290-2:2017(4). El agar para el aislamiento de colonias fue el agar ALOA®.

La cuantificación presuntiva de *Bacillus cereus* se hizo según el procedimiento descrito en la Norma ISO 7932:2004(5). El agar para el aislamiento de colonias fue el agar polimixina de yema de huevo Mannitol (MYP) (Oxoid, Hampshire, Reino Unido).

La cuantificación de *Clostridium perfringens* se hizo según el procedimiento descrito en la Norma ISO 7937:2004. El agar para el aislamiento de colonias fue el agar sulfito-cicloserina (SC) (Oxoid, Hampshire, Reino Unido).

3.5. Estimación de la exposición

A diferencia de otros alimentos convencionales, todavía no hay datos exhaustivos sobre el consumo de análogos cárnicos de base vegetal por parte de la población catalana. Consiguientemente, con el fin de estimar la ingesta dietética de contaminantes y elementos esenciales, se consideró que la población consume, por término medio, 100 g/día de análogos cárnicos de base vegetal para los siguientes tipos de análogos cárnicos: hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas y tiras vegetales. Este valor se estimó a partir del peso y número de unidades del producto y de la información facilitada en la etiqueta de los productos orientativa del número de raciones del envase.

En el caso del embutido vegetal, se estimó que una ración serían 40 g/día, por equivalencia con la ración de embutido consumida usualmente.

La estimación de la exposición dietética se hizo siguiendo las recomendaciones metodológicas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) utilizando la estratificación de la población por edades y pesos medios utilizadas en los estudios de dieta total (OMS, 2011) (tabla 2).

Tabla 2.

Grupos de población, intervalos de edad y peso corporal medio correspondiente (ACSA, 2020a).

Grupo de población	Intervalo de edad (años)	Peso corporal medio (kg)
Niños	3-9	24
Adolescentes	10-17	51
Adultos	18-39	72
Adultos	40-64	77
Adultos mayores de 65 años	65-74	70,5
Embarazadas	-	65

La estimación de la exposición como ingesta diaria estimada (IDE) se calculó para los contaminantes (As, Cd, Hg, Pb y Ni) utilizando la siguiente fórmula:

$$IDE = \frac{\Sigma (\text{concentración contaminante} \times \text{ingesta alimento})}{\text{peso corporal}}$$

La estimación de la exposición correspondiente a los elementos esenciales (Ca, Cr, Fe y Zn), dado que las recomendaciones de ingesta para estos elementos se refieren a cantidades diarias, se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$IDE = \Sigma (\text{concentración elemento esencial} \times \text{ingesta alimento})$$

La IDE estimada ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día o $\text{mg}/\text{día}$) se comparó con los valores toxicológicos de seguridad y los niveles de ingesta recomendados establecidos por la EFSA. Estos valores se muestran en las tablas 3 y 4.

Tabla 3.

Valors de seguretat toxicològica per ingesta dietètica de contaminants.

Compuesto	Parámetro	Valor establecido	Referencia
Arsénico	BMDL ₀₁	0,3 – 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día	EFSA, 2009a
Cadmio	IST	2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/setmana	EFSA, 2009b
Mercurio	IST	Mercurio inorgánico: 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana Metilmercurio: 1,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana	EFSA, 2012
Plomo	BMDL	BMDL ₀₁ : 0,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día ^a BMDL ₀₁ : 1,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día ^b BMDL ₁₀ : 0,63 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día ^c	EFSA, 2010
Níquel	IDT o LOAEL	IDT: 13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día ^d LOAEL: 4,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal ^e	EFSA, 2020

BMDL: "benchmark dose lower level", en inglés.

IST: ingesta semanal tolerable.

IDT: ingesta diaria tolerable.

LOAEL: nivel inferior sin observación de efectos adversos. ^aneurotoxicidad en el desarrollo; ^befectos en la presión sistólica; ^cefectos en la prevalencia de enfermedad renal crónica; ^driesgo crónico, pérdidas postimplantación; ^eriesgo agudo, dermatitis de contacto sistémica.

Tabla 4.**Niveles recomendados de ingesta de elementos esenciales.**

Compuesto	Parámetro	Valor establecido	Referencia
Calcio	INR	Bebés (0-6 meses): 300 mg/día Bebés (7-12 meses): 400 mg/día Niños (1-3 años): 600 mg/día Niños (4-5 años): 750 mg/día Niños (6-9 años): 800 mg/día Adolescentes (10-13 años): 1100-1150 mg/día Adolescentes (14-19 años): 1150 mg/día Adultos (20-59 años): 950 mg/día Adultos (>59 años): 1.000 mg/día Embarazadas: 1.000 mg/día	AESAN, 2019
Cromo (III)	INR	Bebés (0-6 meses): 0,2 µg/día Bebés (7-12 meses): 5,5 µg/día Niños (1-3 años): 11 µg/día Niños (4-5 años): 15 µg/día Niños (6-9 años): 15 µg/día Adolescentes (10-13 años): 21-25 µg/día Adolescentes (14-19 años): 24-35 µg/día Adultos (20-49 años): 25-35 µg/día Adultos (50-59 años): 25-30 µg/día Adultos (>59 años): 20-30 µg/día Embarazadas: 30 µg/día	AESAN, 2019
Hierro	INR	Bebés (0-6 meses): 4,3 mg/día Bebés (7-12 meses): 8 mg/día Niños (1-3 años): 8 mg/día Niños (4-5 años): 8 mg/día Niños (6-9 años): 10 mg/día Adolescentes (10-13 años): 11-15 mg/día Adolescentes (14-19 años): 11-15 mg/día Adultos (20-49 años): 9,1-18 mg/día Adultos (50-59 años): 9,1-15 mg/día Adultos (>59 años): 9-9,1 mg/día Embarazadas: 27 mg/día	AESAN, 2019
Cinc	INR	Bebés (0-6 meses): 2,8 mg/día Bebés (7-12 meses): 3 mg/día Niños (1-3 años): 4,1 mg/día Niños (4-5 años): 5,5 mg/día Niños (6-9 años): 6,5 mg/día Adolescentes (10-13 años): 8-9 mg/día Adolescentes (14-19 años): 9-11 mg/día Adultos (20-69 años): 8-11 mg/día Adultos (>69 años): 7-11 mg/día Embarazadas: 10 mg/día	AESAN, 2019

INR: Ingesta nutricional de referència.

La EFSA estableció valores de referencia dietéticos para los elementos esenciales analizados (EFSA, 2014b, 2015a, 2015b), excepto el cromo, ya que, después de evaluar los resultados de salud que pueden estar asociados con la ingesta de cromo, la EFSA concluyó que no había pruebas convincentes de su papel en el metabolismo y la fisiología humanas y que no había evidencia científica de efectos beneficiosos asociados con la ingesta de cromo en personas sanas, y estimó que no existía ningún fundamento para considerar el cromo III un elemento esencial (EFSA, 2014a). En este sentido, la EFSA no encontró adecuado el establecimiento de niveles de ingesta recomendados como ingesta adecuada (IA) o la ingesta de referencia para la población (IRP) para el cromo.

En el mismo informe, con relación al cromo, la EFSA recoge los valores de ingesta recomendada establecidos por varias autoridades nacionales, como las sociedades de nutrición de Alemania, Austria y Suiza, el Instituto de Medicina de los EE.UU. y la Agencia de Seguridad Alimentaria de Francia (EFSA, 2014a).

Más recientemente, el Comité Científico de la AESAN estableció valores de ingesta nutricional de referencia (INR) para varios elementos esenciales, incluyendo calcio, cromo, hierro y cinc (AESAN, 2019). Estos valores establecidos son los utilizados en este estudio.



3.6. Tratamiento estadístico de los resultados

El análisis estadístico de los resultados se realizó utilizando el software SPSS 25.0. El tratamiento estadístico de las concentraciones por debajo del límite de detección (LOD) se realizó asumiendo la aproximación *middle-bound*, según la cual, la concentración por debajo del LOD se considera la mitad del respectivo límite de detección ($\frac{1}{2}$ LOD).

4. Resultados

Los niveles de contaminantes y elementos esenciales presentes en los análogos cárnicos de base vegetal evaluados, la estimación de la exposición y evaluación del riesgo, y la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los análogos cárnicos se presentan a continuación.

