

Trabajo de Fin de Máster

Determinación de nitritos en paté. Evaluación del riesgo toxicológico.

Amelia Belén Montoya Cerezuela

Tutor: Dr. Arturo Hardisson de la Torre

Departamento: Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología.

Curso 2023 – 2024

Resumen

El nitrito es un aditivo muy usado en la preservación y calidad de productos cárnicos procesados. Sin embargo, existe preocupación por los posibles efectos adversos para la salud, como la formación de nitrosaminas.

Se determinó la concentración de nitrito en diferentes muestras de paté de supermercados y se evaluó el riesgo toxicológico asociado a su consumo. Se analizaron un total de 38 muestras de 12 patés diferentes, incluyendo algunos etiquetados como "sin aditivos añadidos", utilizando espectrofotometría de absorción UV-Visible. Se evaluó el riesgo considerando los grupos poblacionales de los niños/as de 35 kg de peso corporal y los adultos de 70 kg de peso corporal, suponiendo una ingesta diaria de 25 gramos de paté (ración frecuente de consumo de este tipo de productos), con una concentración media de 15,01 mg/L de nitrito

Los resultados mostraron que todas las muestras cumplían con el Reglamento (CE) nº 1333/2008 y se concluyó que no hay riesgo significativo para adultos, y, en el caso de los niños, el riesgo es bajo. Por lo tanto, la concentración de nitritos en los patés no representa un riesgo considerable para la población (<10% de contribución para adultos y 10-50% para niños).

Abstract

The study focuses on the use of nitrite in pate since it is an additive widely used in the preservation and quality of processed meat products. However, there are concerns about potential adverse health effects, such as the formation of nitrosamines.

The concentration of nitrite in supermarket pate was determined and the toxicological risk associated with its consumption was evaluated. 38 samples from 12 different pates were analysed, including some labelled as "no additives added", using UV-Visible absorption spectrophotometry. The risk was assessed considering the population groups of children with a body weight of 35 kg and adults with a body weight of 70 kg, assuming a daily intake of 25 grams of pâté (a frequent portion of this type of product), with an average concentration of 15.01 mg/L of nitrite.

The results showed that all samples complied with Regulation (EC) No. 1333/2008 and it was concluded that there is no significant risk for adults and a very low risk for children. Therefore, the concentration of nitrites in pates does not pose a considerable risk to the population (<10% contribution for adults and 10-50% for children).

Índice

Introducción	1
Objetivo del estudio	3
Material y métodos.....	3
Muestras	3
Material	4
Reactivos	4
Preparación de reactivos	5
Método	5
Preparación de la muestra.....	5
Método de análisis.....	6
Análisis estadístico	6
Resultados y discusión	7
Determinación de la concentración de nitrito	7
Estudio estadístico de los datos.....	8
Estudio de posibles diferencias entre supermercados.....	12
Estudio de posibles diferencias entre Marcas	13
Evaluación del riesgo toxicológico	15
Conclusiones	17
Referencias bibliográficas	18

Introducción

El uso de aditivos alimentarios es una práctica común en la industria de alimentos procesados, siendo los nitritos uno de los conservantes más utilizados. Los nitritos se emplean principalmente por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, que son esenciales para la preservación de productos cárnicos como el paté. Estos compuestos no solo inhiben el crecimiento de bacterias patógenas, como *Clostridium botulinum*, sino que también contribuyen a mantener el color y el sabor característicos de estos productos cárnicos (Sindelar & Milkowski, 2012).

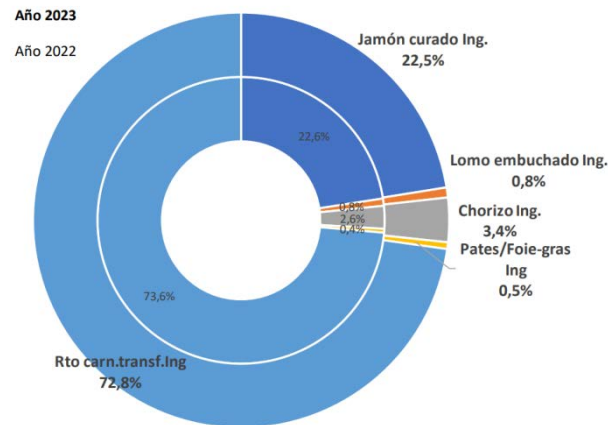
El uso de nitritos en alimentos ha despertado preocupación por sus posibles efectos adversos en la salud humana. Uno de los principales riesgos asociados con los nitritos es su capacidad para reaccionar con aminos secundarios presentes en los alimentos, formando compuestos conocidos como nitrosaminas. Estas sustancias son reconocidas por su potencial carcinogénico en humanos y animales y su formación puede ocurrir tanto durante el procesamiento de alimentos como en el ambiente ácido del estómago (Herrmann et al., 2015).