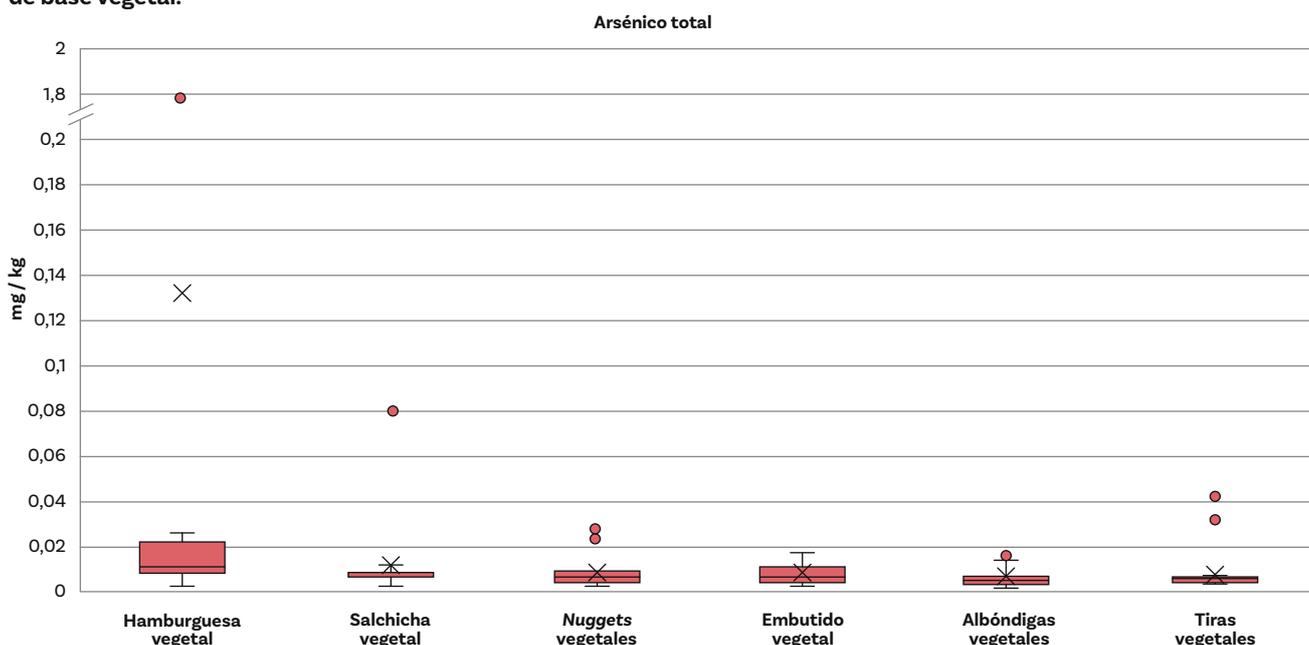
4.1. Niveles de contaminantes en análogos cárnicos de base vegetal

La concentración de los contaminantes analizados (As, Cd, Hg, Pb y Ni) en cada una de las muestras de análogos cárnicos de base vegetal se detalla en el [anexo I](#). Las concentraciones medias de los contaminantes en cada categoría de análogo cárnico se muestran en las [figuras 1, 2, 3 y 4](#).

Todos los contaminantes analizados se han detectado en el 100% de las muestras analizadas, con la única excepción del mercurio, que sólo se ha detectado en una de las muestras analizadas, y con un valor de 0,003 mg/kg, muy cerca del límite de detección (0,002 mg/kg). Por lo tanto, este elemento se ha excluido del análisis estadístico y de los cálculos de exposición.

Figura 1.

Diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de arsénico total en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.



Los valores promedio más elevados de arsénico total se han observado en las muestras de hamburguesa vegetal (0,132 mg/kg) (figura 1). El resto de grupos analizados presentan niveles muy similares entre sí: 0,012 mg/kg en salchicha, 0,008 mg/kg en delicias de pollo, 0,009 mg/kg en embutido, 0,007 mg/kg en albóndigas y 0,009 mg/kg en tiras vegetales.

El valor promedio de las hamburguesas vegetales se debe a una muestra que presenta un valor individual de 1,79 mg/kg, dos órdenes de magnitud más elevadas que el resto de muestras. Esta muestra contenía, como ingredientes, alga kombu y alga nori.

Las algas son organismos acumuladores primarios de arsénico, y según el estudio realizado por el ACSA sobre la evaluación del riesgo de la presencia de metales pesados y yodo en algas (ACSA, 2020b), todas las especias analizadas contienen arsénico, mayoritariamente en forma orgánica. El alga kombu es la segunda especie que presenta una concentración más elevada de arsénico total, mayoritariamente en forma orgánica.

En esta muestra de hamburguesa vegetal, a causa del elevado valor de arsénico total, se ha realizado una especiación para determinar la concentración de arsénico inorgánico. La concentración de arsénico inorgánico ha sido 0,010 mg/kg, valor dos órdenes de magnitud más baja con respecto al contenido de arsénico total (1,79 mg/kg).

Si se excluye esta muestra del tratamiento estadístico, la concentración media de arsénico total en hamburguesa vegetal se reduciría hasta un nivel medio de 0,013 mg/kg, valor de la orden de los otros productos evaluados. Consiguientemente, la concentración media de arsénico total en los análogos cárnicos de base vegetal sería de entre 0,007 y 0,013 mg/kg, con un valor promedio de 0,010 mg/kg.

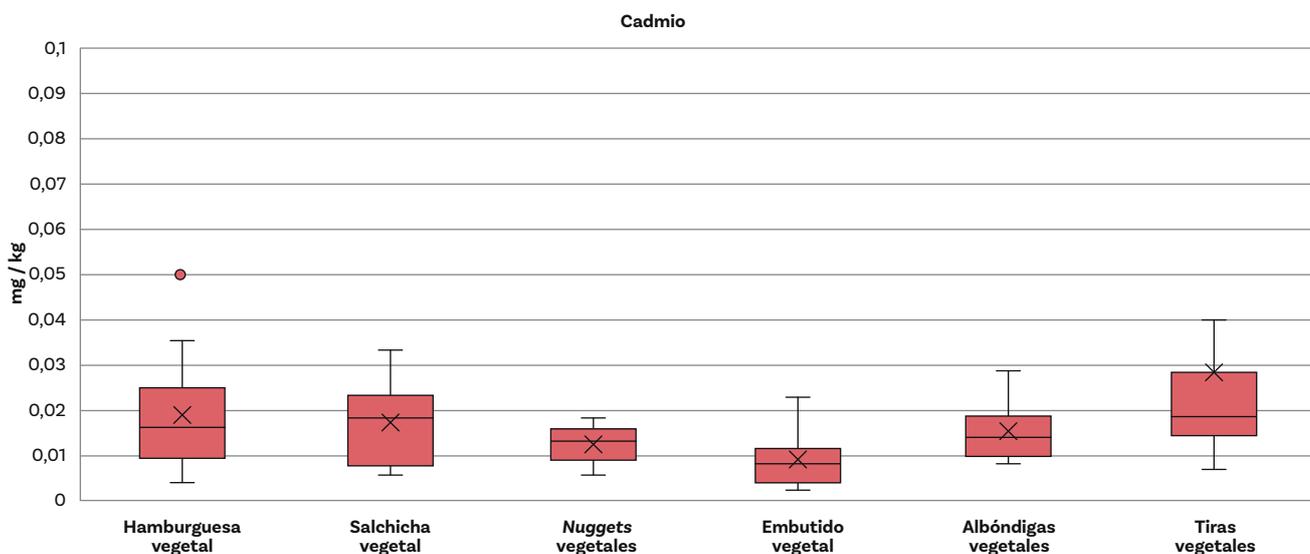
En el último estudio de dieta total de Cataluña, se analizaron los valores de arsénico y otros contaminantes en una gran variedad de productos alimenticios, incluyendo carne y derivados (ACSA, 2020a). La concentración máxima de arsénico total se observó en jamón dulce (0,005 mg/kg), y no se detectó arsénico en carne de cerdo, pollo ni jamón (< 0,002 mg/kg). Considerando los dos estudios, se observa que el contenido de arsénico total en análogos cárnicos de base vegetal es del mismo orden que en muestras de carne y derivados.

La evaluación de riesgo se debe realizar a partir del arsénico inorgánico, elemento para el que la EFSA ha establecido un valor toxicológico de seguridad.

La EFSA considera que la proporción de arsénico inorgánico varía entre el 50% y el 100% del arsénico total en los alimentos, exceptuando el pescado y el marisco, y recomienda que, cuando no se realice especiación, la proporción de arsénico inorgánico se considere un 70% del arsénico total (EFSA, 2009a).

Figura 2.

Díagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de cadmio en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.



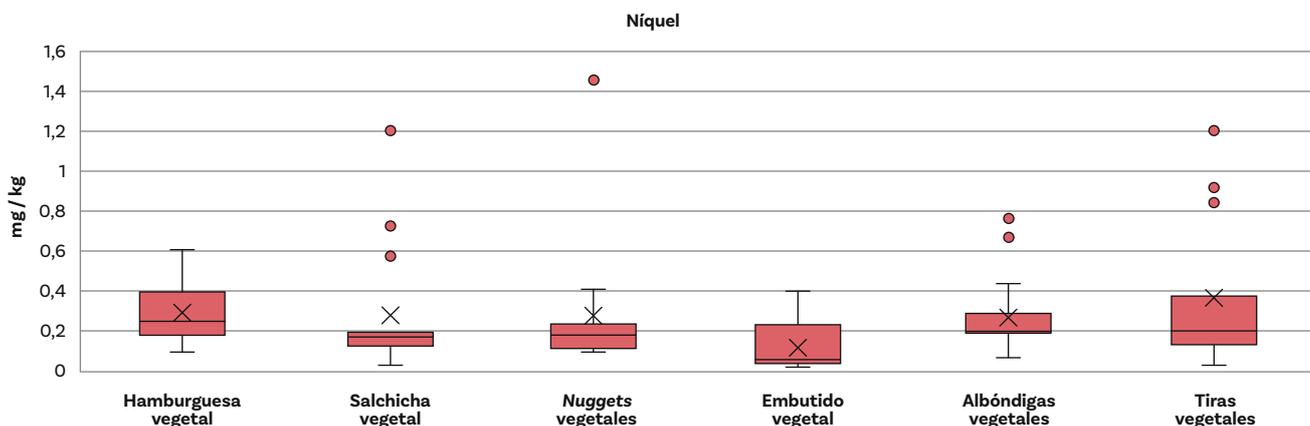
Con relación al cadmio, las tiras vegetales y las hamburguesas vegetales han sido los alimentos con una concentración media más elevada (0,028 y 0,019 mg/kg, respectivamente) (figura 2). La concentración más baja de cadmio corresponde al grupo de embutido vegetal, con un nivel medio de 0,009 mg/kg. Salchichas, albóndigas y delicias de pollo presentan valores de 0,017, 0,014 y 0,012 mg/kg, respectivamente.