Las nitrosaminas se forman cuando los nitritos, añadidos como conservantes, reaccionan con aminos secundarios bajo condiciones ácidas y de alta temperatura, como las que se encuentran en el estómago o durante la cocción de alimentos cárnicos curados o procesados como el caso del paté. Estudios epidemiológicos y experimentales han sugerido una asociación entre la exposición a nitrosaminas y un mayor riesgo de cáncer gástrico y otros tipos de cáncer (Jakszyn, 2006).

La preocupación por estos riesgos ha llevado a la implementación de regulaciones estrictas en muchos países, limitando la cantidad de nitritos permitidos en los alimentos (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) et al., 2017). Estas regulaciones buscan minimizar la formación de nitrosaminas sin comprometer los beneficios de los nitritos en la conservación de alimentos.

En 2023 el consumo per cápita de carnes transformadas fue de 0,83 kilos por persona y año. En este consumo destaca el de jamón curado, que es de los más consumidos con 0,19 kilogramos por persona y año (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).

Figura 1. Gráfico del consumo per cápita de los tipos de carnes transformadas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023



El uso de subproductos cárnicos de cerdo como ingredientes es una de las tendencias de la industria alimentaria. Los despojos procesados más consumidos son el paté de hígado, el foie gras y las salchichas. Los despojos del cerdo como es el hígado tienen un gran valor nutricional debido a sus altos niveles de proteína y bajo contenido en grasa, además es una buena fuente de minerales, ácidos grasos, fibra y vitaminas esenciales (Bedale et al., 2013).

En el caso de los minerales, su contenido en los despojos de cerdo es muy bajos exceptuando el caso del hierro, el cual desempeña un papel fundamental para la producción de hemoglobina y glóbulos rojos, ayudando en la oxigenación de los tejidos, y por otra parte el zinc, el cual es esencial para el sistema inmunológico. El cobre es otro mineral que se acumula en el hígado, pero su concentración en los productos procesados es muy baja. Por otra parte, el hígado se incorpora en gran cantidad de preparaciones ya que es el que mayor concentración de vitamina A, D, E, K, vitamina B9 o folato y vitamina B12 o cobalamina. La vitamina A está presente en la mayoría de los subproductos del cerdo en cantidades variables, con concentraciones más altas particularmente en el hígado (Alfaia et al., 2019).

La evaluación de riesgos en el uso de nitritos en paté requiere un enfoque equilibrado que considere tanto los beneficios de los nitritos, como conservantes y como los posibles efectos adversos para la salud (Martín-Sánchez et al., 2013). A través de una regulación adecuada y prácticas de procesamiento mejoradas, es posible mitigar los riesgos asociados con los nitritos mientras se aprovechan los beneficios nutricionales del paté.

Objetivo del estudio

1. Determinar la concentración de nitrito en distintas marcas de paté.
2. Comparar el contenido de nitrito entre marcas y supermercados para establecer posibles diferencias significativas.
3. Verificar si estas concentraciones cumplen con la normativa vigente y son aptas para el consumo.
4. Realizar una evaluación del riesgo toxicológico de los nitritos en patés comerciales.

Material y métodos

Muestras

Se analizaron 48 muestras de 12 patés envasados individualmente. Las muestras se encontraban en envases metálicos o envasadas en vidrio, siendo esta la mayoría de los casos. Se conservaron a temperatura ambiente, alejados de la luz directa y cerrados herméticamente hasta el momento del análisis. De las 12 marcas de patés que se analizaron, 2 de ellos estaban etiquetados como “sin aditivos ni conservantes añadidos”. Aproximadamente se analizaron 20 gramos por muestra.

Tabla 1. Análisis de los doce tipos de patés.

Muestra	Nombre	Fabricante	Supermercado
Marca 1	Paté campaña	Casa tarradellas	Mercadona
Marca 2	Paté De Hígado de Cerdo Sabor su:	Ind. cárnicas navarras	SuperDumbo
Marca 3	Tapa Negra	La Piara	Carrefour
Marca 4	Cerdo Ibérico	Ind. Frigoríficas Del Louro	Día
Marca 5	Paté con cebolla caramelizada	Ind. cárnicas navarras	Mercadona
Marca 6	Paté al oporto	Ind. Frigoríficas Del Louro	Alteza
Marca 7	Paté casero Campaña	Carnes y Vegetales	Hiperdino
Marca 8	Paté de Jamón	Ind. Frigoríficas Del Louro	Carrefour
Marca 9	Paté de hígado de cerdo de campañ	Carnes y Vegetales	Alcampo
Marca 10	Paté de hígado de cerdo	Carnes y Vegetales	Supercor
Marca 11	Paté con solomillo sabor ahumado	R.G.S.E.A.A	Carrefour
Marca 12	Pimienta verde	La Piara	SuperDumbo

Material

- Vasos de precipitado 400 mL
- Matraces aforados de 50 mL
- Trituradora
- Placa calefactora
- Micropipeta automática con punta desechable
- Centrífuga
- Espectrofotómetro de absorción UV-VIS

Reactivos

- Sulfato de zinc 23%
- Borato sódico 5%
- Ferrocianuro potásico 15%
- Nitrito sódico
- Agua milli-Q
- Reactivo Griess

Preparación de reactivos

El reactivo de Griess se utiliza para la detección y cuantificación de nitritos en diversas muestras, como alimentos, agua y suelos. El principio de funcionamiento del reactivo de Griess se basa en una reacción colorimétrica específica que involucra tres componentes principales: sulfanilamida, ácido acético y N-(1-naftil) etilendiamina dihidrocloruro (NED).

Cuando el reactivo de Griess se añade a una muestra que contiene nitritos, los nitritos reaccionan con la sulfanilamida en un medio ácido proporcionado por el ácido acético, formando un compuesto intermedio conocido como una sal de diazonio. Esta reacción es específica para los nitritos y ocurre rápidamente en presencia de ácido. La sal de diazonio formada reacciona posteriormente con el NED para producir un azo-compuesto coloreado. Este compuesto suele ser rosado o rojo fácilmente detectable y cuantificable por espectrofotometría.

Este reactivo se compone de dos soluciones que deben prepararse por separado y luego mezclarse. Para preparar la solución A (solución de sulfanilamida) se añaden 0.52 gramos de ácido sulfanílico, 9 mL de ácido acético y 62 mL de agua mili-Q y se calienta hasta que se disuelva. Para preparar la solución B (solución de NED), se pesan 0.187 gramos de N-(1-naftil) etilendiamina dihidrocloruro y se le añaden 7 mL de agua mili-Q, se calienta para disolver y en otro vaso se añaden 9 mL de ácido acético y 62 mL de agua mili-Q. Se mezclan las soluciones A y B, se debe almacenarse en frascos de vidrio opaco y en un lugar fresco y oscuro.

Método

Preparación de la muestra

Para determinar la concentración de nitritos de la muestra es necesaria la preparación de la recta de calibrado de nitritos. Se usaron concentraciones conocidas en matraces de 50 mL desde 0'01 hasta 0'2 mg/L de nitrito. Se extraen 8 mL de cada uno de los matraces y se añaden en un tubo de ensayo junto con 1 mL de ácido acético y 1 mL de reactivo Griess. Tras esperar 30 minutos, se procede a la lectura a 538 nm en el espectrofotómetro.

Para la preparación de las muestras se toman 20 gramos de paté y se homogeniza con 80 mL de agua destilada durante 3 minutos en una batidora. Una vez la muestra sea completamente homogénea se le añaden 100 mL de agua destilada a una temperatura entre los 70-80°C, a continuación, se le añaden 10 mL de borato sódico ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) al 5% e inmediatamente después se agita y se calienta durante 30 minutos sin llegar al punto de ebullición.

Pasados los 30 minutos en los que la mezcla ha sido calentada se le añaden 5 mL de sulfato de zinc (ZnSO_4) al 23% y se agita la mezcla durante 15 segundos. Posteriormente se añaden 5 mL de ferrocianuro potásico ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) y se agita nuevamente durante 15 segundos.

A continuación, se procede a centrifugar para separar el sólido de la muestra, primero se centrifuga a 2000 rpm durante 2 minutos y después a 4000 rpm durante 15 minutos, con esto se consigue separar el sólido de la muestra de paté y poder sacar una alícuota de 2 mL a un matraz de 50 mL que posteriormente es enrasada con agua destilada (Özdestan & Üren, 2010).

Método de análisis

Para llevar a cabo el análisis de las muestras se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción UV-Visible. Esta técnica es ampliamente utilizada para el análisis cuantitativo y cualitativo de los analitos. Para ello se extrajeron 8 mL de la disolución en un tubo de ensayo y se le añade 1 mL de ácido acético y 1 mL de reactivo Griess, se agita y se deja reposar 30 minutos. Transcurrido ese tiempo se vierte en la cubeta de cuarzo limpia y se procede a la medición de la muestra en el espectrofotómetro de absorción UV-VIS a 538 nm.

Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa IBM Statistics SPSS 22.0 para Windows TM. Se comprobó la normalidad de las muestras mediante el test de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk y el test de Homogeneidad de las Varianzas de Levene (Gutiérrez, et al., 2008). Se realizaron el Test de Welch y ANOVA según la homogeneidad de las varianzas para comparar los grupos a estudiar y sus posibles diferencias significativas (Rubio, et al., 2017; Sangiuliano, et

al., 2017; Rubio, et al., 2018; Paz, et al.,2018). El análisis estadístico se ha realizado con el fin de confirmar la existencia o no de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las diferentes marcas y supermercados.

Resultados y discusión

Determinación de la concentración de nitrito

En la siguiente tabla se recogen a modo de resumen los valores obtenidos para cada tipo y marca de paté.