Estos valores son más elevados que los observados en muestras de carne y derivados analizados en el último estudio de dieta total, donde presentaron valores muy próximos o incluso por debajo del límite de detección (< 0,002 mg/kg) (ACSA, 2020a). Este estudio de dieta también muestra que los cereales y el arroz presentan una concentración media de cadmio (0,016 y 0,006 mg/kg, respectivamente) superior a la carne y derivados, y que el grupo de alimentos que contribuye sobremanera a la ingesta de cadmio es el del pan y cereales, con 1,86 $\mu\text{g}/\text{día}$.

Un 28% de los análogos de carne evaluados tienen los cereales como ingrediente principal, cosa que podría contribuir a que la concentración media de estos productos sea más elevada que en los productos cárnicos y derivados.

Figura 3.

Díagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de níquel en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.



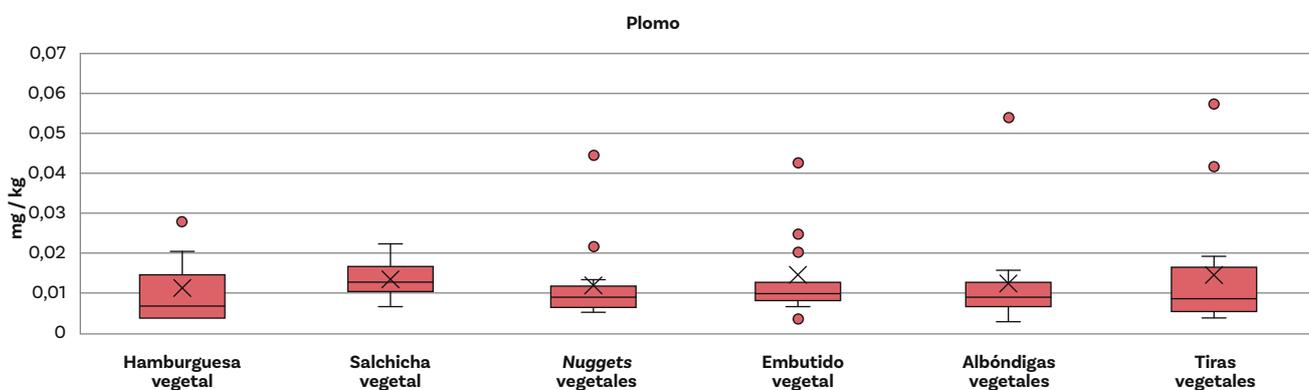
Con relación al níquel, las tiras y hamburguesas vegetales fueron las categorías de alimentos con una concentración media más elevada de este elemento, con un valor promedio de 0,335 y 0,298 mg/kg, respectivamente (figura 3).

El embutido vegetal ha presentado la concentración más baja de níquel (0,117 mg/kg). Los valores de níquel en albóndigas, delicias de pollo y salchichas vegetales han sido muy parecidos (0,281, 0,279 y 0,271 mg/kg, respectivamente). La concentración media de níquel considerando todas las categorías de análogos cárnicos ha sido de 0,263 mg/kg. Este valor es más elevado que el de la concentración media de níquel observada en muestras de carne y derivados (0,45 mg/kg), según los resultados del estudio de elementos traza en alimentos de Cataluña (ACSA, 2017), pero es del mismo orden de magnitud.

De acuerdo con los datos publicados por la EFSA, las concentraciones medias de níquel más altas se midieron para la categoría “Legumbres, frutos secos y semillas oleaginosas”, en particular para la soja, la harina de soja, las castañas y los anacardos, y para la categoría de alimentos “Productos para uso nutricional especial”, en particular para la fórmula de extracto vegetal y suplementos minerales. También se observaron niveles medios altos de concentración de níquel para los productos alimenticios que pertenecen a las categorías de alimentos “Azúcar y confitería” (principalmente impulsados por productos de chocolate (cacao)), “Hierbas, especias y condimentos” (principalmente impulsados por diferentes especias) y “Verduras y productos vegetales” (principalmente impulsado por los granos de cacao/productos de cacao, hojas de té y algas), mientras que para otras categorías de alimentos los niveles medios de níquel eran mucho más bajos (EFSA, 2020).

Figura 4.

Diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de plomo en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.



Los niveles de plomo han sido similares, independientemente de la categoría de alimento. La máxima concentración ha correspondido a tiras vegetales (0,013 mg/kg), aunque los niveles han sido casi iguales en salchichas, embutidos, albóndigas, delicias de pollo y hamburguesas (0,013, 0,013, 0,012, 0,011 y 0,009 mg/kg, respectivamente) (figura 4).

Considerando la totalidad de productos análogos cárnicos, la concentración media de plomo ha sido de 0,012 mg/kg. En el último estudio de dieta total (ACSA, 2020a), se observó un rango de concentraciones de plomo en muestras de carne y derivados de 0,002 a 0,008 mg/kg (pollo y frankfurt, respectivamente). Este estudio de dieta muestra que las legumbres presentan una concentración media de plomo superior a la de la carne y derivados (lentejas 0,011 y garbanzos 0,010 mg/kg).

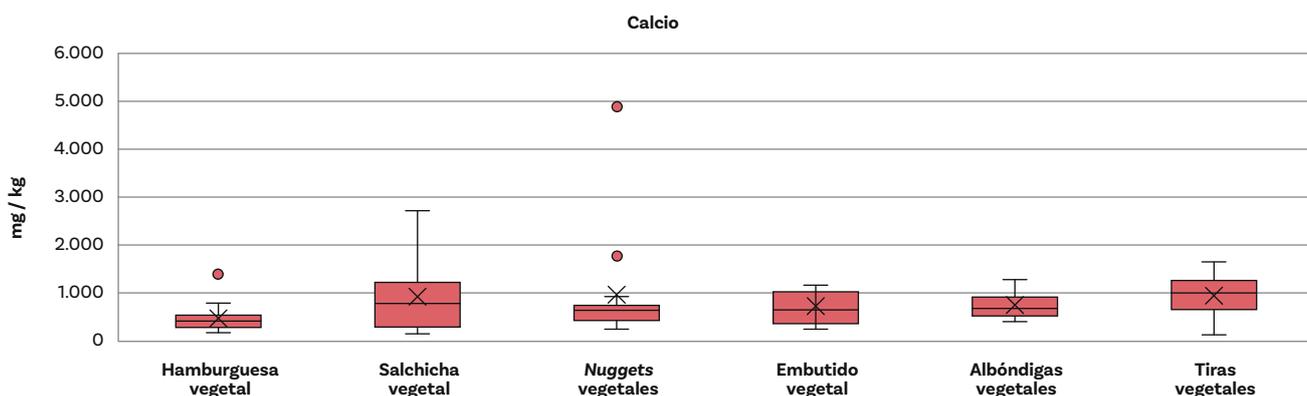
Un 58% de los análogos cárnicos evaluados tienen legumbres como ingrediente principal, y un 28% tienen un cereal como ingrediente principal, cosa que podría contribuir a que la concentración media de estos productos sea más elevada que en los productos cárnicos y derivados.

4.2. Niveles de elementos esenciales en análogos cárnicos de base vegetal

La concentración de los elementos esenciales analizados (Ca, Cr, Fe y Zn) en cada una de las muestras de análogos cárnicos de base vegetal analizadas se detalla en el [anexo I](#). Las concentraciones medias de los elementos esenciales en cada categoría de análogo cárnico se muestran en las [figuras 5, 6, 7 y 8](#).

Figura 5.

Diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de calcio en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.

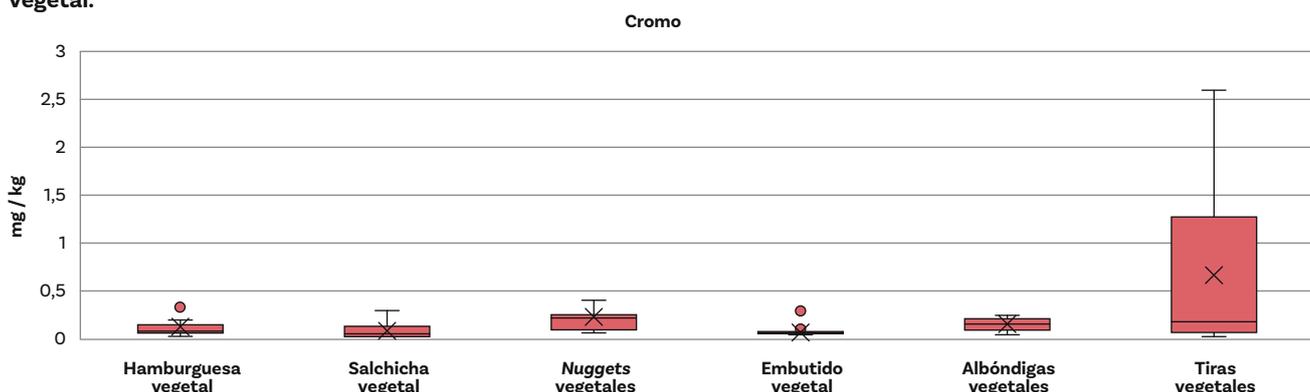


La concentración media más elevada de calcio se ha observado en tiras vegetales (948 mg/kg), mientras que la concentración mínima corresponde al grupo de hamburguesas vegetales (493 mg/kg) (figura 5). Las delicias de pollo y las salchichas también presentan niveles relativamente elevados (935 y 921 mg/kg, respectivamente), mientras que embutidos y albóndigas tienen un contenido de calcio menor (715 y 640 mg/kg, respectivamente).