Tabla 2. Información sobre los valores de los diferentes tipos y marcas de paté.

Muestra	Procedencia	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
Marca 1	Supermercado 2	15,42	17,99	11,42	2,88
Marca 2	Supermercado 3	17,18	18,83	15,77	1,39
Marca 3	Supermercado 1	16,03	16,72	14,97	0,81
Marca 4	Supermercado 4	13,20	16,61	8,90	3,19
Marca 5	Supermercado 2	8,55	9,84	7,34	1,03
Marca 6	Supermercado 5	18,40	19,47	17,50	0,96
Marca 7	Supermercado 6	13,98	16,56	11,67	2,02
Marca 8	Supermercado 1	17,48	19,68	15,88	1,60
Marca 9	Supermercado 7	9,17	11,52	7,15	1,80
Marca 10	Supermercado 8	20,71	24,95	18,40	2,91
Marca 11	Supermercado 1	nd	-	-	-
Marca 12	Supermercado 3	nd	-	-	-

** nd = no detectado

En España, el límite legal de nitritos en productos cárnicos pasteurizados está regulado por la normativa de la Unión Europea. Según el Reglamento (UE) N.º 1129/2011, que modifica el anexo II del Reglamento (CE) N.º 1333/2008 sobre aditivos alimentarios, el límite permitido para nitritos (expresados como nitrito de sodio) en productos cárnicos es de 100 mg/kg.

En el caso de los patés marca 5 y 9 presentan los niveles más bajos de nitrito de todas las muestras analizadas, con 8,55 mg/kg y 9,17 mg/kg respectivamente. Por el contrario, los patés 10 y 6 tienen los niveles más altos de nitritos, con 20,71 mg/kg y 18,40 mg/kg respectivamente.

En el caso de los patés marca 11 y 12, que estaban etiquetados específicamente como “sin aditivos”, tras realizar la determinación del contenido de nitritos se confirmó que, en efecto, el contenido de nitritos en estos dos patés fue no detectado.

Comparando las muestras analizadas por marcas se puede diferenciar que la marca 5 de paté es la que tiene, de media, menor concentración de nitrito mientras que la marca de paté 10 es la que tiene, de media, más del doble de concentración de nitrito siendo, por tanto, el supermercado 8 con la mayor concentración de nitrito en sus lineales. Sin embargo, es el supermercado 7 el que tiene, de media, menor concentraciones de nitrito.

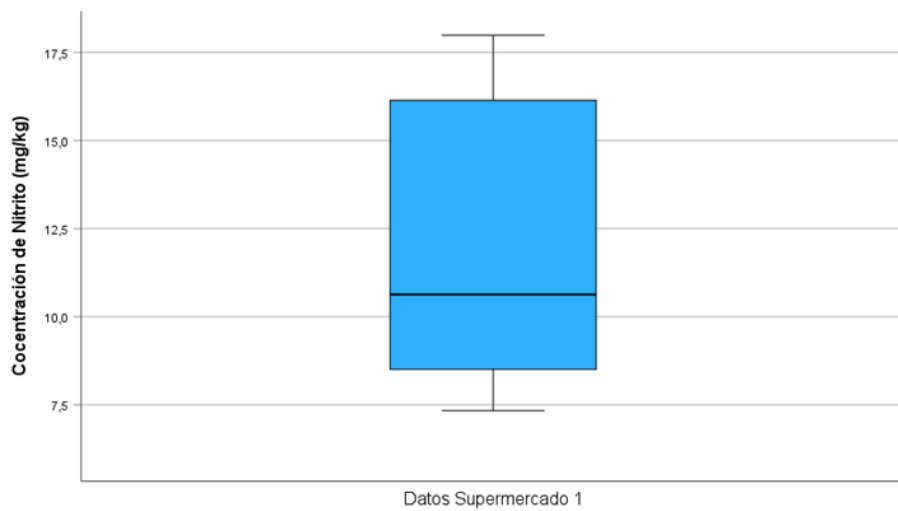
En el estudio de Berardi et al. (2021) realizado en Italia, se recogieron y analizaron trece tipos diferentes de productos cárnicos disponibles en el mercado. En general, todas las muestras tenían niveles inferiores a los límites legales de la UE, con una concentración media de 12,5 mg/kg. No obstante, del total de muestras analizadas en el artículo anterior, 10 tenían concentraciones de nitrito superiores a los límites legales de la UE. Comparándolo con las muestras analizadas en este estudio el resultado que se obtuvo es superior, ya que de media contenía 15,012 mg/kg de nitritos.

Estudio estadístico de los datos

Todos los grupos analizados presentaron una distribución normal de los datos, por un lado, marcas y por otro, supermercados.

En la siguiente figura se observa el diagrama de caja de dispersión correspondiente al Supermercado 1.

Figura 2. Diagrama de caja de dispersión del Supermercado 1.



Se llevaron a cabo las pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el fin de determinar la normalidad de los datos dentro del grupo de muestras de Supermercado 1.

Tabla 3. Normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk del Supermercado 1.

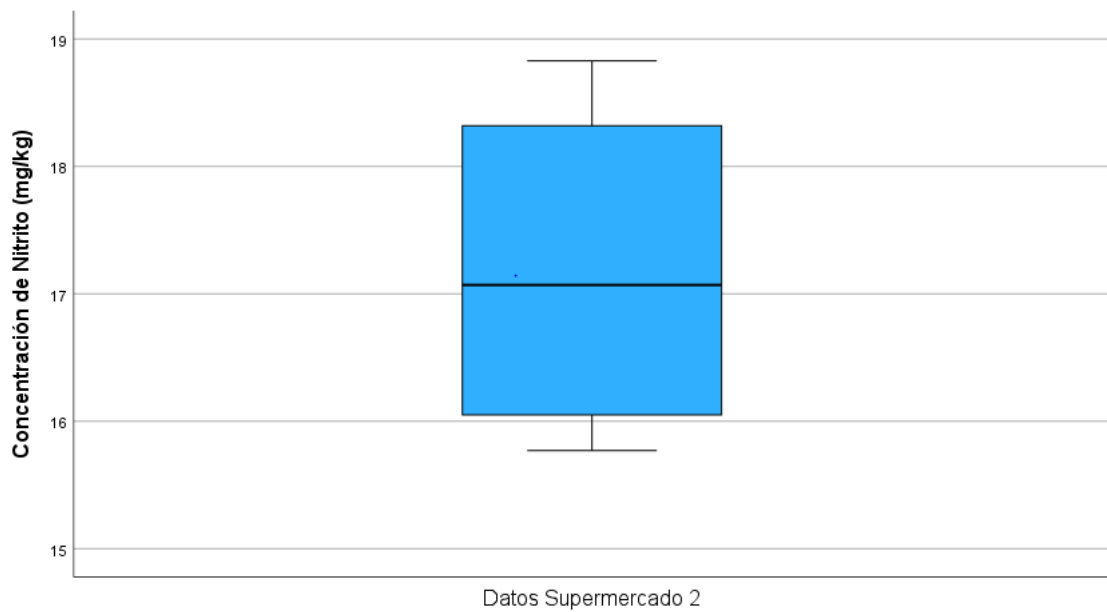
	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Supermercado1	,254	4	.	,907	4	,466

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 3 se muestra que los datos del grupo de muestras del Supermercado 1 están dentro de la normalidad ya que su nivel de significación es 0,466 y por lo tanto mayor que el establecido en el intervalo de confianza de $P=0,05$.

En la siguiente figura se observa el diagrama de caja de dispersión correspondiente al Supermercado 2.

Figura 3. Diagrama de caja de dispersión del Supermercado 2.



Se llevaron a cabo las pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el fin de determinar la normalidad de los datos dentro del grupo de muestras de Supermercado 2.

Tabla 4. Normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk del Supermercado 2.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Supermercado2	,196	8	,200 [*]	,884	8	,206

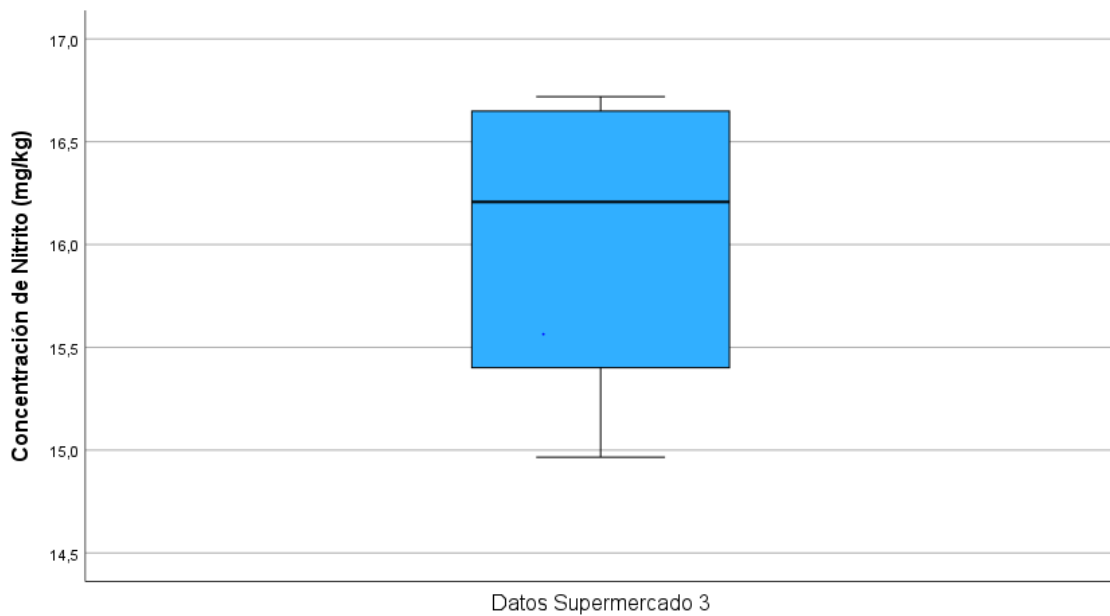
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 4 se muestra que los datos del grupo de muestras del Supermercado 2 están dentro de la normalidad ya que su nivel de significación es 0,466 y por lo tanto mayor que el establecido en el intervalo de confianza de $P=0,05$.