Según la Base de Datos Española de Composición de los Alimentos (BEDCA, 2010), el contenido de calcio en carne y derivados presenta un rango de 60 a 150 mg/kg, con un valor promedio de 90 mg/kg. Los análogos cárnicos de base vegetal evaluados presentan un contenido medio de calcio (775 mg/kg), más elevado que la carne y derivados.

Figura 6.

Diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de cromo en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.

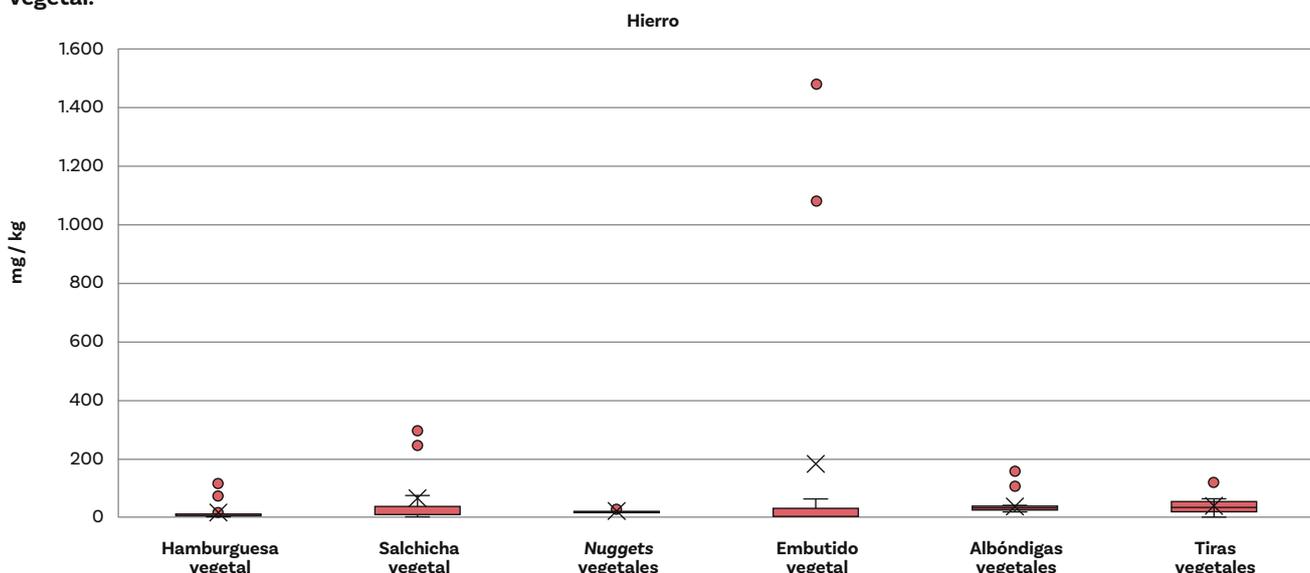


La concentración media máxima de cromo se ha observado en las tiras vegetales (0,672 mg/kg), un valor bastante superior al resto de categorías evaluadas (figura 6). El resto de análogos cárnicos presentan niveles de cromo relativamente similares entre sí: 0,161 mg/kg en delicias de pollo, 0,136 mg/kg en albóndigas, 0,106 mg/kg en hamburguesas, 0,086 mg/kg en salchichas y 0,080 mg/kg en embutido.

Según la información obtenida en un estudio previo realizado en Cataluña (ACSA, 2017), la carne y derivados presentan una concentración media de cromo de 0,87 mg/kg, un valor más elevado pero del mismo orden de magnitud que el de la media de los análogos cárnicos aquí evaluados (0,21 mg/kg).

Figura 7.

Diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de hierro en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.



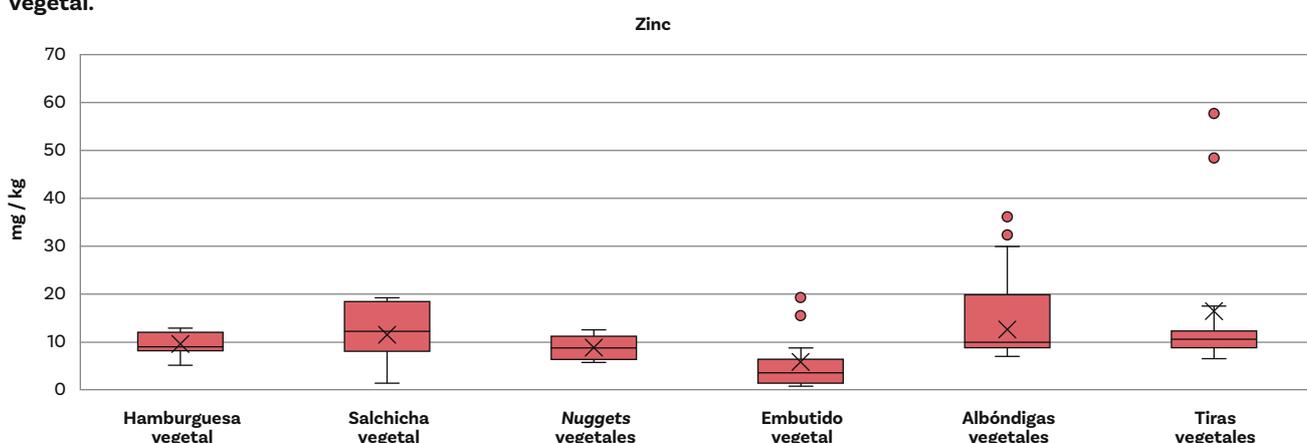
Con relación al hierro, el embutido vegetal es el alimento que presenta una concentración media más elevada (183 mg/kg), posiblemente por el elevado contenido en dos muestras concretas (1.485 y 1.075 mg/kg) (figura 7). Sin embargo, si se excluyen estas dos muestras del tratamiento estadístico, la concentración media de las 13 muestras restantes de embutido vegetal es de 14,1 mg/kg.

El resto de categorías evaluadas presentan niveles relativamente similares de hierro, con un rango de concentraciones de entre 20,3 y 53,7 mg/kg para las delicias de pollo y las salchichas, respectivamente. Albóndigas, tiras vegetales y hamburguesas presentan concentraciones medias de 41,6, 35,4 y 27,2 mg/kg, respectivamente. Considerando la totalidad de análogos cárnicos de base vegetal, la concentración media ha sido de 32,0 mg/kg.

Según la base de datos BEDCA (2010), en cuanto al contenido de hierro, la carne de ternera acostumbra a presentar valores próximos a 15-20 mg/kg, mientras que la carne de cerdo y cordero tiene un nivel aproximado de 9-10 mg/kg. Consiguientemente, las concentraciones de hierro en análogos cárnicos de base vegetal y en carne y derivados son del mismo orden de magnitud.

Figura 8.

Diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de la concentración de cinc en los diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.



La concentración media más alta de cinc (16,1 mg/kg) se ha observado en las tiras vegetales, y el valor más bajo se ha observado en el embutido vegetal (4,99 mg/kg) (figura 8). El resto de categorías presentan un nivel medio de cinc de 13,3, 11,4, 9,58 y 8,83 mg/kg (albóndigas, salchicha, hamburguesa y delicias de pollo, respectivamente).

La concentración media de cinc observada en los análogos cárnicos fue de 10,7 mg/kg, un valor inferior pero del mismo orden de magnitud al que se había observado en carne y derivados (32,8 mg/kg) en el estudio del ACSA (2017).

4.3. Estimación de la exposición y evaluación del riesgo

4.3.1. Contaminantes

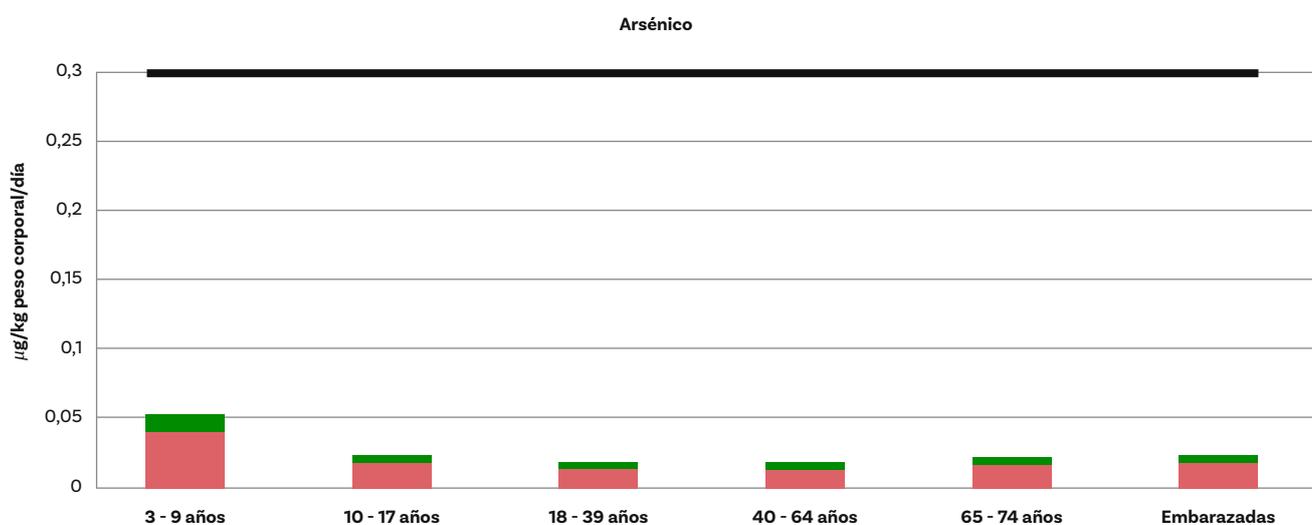
La estimación de la exposición para cada contaminante se ha realizado calculando la ingesta diaria estimada, considerando el consumo diario de una ración (100 g) de análogos cárnicos (hamburguesa, salchicha, albóndigas o tiras) y la concentración media total de cada contaminante en estos análogos cárnicos y adicionando el consumo diario de una ración (40 g) de embutido vegetal y la concentración media de cada contaminante en el embutido vegetal.

La comparación entre la ingesta diaria estimada y los valores de seguridad toxicológica establecidos para los contaminantes evaluados (As, Cd, Ni y Pb) está representada en las figuras 9, 10, 11 y 12.

Todos los grupos de población presentan valores de exposición muy inferiores a los valores de seguridad toxicológica establecidos para los diferentes contaminantes; la población infantil de 3 a 9 años es el grupo más expuesto a todos los contaminantes evaluados.

Figura 9.

Ingesta dietética de arsénico para diferentes grupos de población y comparación con respecto a los niveles de seguridad toxicológica (BMDL₀₁), considerando un consumo diario de 100 g de análogos cárnicos de base vegetal (en rojo) y 40 g de embutido vegetal (en verde). Para el cálculo de la exposición, se ha considerado un escenario conservador en que todo el arsénico era en forma de arsénico inorgánico.



Con relación al arsénico, el valor de seguridad establecido por la EFSA es para el arsénico inorgánico; por lo tanto, la estimación de la exposición y la evaluación de riesgo se debe realizar a partir del arsénico inorgánico. En este estudio, teniendo en cuenta que sólo se ha realizado la especiación del arsénico en una sola muestra de hamburguesa vegetal, se ha considerado que el contenido del arsénico total equivale al de arsénico inorgánico.

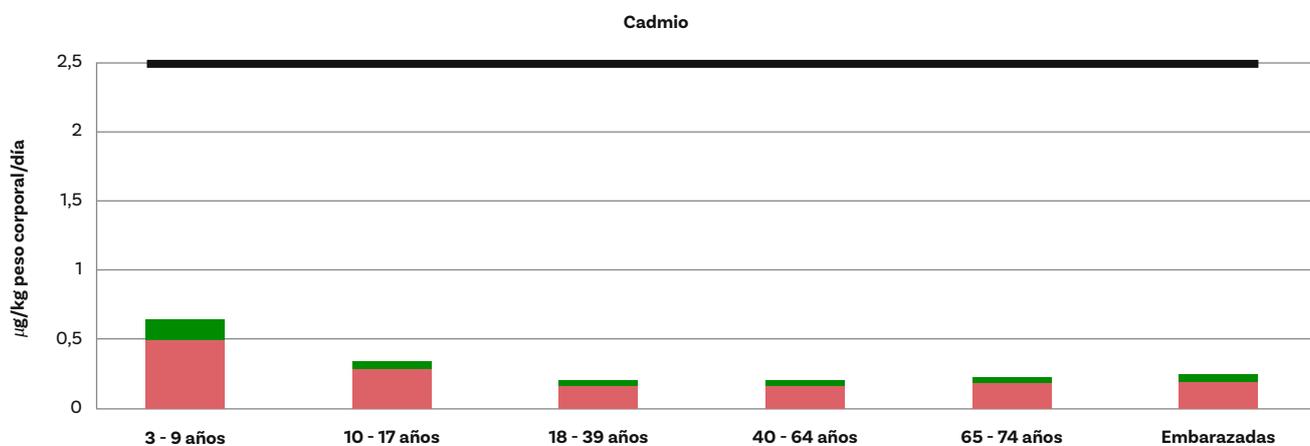
La ingesta dietética de arsénico en el grupo de 3 a 9 años es de 0,04 µg/kg peso corporal/día para los análogos cárnicos (hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas y tiras) y de 0,05 µg/kg peso corporal/día considerando también el consumo de embutido vegetal (figura 9).

El resto de grupos de población evaluados presentan valores inferiores, en un rango de 0,01 a 0,02 µg/kg peso corporal/semana para los análogos cárnicos y de 0,017 a 0,024 µg/kg peso corporal/día sumando el consumo de embutido vegetal.

En todos los grupos de edad evaluados, la exposición dietética de la población queda muy por debajo del límite inferior del valor de seguridad (BMDL₀₁) (0,3 - 8 µg/kg peso corporal/día) para cáncer de pulmón y vejiga y para lesiones dérmicas (EFSA, 2009a). Si se tiene en cuenta que la EFSA recomienda que, cuando no se realice especiación, la proporción de arsénico inorgánico se considere un 70% del arsénico total, la exposición al arsénico inorgánico en este estudio sería todavía más baja que los valores estimados.

Figura 10.

Ingesta dietética de cadmio para diferentes grupos de población y comparación con respecto a los niveles de seguridad toxicológica (IST), considerando un consumo diario de 100 g de **análogos cárnicos (en rojo)** y 40 g de **embutido vegetal (en verde)**.



La exposición dietética de cadmio en el grupo de niños y niñas de 3 a 9 años ha sido de 0,52 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana para los análogos cárnicos (hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas y tiras), y de 0,62 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día considerando también el consumo de embutido vegetal (figura 10).

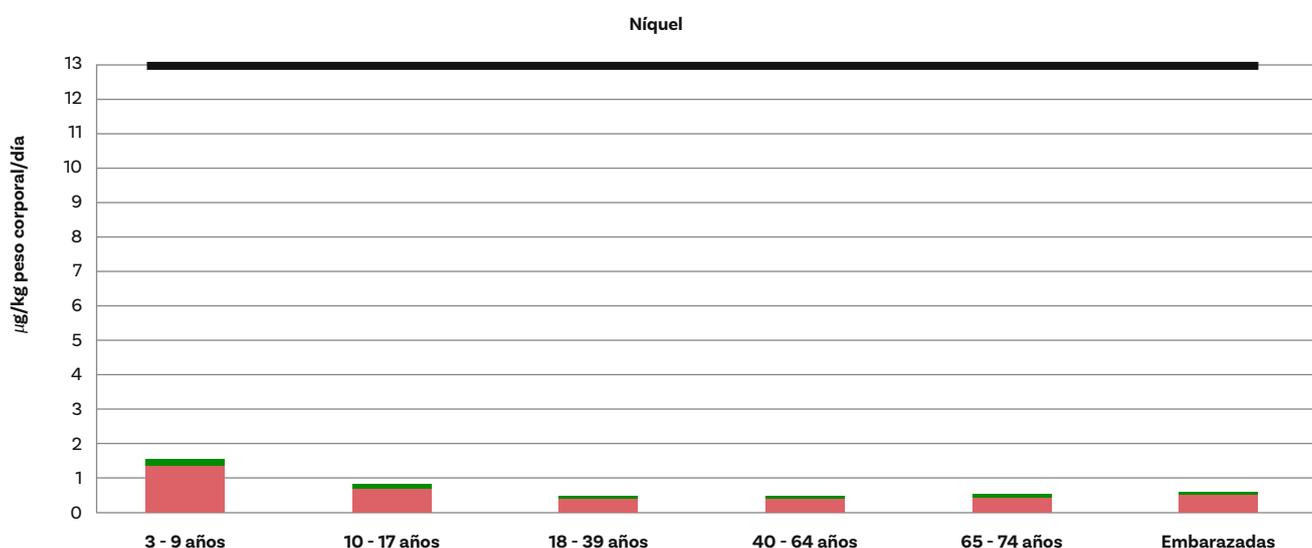
El resto de grupos de población evaluados presentan valores inferiores, en un rango de 0,16 a 0,25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana para los análogos cárnicos y de 0,19 a 0,29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día sumando el consumo de embutido vegetal.

Todos los grupos de población presentan valores de exposición inferiores al valor de seguridad toxicológica de ingesta semanal tolerable (IST), establecido en 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana (EFSA, 2009b).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que las personas fumadoras están más expuestas al cadmio a causa de la presencia de este elemento en el humo del tabaco. Por lo tanto, el potencial efecto del cadmio se podría ver aumentado en este grupo de población.

Figura 10.

Ingesta dietética de níquel para diferentes grupos de población y comparación con respecto a los niveles de seguridad toxicológica (IDT), considerando un consumo diario de 100 g de **análogos cárnicos (en rojo) y 40 g de **embutido vegetal** (en verde).**



La exposición al níquel para la población infantil de 3 a 9 años es de 1,29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día para los análogos cárnicos (hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas y tiras), y de 1,49 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día considerando también el consumo de embutido vegetal (figura 11).

El resto de grupos de población evaluados presentan valores inferiores, en un rango de 0,40 a 0,61 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana para los análogos cárnicos, y de 0,46 a 0,70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día sumando el consumo de embutido vegetal.

Los efectos crónicos de la exposición al níquel se pueden evaluar mediante la comparación entre la ingesta dietética estimada y la ingesta diaria tolerable (IDT), establecida en 13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día por la EFSA (2020). La exposición es, para todos los grupos de población, inferior a este valor.

Para el riesgo agudo de que personas sensibilizadas al níquel desarrollen dermatitis de contacto, la EFSA estableció un LOAEL de 4,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal. El riesgo agudo de la exposición al níquel se puede estimar mediante el cálculo del margen de exposición (MOE, en inglés). El MOE proporciona una indicación del nivel de preocupación para la seguridad sobre la presencia de una sustancia en los alimentos. La EFSA estableció que un MOE igual o superior a 30 indicaría un riesgo bajo para la salud a corto plazo.