En la siguiente figura se observa el diagrama de caja de dispersión correspondiente al Supermercado 3.

Figura 4. Diagrama de caja de dispersión del Supermercado 3.



Se llevaron a cabo las pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el fin de determinar la normalidad de los datos dentro del grupo de muestras de Supermercado 3.

Tabla 5. Normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk del Supermercado 3.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Supermercado3	,230	4	.	,946	4	,694

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 5 se muestra que los datos del grupo de muestras del Supermercado 3 están dentro de la normalidad ya que su nivel de significación es 0,466 y por lo tanto mayor que el establecido que en el intervalo de confianza de $P=0,05$.

Todos los grupos formados por marcas presentaron una distribución normal de los datos.

Estudio de las posibles diferencias significativas

Se estudiaron las posibles diferencias significativas entre distintas marcas comerciales y entre distintos supermercados.

Estudio de posibles diferencias entre supermercados

Se realizó la prueba estadística de Levene para determinar las diferencias entre varianzas de los grupos.

Tabla 6. Pruebas de homogeneidad de varianzas.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración	Se basa en la media	9,114	2	13	,003
	Se basa en la mediana	3,943	2	13	,046
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,943	2	7,408	,068
	Se basa en la media recortada	8,536	2	13	,004

La prueba estadística de Levene da como resultado un nivel de significación de 0,003, menor al establecido $P=0,05$ por lo que las varianzas de los grupos no son homogéneas y no es posible llevar a cabo un ANOVA (ANalysis Of VAriance). Dado que no es posible realizar un ANOVA se ha llevado a cabo un Test de Welch con el fin de conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes grupos compuestos por los supermercados.

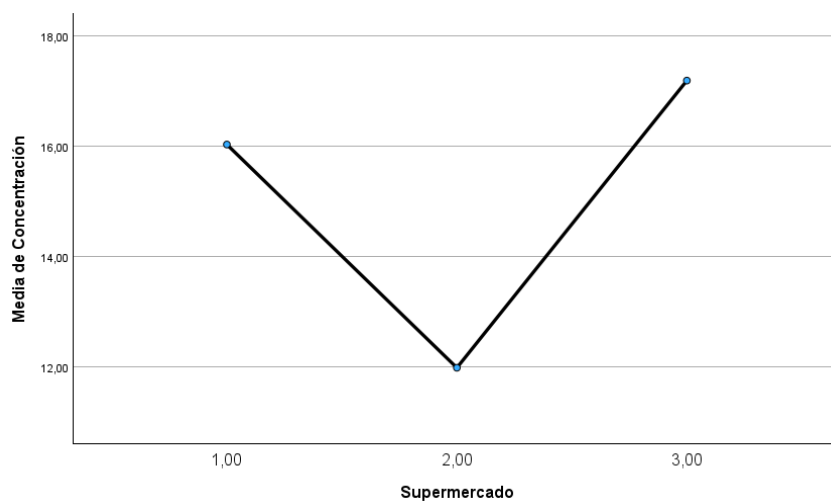
Tabla 7. Pruebas de igualdad de medias.

Pruebas robustas de igualdad de medias				
Concentración				
	Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	4,685	2	7,610	,047

a. F distribuida de forma asintótica

El Test de Welch ha dado como resultado un nivel de significación de 0,047, por debajo del establecido $P=0,05$ de modo que se determina que existen diferencias significativas entre al menos dos de los grupos. En el siguiente gráfico se puede apreciar como las medias del Supermercado 1 y 3 son próximas pero la del supermercado 2 se aleja dejando en evidencia que la concentración de nitrito presente en el Supermercado 2 es inferior.

Figura 5. Gráfico de las medias de concentración de los diferentes supermercados.



Estudio de posibles diferencias entre marcas

Se realizó la prueba estadística de Levene para determinar las diferencias entre varianzas de los grupos.

Tabla 8. Pruebas de homogeneidad de varianza de Levene.

		Pruebas de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
ConcentraciónM	Se basa en la media	1,000	9	30	,461
	Se basa en la mediana	,546	9	30	,829
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,546	9	14,669	,819
	Se basa en la media recortada	,927	9	30	,516

La prueba estadística de Levene da como resultado un nivel de significación de 0,461, mayor al establecido $P=0,05$ por lo que las varianzas de los grupos son homogéneas y es posible llevar a cabo un ANOVA.