El cálculo del MOE con relación al LOAEL por dermatitis de contacto sistémica se presenta en la tabla 5. Todos los grupos de población tienen un MOE inferior a 30, cosa que podría suponer un problema de salud para aquellas personas sensibilizadas al níquel.

Tabla 5.

Càlcul del MOE referent al níquel respecte al valor de seguretat LOAEL en diferents Grups de població.

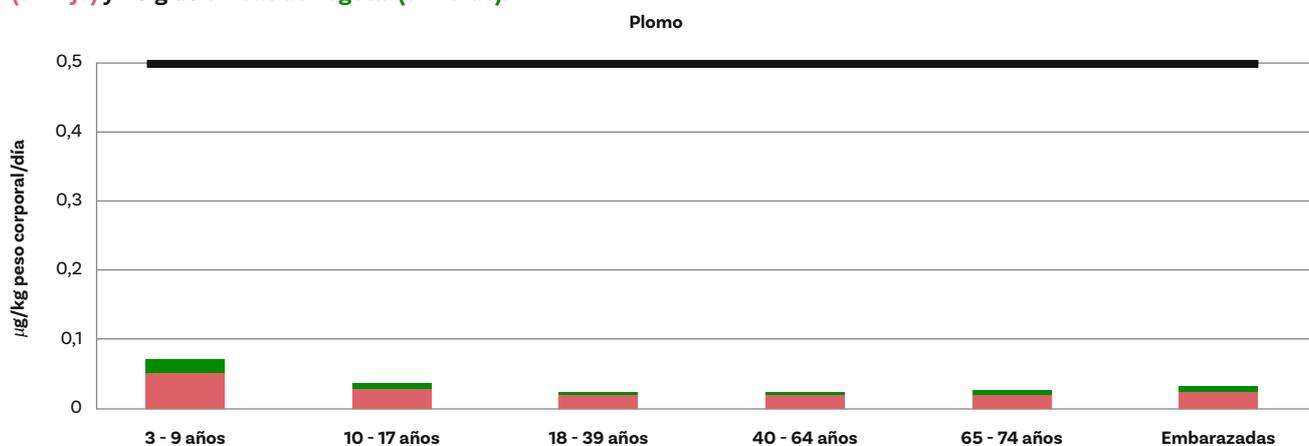
MOE para el níquel	Grupos de población					
	3-9 años	10-17 años	18-39 años	40-64 años	65-74 años	Embarazadas
EDI ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día)	1,49	0,70	0,50	0,46	0,51	0,55
MOE riesgo agudo de dermatitis de contacto sistémica (LOAEL: $4,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal)	2,90	6,15	8,69	9,29	8,51	7,85

MOE: margen de exposición.

LOAEL: nivel inferior sin observación de efectos adversos.

Figura 12.

Ingesta dietética de plomo para diferentes grupos de población y comparación con respecto a los niveles de seguridad toxicológica (BMDL_{01} por neurotoxicidad en el desarrollo), considerando un consumo diario de 100 g de **análogos cárnicos (en rojo) y 40 g de **embutido vegetal (en verde)**.**



La exposición al plomo para la población infantil de 3 a 9 años es de $0,05 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día para los análogos cárnicos (hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas y tiras), y de $0,07 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día considerando también el consumo de embutido vegetal (figura 12).

El resto de grupos de población evaluados presentan valores inferiores, en un rango de $0,016$ a $0,024 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana para los análogos cárnicos, y de $0,02$ a $0,03 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día sumando el consumo de embutido vegetal.

La EFSA establece tres valores de seguridad toxicológica para el plomo considerando tres efectos potenciales sobre la salud (neurotoxicidad en el desarrollo, presión sistólica y enfermedad renal crónica) (EFSA, 2010). Todos los grupos de población presentan valores de exposición inferiores al valor de seguridad toxicológica BMDL_{01} más restrictivo ($0,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) considerando la neurotoxicidad en el desarrollo.

Para evaluar el riesgo de la exposición al plomo de los tres efectos sobre la salud, se han derivado los valores de MOE correspondientes (tabla 6).

La EFSA establece que unos valores de MOE superiores a 10 indican un riesgo bajo, aunque para MOE inferiores a 10 pero superiores a 1 el riesgo seguiría siendo muy bajo (EFSA, 2010).

Tabla 6.

Cálculo del MOE en lo referente al plomo con respecto a los valores de seguridad, en diferentes grupos de población.

MOE para el plomo	Grupos de población					
	3-9 años	10-17 años	18-39 años	40-64 años	65-74 años	Embarazadas
EDI ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día)	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
MOE neurotoxicidad en el desarrollo (BMDL_{01} : $0,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día)	6,85	14,71	20,83	21,74	20,83	18,52
MOE efectos en la presión sistólica (BMDL_{01} : $1,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día)	20,55	44,12	62,50	65,22	62,50	55,56
MOE efectos en la prevalencia de enfermedad renal crónica (BMDL_{01} : $0,63 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día)	8,63	18,53	26,25	27,39	26,25	23,33

MOE: margen de exposición.

LOAEL: "benchmark dose lower level", en inglés.

Con respecto a los tres efectos de salud, los valores del MOE se sitúan entre 14,71 y 62,50 para todos los grupos de población, con la excepción de la población infantil de 3 a 9 años, en que los valores de MOE son de 6,85 para el riesgo de neurotoxicidad en el desarrollo y de 8,63 para la enfermedad renal crónica.

- Comparación de la exposición a contaminantes por el consumo de análogos cárnicos vs. el consumo de productos cárnicos y derivados

Adicionalmente, se ha comparado, para la población adulta de entre 18 y 74 años, la ingesta dietética de los contaminantes evaluados (As, Cd, Ni y Pb) por el consumo de análogos cárnicos de base vegetal (hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas y tiras) con la exposición dietética por el consumo de carne y derivados (tabla 7).

Tabla 7.

Ingesta estimada de contaminantes por el consumo de análogos y carne y derivados para un adulto.

Contaminante	Ingesta estimada adulto ($\mu\text{g}/\text{día}$)	
	Análogos cárnicos de base vegetal	Carne y derivados*
Arsénico	0,89	0,14
Cadmio	1,79	0,08
Níquel	31,0	50,8
Plomo	1,22	0,32

*Datos obtenidos de estudios de dieta total realizados en Cataluña (ACSA, 2017, 2020a).

La exposición a los contaminantes por el consumo de análogos cárnicos de base vegetal es superior, excepto para el níquel, a la exposición por consumo de carne y derivados a causa de la concentración más elevada en los ingredientes de los análogos cárnicos.

4.3.2. Elementos esenciales

La ingesta diaria estimada de los elementos esenciales por el consumo de análogos cárnicos de base vegetal se ha calculado considerando el consumo diario de una ración (100 g) de análogos cárnicos (hamburguesa, salchicha, delicias de pollo, albóndigas o tiras) y la concentración media total de cada elemento esencial en estos análogos cárnicos.

La ingesta diaria estimada de los elementos esenciales por el consumo de análogos cárnicos de base vegetal se presenta en la [tabla 8](#), junto con la ingesta recomendada establecida por el AESAN para cada elemento ([tabla 4](#)) (AESAN, 2019).

Tabla 8.

Ingesta estimada para un adulto e ingesta recomendada para diferentes grupos de población de los elementos esenciales.

Grupos de población	Ingesta estimada (mg/día)			
	Calcio	Cromo ^a	Hierro	Cinc
Adulto	79,1	23,7	3,5	1,2
Grupos de población	Ingesta recomendada ^b (mg/día)			
	Calcio	Cromo ^a	Hierro	Cinc
6-9 años	800	15	10	6,5
10-13 años	1100-1150	21-25	11-15	8-9
14-19 años	1150	24-35	11-15	9-11
20-59 años	950	25-35	9,1-18	8-11
> 59 años	1000	20-30	9-9,1	7-11
Embarazadas	1000	30	27	10

^a La ingesta estimada y la ingesta recomendada de cromo se expresan en $\mu\text{g}/\text{día}$.

^b AESAN, 2019.

Con relación al calcio, la ingesta estimada asociada con el consumo de una ración (100 g) de análogos cárnicos de base vegetal es de 79,1 mg/día, cosa que representa entre un 6,9 y un 9,9% del rango de la ingesta recomendada (800-1.150 mg/día) para los diferentes grupos de población.

Con respecto al cromo, la ingesta estimada (23,7 $\mu\text{g}/\text{día}$) de una ración de análogo cárnico representa un 67,7% del rango superior de la ingesta diaria recomendada (35 $\mu\text{g}/\text{día}$). Según los valores establecidos por el AESAN, el rango inferior de ingesta recomendada (15-25 $\mu\text{g}/\text{día}$) se podría alcanzar con una ración de análogo cárnico, pero cabe destacar que, según los valores establecidos por otros países y recogidos en el informe de la EFSA (EFSA, 2014a), la ingesta recomendada estaría entre 20 y 100 $\mu\text{g}/\text{día}$.

La ingesta estimada de hierro es de 3,5 mg/día, lo cual indica que una ración de análogo cárnico representa una aportación de hierro de entre un 13 y un 38,9% del rango de la ingesta recomendada (9-27 mg/día) para los diferentes grupos de población.

Hay que considerar que el hierro presente en los alimentos puede estar en forma de hierro hem, presente mayoritariamente en alimentos de origen animal, y de hierro no hem, presente mayoritariamente en alimentos de origen vegetal. El hierro hem es biodisponible y se absorbe en una medida significativamente más alta que el hierro no hem (EFSA, 2015b).

La ingesta estimada de cinc (1,2 mg/día) expresa que una ración de análogo cárnico representa una aportación de cinc de entre un 12 y un 18,5% del rango de la ingesta recomendada (6,5-10 mg/día) para los diferentes grupos de población.

4.4. Microorganismos indicadores y patógenos

Los resultados del análisis microbiológico en las muestras de análogos cárnicos de base vegetal se presentan en el [anexo II](#).

Se ha observado detección presuntiva por PCR de *Salmonella spp.* en 6 muestras de análogos cárnicos, concretamente 4 de embutido vegetal, 1 de salchicha y 1 muestra de tiras vegetales, pero en ninguna muestra se aisló *Salmonella spp.* en medio de cultivo.

L. monocytogenes se ha detectado por PCR en tres muestras, una de albóndigas vegetales y dos de hamburguesas vegetales. Sin embargo, la cuantificación de *L. monocytogenes* ha estado siempre por debajo de 10 ufc/g.

E. coli y *C. perfringens* no se han detectado en ninguna de las muestras analizadas, y *B. cereus* sólo se ha cuantificado (1,7·10² ufc/g) en 1 muestra, concretamente de hamburguesas vegetales, aunque se ha observado presencia (< 40 ufc/g) en 2 muestras de albóndigas.

El recuento de microorganismos totales a 30° C presenta una gran variabilidad, con valores entre < 10 y > 3,0·10⁶ ufc/g. Cinco muestras, 4 de tiras vegetales y 1 de albóndigas, han presentado sobre-crecimiento y no se han podido cuantificar.

4.5. Caracterización fisicoquímica

Los resultados de pH y de actividad de agua de los análogos cárnicos evaluados se presentan en la [tabla 9](#).

Todos los grupos de alimentos analizados presentan unos valores de pH y de actividad de agua muy similares. El rango de valores promedio, teniendo en cuenta la desviación estándar, para el pH es de 5,26-6,77, y para la actividad de agua es de 0,96-0,99.

Los valores de actividad de agua y pH de los análogos cárnicos son favorables al crecimiento de microorganismos. En consecuencia, para la seguridad alimentaria es importante que en el etiquetado del producto se destaque la necesidad de someter el alimento a un tratamiento térmico completo previamente al consumo.

Tabla 9.

Valores de pH y actividad de agua en diferentes grupos de análogos cárnicos de base vegetal.

Grupos de alimentos	pH (media ± desviación estándar)	Actividad de agua (media ± desviación estándar)
Salchicha vegetal	5,71 ± 0,45	0,97 ± 0,01
Nuggets vegetales	5,92 ± 0,34	0,98 ± 0,01
Embutido vegetal	5,84 ± 0,55	0,97 ± 0,00
Albóndigas vegetales	6,04 ± 0,57	0,98 ± 0,01
Tiras vegetales	6,34 ± 0,43	0,97 ± 0,01
Hamburguesa vegetal	6,00 ± 0,37	0,97 ± 0,01



5. Conclusiones

Todos los contaminantes analizados (As, Cd, Hg, Pb y Ni) se han detectado en cada una de las muestras de análogos cárnicos de base vegetal evaluadas, excepto el mercurio, que sólo se ha detectado en una muestra. Los niveles de contaminantes son generalmente del mismo orden de magnitud que los observados en los productos cárnicos evaluados en los estudios de dieta total realizados por el ACSA.

La ingesta dietética estimada para los grupos de población evaluados presenta valores muy inferiores a los valores de seguridad toxicológica establecidos para los diferentes contaminantes. Sólo con relación al níquel podría el valor del MOE relacionado con la dermatitis de contacto sistémica indicar un posible problema de salud para las personas sensibilizadas en este metal.

Los niveles de elementos esenciales (Ca, Cr, Fe y Zn) de los análogos cárnicos de base vegetal son generalmente del mismo orden de magnitud que los observados en los productos cárnicos evaluados en los estudios de dieta total.

La ingesta dietética estimada de elementos esenciales asociada con el consumo de una ración (100 g) de los análogos cárnicos hamburguesas, salchichas, albóndigas o tiras vegetales representa entre un 6,9 y un 67,7% de los valores de ingesta diaria recomendada establecidos.

Del total de muestras evaluadas, se ha detectado presuntamente *Salmonella spp.* en 6 muestras. *Listeria monocytogenes* se ha detectado por PCR en 3 muestras; la cuantificación ha sido inferior a 10 ufc/g.

Las características fisicoquímicas han presentado unos valores muy similares en todas las muestras de análogos cárnicos. Los valores de actividad de agua y pH observados favorecen el crecimiento de microorganismos. Para garantizar la seguridad de los productos, es importante que se destaque en el etiquetado la necesidad de someter el alimento a un tratamiento térmico completo previamente al consumo.

6. Referencias

ACSA, 2017. Elements traça en els aliments. Estudi de dieta total a Catalunya. Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

ACSA, 2020a. Contaminants químics. V estudi de dieta total a Catalunya. Metalls pesants, dioxines (PCDD/F) i bifenils policlorats (PCB). Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

ACSA, 2020b. Algues. Estudi de la presència de metalls pesants i iode en algues destinades al consum humà. Avaluació del risc associat i la seva contribució a la dieta total. Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

ACSA, 2022. Baròmetre de la seguretat alimentària a Catalunya. Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

ACSA, 2023. Anàlegs carnis de base vegetal comercialitzats a Catalunya: avaluació del perfil nutricional. Comitè Científic Assessor de Seguretat Alimentària. Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

AESAN, 2019. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre ingestas nutricionales de referencia para la población española. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, Revista del Comité Científico núm. 29. Madrid.

AESAN, 2021. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo asociado a la presencia de níquel en alimentos para población sensibilizada en este metal. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, Revista del Comité Científico núm. 35. Madrid.

BEDCA, 2010. Base de Datos Española de Composición de Alimentos. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid. Disponible en <https://www.bedca.net/bdpub/>.

EFSA, 2009a. Panel on contaminants in the food chain (CONTAM); scientific opinion on arsenic in food. European Food Safety Agency, EFSA J. 7, 1351.

EFSA, 2009b. Panel on contaminants in the food chain (CONTAM); scientific opinion on cadmium in food. European Food Safety Agency, EFSA J. 980, 1-139.

EFSA, 2010. Panel on contaminants in the food chain (CONTAM); scientific opinion on lead in food. European Food Safety Agency, EFSA J. 8, 1570.

EFSA, 2012. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. European Food Safety Agency, EFSA J. 10, 2985.

EFSA, 2014a. Scientific Opinion on dietary reference values for chromium. European Food Safety Agency, EFSA J. 12, 3845.

EFSA, 2014b. Scientific Opinion on dietary reference values for zinc. European Food Safety Agency, EFSA J. 12, 3844.

EFSA, 2015b. Scientific Opinion on dietary reference values for calcium. European Food Safety Agency, EFSA J. 13, 4101.

EFSA, 2015b. Scientific Opinion of dietary reference values for iron. European Food Safety Agency, EFSA J. 13, 4254.

EFSA, 2020. Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. European Food Safety Agency, EFSA J. 18, 6268.

Lantern, 2021. The Green Revolution. Disponible en línea a: <https://www.lantern.es/papers/the-green-revolution-entendiendo-el-auge-del-mundo-veggie>.

OMS, 2011. Towards a harmonised total diet study approximation: a guidance document: joint guidance of EFSA, FAO and WHO. Organización Mundial de la Salud.

7. Anexos

Anexo I. Concentración de contaminantes y elementos esenciales en muestras individuales de análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña

Grupos de alimentos	Contaminantes (mg/kg)					Elementos esenciales (mg/kg)			
	As	Cd	Hg	Ni	Pb	Ca	Cr	Fe	Zn
Hamburguesa vegetal	0,008	0,017	<0,002	0,575	0,004	298	0,058	14,4	12,59
	0,009	0,016	<0,002	0,400	0,006	299	0,045	13,6	12,07
	0,016	0,019	<0,002	0,398	0,004	499	0,075	18,6	11,50
	1,79	0,033	<0,002	0,612	0,016	745	0,126	18,3	11,96
	0,009	0,019	<0,002	0,397	0,004	415	0,095	16,1	12,78
	0,025	0,025	<0,002	0,202	0,006	385	0,108	16,9	8,89
	0,020	0,035	<0,002	0,167	0,005	543	0,071	13,0	10,44
	0,011	0,050	<0,002	0,226	0,027	1456	0,291	30,3	7,95
	0,024	0,012	<0,002	0,093	0,011	192	0,060	9,05	5,32
	0,003	0,016	<0,002	0,083	0,004	361	0,054	10,0	8,11
	0,027	0,022	<0,002	0,182	0,005	433	0,059	15,8	8,90
	0,010	0,007	<0,002	0,226	0,020	549	0,161	80,7	6,60
	0,004	0,009	<0,002	0,294	0,005	515	0,328	122,3	11,19
	0,008	0,004	<0,002	0,357	0,010	244	0,033	16,4	7,40
	0,009	0,003	0,003	0,256	0,009	464	0,027	13,1	8,06
Salchicha vegetal	0,006	0,005	<0,002	0,097	0,014	289	0,104	5,93	1,95
	0,004	0,004	<0,002	0,029	0,010	148	0,035	1,96	1,64
	0,007	0,008	<0,002	0,174	0,011	1648	0,083	58,3	7,12
	0,007	0,033	<0,002	0,586	0,014	1225	0,116	24,5	12,85
	0,004	0,023	<0,002	0,155	0,008	1275	0,036	17,9	14,72
	0,009	0,020	<0,002	0,142	0,020	783	0,065	18,6	18,64
	0,013	0,023	<0,002	0,127	0,008	431	0,043	18,1	17,56
	0,080	0,023	<0,002	0,186	0,015	761	0,055	22,4	10,08
	0,006	0,016	<0,002	0,156	0,012	260	0,040	15,0	10,71
	0,009	0,022	<0,002	0,115	0,006	360	0,031	14,9	18,41
	0,008	0,006	<0,002	0,094	0,016	1275	0,173	290,4	6,43
	0,007	0,016	<0,002	0,185	0,010	296	0,033	13,4	13,60
	0,009	0,018	<0,002	1,203	0,022	1257	0,221	34,8	17,81
	0,007	0,031	<0,002	0,711	0,012	1167	0,098	22,5	12,33
	0,008	0,006	<0,002	0,100	0,016	2643	0,159	246,5	7,06