Tabla 9. ANOVA (ANalysis Of VAriance)

ANOVA					
ConcentraciónM					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	544,688	9	60,521	14,632	<,001
Dentro de grupos	124,087	30	4,136		
Total	668,775	39			

El ANOVA resulta en un nivel de significación inferior al establecido de $P=0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis de que no existen diferencias significativas entre los grupos. Teniendo en cuenta este resultado se realizará el Test de Student-Newman-Keuls (SNK) con el fin de determinar las posibles diferencias significativas entre los posibles grupos.

Tabla 10. Test de Student-Newman-Keuls

ConcentraciónM					
Student-Newman-Keuls ^a					
Marca	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5,00	4	8,5500			
9,00	4	9,1725			
4,00	4		13,2025		
7,00	4		13,9800		
1,00	4		15,4225	15,4225	
3,00	4		16,0275	16,0275	
2,00	4		17,1850	17,1850	17,1850
8,00	4		17,4800	17,4800	17,4800
6,00	4			18,4025	18,4025
10,00	4				20,7100
Sig.		,668	,058	,258	,089

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

El resultado de este test indica la forma en las que los subgrupos pueden formar grupos que no presenten diferencias significativas, por ejemplo, la marca 5 y 9 no presentan diferencias significativas entre ellas mismas, pero sí con todas las demás, de la misma forma se construyen 4 grupos en los que se pueden localizar los subgrupos para no presentar diferencias significativas. De esta manera podemos concluir que en este estudio existen diferencias significativas entre las concentraciones de nitrito de las distintas marcas comerciales agrupadas en 4 grupos, entre las que el grupo 1, formado por la marca 4 y 9, es el que presenta menor cantidad de nitrito y el grupo 4, formado por las marcas 2,6,8 y 10, el que más.

Evaluación del riesgo toxicológico

Para evaluar si el consumo de estos patés podría suponer riesgo para la población por la presencia de nitritos, se debe evaluar el riesgo. Para ello se supone un consumo diario de 25 gr/día de paté por parte de un niño de 35 kg de peso corporal y un adulto de 70 kg de peso corporal. Además, hay que tener en cuenta la Ingesta Diaria Admisible (IDA) para los nitritos, que tiene un valor de 0,07 mg/kg de peso corporal/día correspondiente al nivel seguro establecido por el JECFA (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, sección "Con respecto a los nitritos").

Para hacer la evaluación del riesgo, en primer lugar, se debe calcular cual es la Ingesta Diaria Estimada (IDE), para ello se utiliza la fórmula:

$$IDE = \text{Concentración de nitritos} \left(\frac{mg}{kg} \right) \times \text{Consumo diario} \left(\frac{kg}{dia} \right)$$

A continuación, se debe de calcular la Ingesta Diaria Admisible de nitratos por peso (IDA) a partir de la siguiente fórmula:

$$IDA = IDA \text{ para nitritos} \left(\frac{mg}{kg} \right) \times \text{peso corporal} (kg)$$

Por último, con los datos obtenidos anteriormente se puede calcular el porcentaje de contribución basada en la fórmula:

$$\% \text{ Contribución} = \left(\frac{IDE \left(\frac{mg}{\text{día}} \right)}{IDA \left(\frac{mg}{\text{día}} \right)} \right) \times 100$$

Tras realizar los cálculos correspondientes se obtuvieron los valores de la tabla 11.

Tabla 11. Tabla de resultados de la IDE, IDA y Porcentaje de contribución de las muestras de paté.

Muestra	# IDE	IDA Adulto	IDA Niño	# % contribución Adulto	# % contribución Niño
Marca 1	0,386			7,868	15,736
Marca 2	0,430			8,767	17,535
Marca 3	0,401			8,176	16,352
Marca 4	0,330			6,735	13,469
Marca 5	0,214			4,361	8,722
Marca 6	0,460	4,9	2,45	9,389	18,777
Marca 7	0,350			7,134	14,268
Marca 8	0,437			8,917	17,835
Marca 9	0,229			4,680	9,359
Marca 10	0,518			10,567	21,133

Con los datos obtenidos se puede determinar que el consumo diario de 25 gramos de paté no presenta riesgo significativo de ingesta de nitritos para adultos, ya que el porcentaje de contribución es inferior al 10% en la mayoría de las muestras. El mayor porcentaje de contribución sería de la muestra 10 de paté, que es del 10 %, no supondría riesgo para los adultos, suponiendo que fuera la única fuente de nitrito en su dieta.

No obstante, en niños, el consumo de esa misma cantidad de paté representa una contribución situada entre el 10% y el 50% de contribución, esto indica que puede llegar a existir riesgo. Las únicas marcas que no aportarían más del 10% serían las 5 y 9, por lo que no presentarían riesgo significativo y sería más beneficioso para los niños, suponiendo que no fuera el paté su única fuente de nitrito en su dieta.