Grupos de alimentos	Contaminantes (mg/kg)					Elementos esenciales (mg/kg)			
	As	Cd	Hg	Ni	Pb	Ca	Cr	Fe	Zn
Nuggets vegetales	0,026	0,009	<0,002	0,237	0,009	446	0,262	19,4	9,53
	0,003	0,013	<0,002	0,102	0,006	784	0,184	21,8	6,08
	0,004	0,013	<0,002	0,168	0,006	756	0,271	20,6	5,98
	0,005	0,010	<0,002	0,181	0,009	437	0,116	45,2	5,39
	0,004	0,016	<0,002	0,196	0,010	704	0,311	21,0	8,00
	0,008	0,018	<0,002	0,082	0,008	241	0,050	10,4	7,13
	0,009	0,010	<0,002	0,197	0,005	724	0,167	9,41	6,18
	0,006	0,014	<0,002	0,084	0,008	436	0,097	13,5	6,25
	0,005	0,009	<0,002	0,082	0,044	4939	0,092	27,3	10,95
	0,004	0,015	<0,002	1,450	0,006	569	0,184	22,7	11,47
	0,009	0,015	<0,002	0,418	0,005	917	0,130	19,1	12,70
	0,008	0,007	<0,002	0,244	0,011	245	0,180	14,3	11,65
	0,008	0,018	<0,002	0,179	0,009	1681	0,079	23,1	12,11
	0,023	0,007	<0,002	0,141	0,012	481	0,112	19,8	9,02
	0,005	0,008	<0,002	0,424	0,021	666	0,187	16,9	10,08
Embutido vegetal	0,006	0,002	<0,002	0,387	0,024	994	0,058	11,2	7,35
	0,007	0,023	<0,002	0,266	0,020	1194	0,076	31,4	19,68
	0,013	0,009	<0,002	0,231	0,010	1129	0,076	1075,5	3,09
	0,017	0,011	<0,002	0,262	0,043	335	0,085	1484,7	3,05
	0,010	0,008	<0,002	0,061	0,009	1048	0,048	9,84	3,34
	0,010	0,006	<0,002	0,063	0,009	1033	0,078	10,3	3,06
	0,004	0,004	<0,002	0,036	0,011	571	0,053	2,05	1,30
	0,004	<0,002	<0,002	0,026	0,012	635	0,273	3,33	0,86
	0,006	0,005	<0,002	0,080	0,008	220	0,042	61,7	5,44
	0,008	0,010	<0,002	0,053	0,009	1214	0,063	10,8	3,16
	0,017	0,013	<0,002	0,056	0,010	371	0,059	8,09	2,90
	0,012	0,019	<0,002	0,124	0,008	387	0,053	20,5	16,52
	0,008	0,003	<0,002	0,031	0,004	250	0,068	2,91	0,74
	0,006	0,003	<0,002	0,023	0,010	302	0,059	3,24	0,86
	0,012	0,011	<0,002	0,055	0,009	1037	0,116	8,33	3,58
Albóndigas vegetales	0,006	0,008	<0,002	0,448	0,007	419	0,223	12,1	6,96
	0,004	0,009	<0,002	0,657	0,013	629	0,236	23,3	9,78
	0,005	0,011	<0,002	0,762	0,011	534	0,140	21,0	9,68
	0,006	0,019	<0,002	0,090	0,007	841	0,133	24,5	9,26
	0,007	0,010	<0,002	0,201	0,009	579	0,142	143,5	13,81
	0,003	0,015	<0,002	0,271	0,015	1325	0,036	39,0	10,21
	0,006	0,014	<0,002	0,135	0,054	650	0,070	39,0	8,82
	0,006	0,029	<0,002	0,304	0,009	962	0,208	27,5	10,77
	0,008	0,021	<0,002	0,179	0,009	418	0,082	44,8	7,61
	0,008	0,013	<0,002	0,194	0,009	400	0,197	18,1	9,71
	0,010	0,013	<0,002	0,194	0,009	395	0,192	17,9	10,16
	0,014	0,018	<0,002	0,186	0,012	1066	0,089	40,1	30,26
	0,004	0,010	<0,002	0,198	0,010	777	0,096	103,7	20,90
	0,016	0,014	<0,002	0,192	0,004	335	0,087	32,4	21,30
	0,002	0,008	<0,002	0,205	0,006	276	0,109	37,0	19,74

Grupos de alimentos	Contaminantes (mg/kg)					Elementos esenciales (mg/kg)			
	As	Cd	Hg	Ni	Pb	Ca	Cr	Fe	Zn
Tiras vegetales	0,004	0,018	<0,002	0,196	0,011	1061	0,060	30,3	11,55
	0,005	0,019	<0,002	0,221	0,005	1126	2,600	50,7	9,00
	0,006	0,024	<0,002	0,250	0,006	994	1,736	3,57	9,84
	0,006	0,018	<0,002	0,106	0,017	910	0,113	22,2	10,28
	0,031	0,094	<0,002	0,829	0,041	1426	0,480	40,2	57,50
	0,041	0,077	<0,002	0,905	0,058	1367	2,210	38,7	48,57
	0,006	0,007	<0,002	0,098	0,006	161	0,070	110,0	6,32
	0,008	0,008	<0,002	0,260	0,009	1242	0,149	47,2	10,77
	0,003	0,016	<0,002	0,346	0,004	674	0,276	19,9	12,65
	0,005	0,015	<0,002	0,124	0,009	572	0,136	20,3	7,92
	0,005	0,028	<0,002	1,200	0,004	685	0,043	20,2	16,83
	0,006	0,024	<0,002	0,202	0,018	963	0,072	33,0	12,50
	0,007	0,014	<0,002	0,134	0,009	1156	0,869	20,5	6,99
	0,004	0,040	<0,002	0,039	0,011	327	0,032	17,1	12,13
	0,004	0,019	<0,002	0,115	0,004	1562	1,240	56,7	9,19

Anexo II. Detección y recuento de microorganismos indicadores y patógenos en muestras de análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña

Grupos de alimentos	Detección (en 25 g)		Recuento (ufc/g)				
	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>	Microorganismos 30°C	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus cereus</i>
Salchicha vegetal	Detección presuntiva	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	7,0x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,1x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	5,2x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,5x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,8x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,3x10 ⁵	<10	<10
Nuggets vegetales	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	4,5x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,4x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	5,7x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,1x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,2x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,3x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,3x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,3x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,1x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	9,0x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	9,8x10 ³	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	4,7x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	4,0x10 ⁵	<10	<10

Grupos de alimentos	Detección (en 25 g)		Recuento (ufc/g)				
	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>	Microorganismos 30°C	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus cereus</i>
Embutido vegetal	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,3x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,8x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	Detección presuntiva	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,5x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,8x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,4x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	Detección presuntiva	n.d.	<10	<10	1,7x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,9x10 ³	<10	<10
	Detección presuntiva	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
Detección presuntiva	n.d.	<10	<10	8,0x10 ⁵	<10	<10	
Albón-digas vegetales	n.d.	n.d.	<10	<10	1,8x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,3x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,7x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	Sobre-crecimiento	<10	<10
	n.d.	Detección	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,0x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,2x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	2,2x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	4,5x10 ³	<10	Presencia<40
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,5x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,3x10 ³	<10	Presencia<40
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,2x10 ⁵	<10	<10

Grups d'aliments	Detecció (en 25 g)		Recuento (ufc/g)				
	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>	Microorganismes 30°C	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus cereus</i>
Tiras vegetales	n.d.	n.d.	<10	<10	1,3x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	Sobre-crecimiento	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,6x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	7,6x10 ⁴	<10	<10
	Detecció presuntiva	n.d.	<10	<10	Sobre-crecimiento	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	Sobre-crecimiento	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,7x10 ⁴	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,8x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	Sobre-crecimiento	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,3x10 ⁵	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,1x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,1x10 ⁴	<10	<10
Hamburguesa vegetal	n.d.	n.d.	<10	<10	7,7x10 ¹	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,0x10 ²	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	6,4x10 ²	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	3,5x10 ²	<10	1,7x10 ²
	n.d.	n.d.	<10	<10	5,5x10 ²	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<10	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<10	<10	<10
	n.d.	Detecció	<10	<10	3,7x10 ³	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<40	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<10	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<10	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	1,2x10 ³	<10	<10
	n.d.	Detecció	<10	<10	>3,0x10 ⁶	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<40	<10	<10
	n.d.	n.d.	<10	<10	<40	<10	<10

n.d.: no detectada.