Conclusiones

1. Los resultados de los ensayos indicaron que los valores de nitritos presentes en las muestras de paté analizadas fueron bajos, por debajo de los límites establecidos por las normativas de seguridad alimentaria.
2. La evaluación del riesgo por ingesta de nitritos indica que no existe riesgo para la salud humana en general, con un consumo de 25 gramos diarios. Se debe tener especial precaución con los niños, ya que podrían estar en riesgo según los valores obtenidos, que están en el intervalo del 10-50% de contribución.
3. Dentro de las marcas de paté analizadas destaca la marca 5 (8,55 mg/L) por su baja concentración de nitritos con respecto a la marca 10 (20,71 mg/L). Las marcas de paté etiquetadas como "*sin aditivos añadidos*" no tuvieron concentración detectable.

Referencias bibliográficas

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Nitratos. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Recuperado de https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/nitratos.htm

Alfaia, C. M., Madeira, M. S., Pestana, J., Coelho, D., Lopes, P. A., Toldrá, F., & Prates, J. A. M. (2019). Pork Byproducts. En B. K. Simpson, A. N. A. Aryee, & F. Toldrá (Eds.), *Byproducts from Agriculture and Fisheries* (1.^a ed., pp. 19-41). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119383956.ch2>

Ana María Martín-Sánchez, Gelmy Ciro-Gómez, Estrella Sayas, José Vilella-Esplá, Jamel Ben-Abda, José Ángel Pérez-Álvarez, Date palm by-products as a new ingredient for the meat industry: Application to pork liver pâté, *Meat Science*, Volume 93, Issue 4, 2013, Pages 880-887, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.049>.

Bedale, Wendy & Sindelar, Jeffrey & Milkowski, Andrew. (2016). Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat Science*. 120. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.009>

Berardi, G., Albenzio, M., Marino, R., D'Amore, T., Di Taranto, A., Vita, V., & Iammarino, M. (2021). Different use of nitrite and nitrate in meats: A survey on typical and commercial Italian products as a contribution to risk assessment. *LWT*, 150, 112004. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112004>

EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Dusemund, B., Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Oskarsson, A., Parent-Massin, D., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., ... Younes, M. (2017). Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *EFSA Journal*, 15(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4786>

EUR-Lex. (2023). Regulation (EU) 2023/108. Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302108

Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., González, T., Burgos, A., Lozano, G., Hardisson, A. (2008) Content of trace metals (iron, zinc, manganese, chromium, copper, nickel) in canned variegated scallops (*Chlamys varia*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(6): 535-43. <https://doi.org/10.1080/09637480701567899>

Herrmann, S. S., Granby, K., & Duedahl-Olesen, L. (2015). Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516-526. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.101>

Jakszyn, P. (2006). Nitrosamine and related food intake and gastric and oesophageal cancer risk: A systematic review of the epidemiological evidence. *World Journal of Gastroenterology*, 12(27), 4296. <https://doi.org/10.3748/wjg.v12.i27.4296>

Karwowska M, Kononiuk A. Nitrates/Nitrites in Food-Risk for Nitrosative Stress and Benefits. *Antioxidants* (2020) Mar 16;9(3):241. <https://doi.org/10.3390/antiox9030241>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. (2023). *INFORME DEL CONSUMO DE ALIMENTACIÓN EN ESPAÑA 2023*. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe_2023_alta_tcm30-685877.pdf

Özdestan, Ö., & Üren, A. (2010). Development of a Cost-Effective Method for Nitrate and Nitrite Determination in Leafy Plants and Nitrate and Nitrite Contents of Some Green Leafy Vegetables Grown in the Aegean Region of Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5235-5240. <https://doi.org/10.1021/jf904558c>

REGLAMENTO (UE) No 1129/2011 DE LA COMISIÓN de 11 de noviembre de 2011 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) no 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo para establecer una lista de aditivos alimentarios de la Unión. <https://www.boe.es/doue/2011/295/L00001-00177.pdf>

Rubio, C., Napoleone, G., Luis-González, G., Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., Hardisson, A., Revert, C. (2017a) Metals in edible seaweed. *Chemosphere*, 173: 572-579. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.064>

- Rubio, C., Paz, S., Tius, E., Hardisson, A., Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., Caballero, J.M., Revert, C. (2018d) Metal Contents in the Most Widely Consumed Commercial Preparations of Four Different Medicinal Plants (Aloe, Senna, Ginseng, and Ginkgo) from Europe. *Biological Trace Element Research*. <http://doi.org/10.1007/s12011-018-1329-7>
- Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, 26(4), 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.03.011>
- Sangiuliano, D., Rubio, C., Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., Revert, C., Hardisson, A., Zanardi, E., Paz, S. (2017) Metal Concentrations in Samples of Frozen Cephalopods (Cuttlefish, Octopus, Squid, and Shortfin Squid): An Evaluation of Dietary Intake. *Journal of Food Protection*, 80(11): 1867-1871. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-184>