

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo de intoxicación alimentaria por presencia de aminas biógenas en comidas elaboradas a base de carne de pollo consumidas por población infantil menor de 3 años

Número de referencia: AESAN-2025-003

Informe aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 11 de diciembre de 2025

Grupo de trabajo

Baltasar Mayo Pérez (Coordinador), Houda Berrada Ramdani, Rosa María Capita González, Ángel José Gutiérrez Fernández, Silvia Pichardo Sánchez y María Roser Vila Casanovas

Comité Científico

Concepción María Aguilera García Universidad de Granada	María Pilar Guallar Castillón Universidad Autónoma de Madrid	Azucena del Carmen Mora Gutiérrez Universidad de Santiago de Compostela	María Dolores Rodrigo Aliaga Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Houda Berrada Ramdani Universitat de València	Ángel Gil Izquierdo Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Gema Nieto Martínez Universidad de Murcia	María de Cortes Sánchez Mata Universidad Complutense de Madrid
Irene Bretón Lesmes Hospital Gregorio Marañón de Madrid	Ángel José Gutiérrez Fernández Universidad de La Laguna	Silvia Pichardo Sánchez Universidad de Sevilla	Gloria Sánchez Moragas Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Rosa María Capita González Universidad de León	Isabel Hernando Hernando Universitat Politècnica de València	María del Carmen Recio Iglesias Universitat de València	Antonio Valero Díaz Universidad de Córdoba
Araceli Díaz Perales Universidad Politécnica de Madrid	Baltasar Mayo Pérez Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Ana María Rivas Velasco Universidad de Granada	María Roser Vila Casanovas Universitat de Barcelona

Secretario técnico

Vicente Calderón Pascual

Gestión técnica del informe AESAN: Ricardo López Rodríguez

Resumen

Las aminas biógenas son bases orgánicas de bajo peso molecular que provienen de la descarboxilación enzimática de aminoácidos. Se encuentran presentes en muchos tipos de alimentos, hallándose habitualmente las concentraciones más altas en pescado y sus derivados, así como en bebidas y alimentos fermentados de origen vegetal, cárnico y lácteo. En general, la concentración de estas aminas aumenta a medida que disminuye la calidad higiénica, por lo que la presencia y

niveles de aminas biógenas proporcionan una información indirecta del grado de contaminación y de las prácticas de producción, manipulación y almacenamiento de los alimentos.

La carne y los productos cárnicos constituyen un grupo de alimentos que, debido a su elevado contenido en proteínas y a la alta probabilidad de contaminación microbiana durante los procesos de sacrificio y procesado, favorece la formación de aminas biógenas que pueden aparecer en un amplio rango de concentraciones. Una alta concentración de una o varias aminas biógenas sugiere un gran desarrollo microbiano y, con ello, una pobre calidad de los alimentos.

Como consecuencia de la aparición de algunos brotes de origen alimentario en escuelas infantiles en España, asociados al consumo de carne de pollo con presencia de aminas biógenas por niños y niñas menores de 3 años, el Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ha evaluado la información disponible sobre los factores que pueden influir en la aparición de este tipo de brotes; los niveles aceptables de aminas biógenas en carne de pollo; aquellos aspectos relacionados con la producción de carne de pollo que tengan influencia en el nivel de aminas biógenas; la influencia del tiempo de caducidad y temperatura de conservación desde el momento del sacrificio de los pollos y las medidas que pueden permitir minimizar el riesgo en los comedores que usen este tipo de carne cuando los destinatarios sean la población infantil menor de 3 años.

El Comité Científico concluye que, por su estructura y composición proteica, la carne de pollo es, tras el pescado, la más susceptible de desarrollar aminas biógenas, influyendo en su aparición factores como el empleo de una materia prima de baja calidad higiénica y unas condiciones de transporte y/o conservación inadecuadas o muy prolongadas. No existe un consenso sobre los niveles de aminas biógenas que podrían usarse como guía en los alimentos. Existen, además, una serie de incertidumbres respecto a la toxicidad de histamina y tiramina, como son la concurrencia de las dos en un mismo alimento, o el efecto potenciador que pudiera tener la presencia de otras aminas biógenas, por lo que resulta difícil establecer niveles máximos seguros en este grupo de población.

Los sistemas de producción primarios de cría de pollos no parecen tener una influencia decisiva en los niveles de aminas biógenas en la carne. Sin embargo, los sistemas de producción y procesado de la carne sí pueden tener gran influencia en la contaminación microbiológica de las canales, lo que representa un factor crítico para la formación y acumulación de estas aminas en la carne durante su conservación y almacenamiento.

Sería recomendable no utilizar carne de pollo con un tiempo de conservación superior a 5 días tras el sacrificio de las aves en la alimentación de niños menores de 3 años, y siempre que la carne se mantenga a una temperatura adecuada desde el sacrificio (0-4 °C).

La prevención efectiva del riesgo por aminas biógenas por carne de pollo en comedores infantiles requiere una cadena de medidas de control que incluyan una cuidadosa selección de las materias primas y un buen tratamiento de estas hasta su consumo, con especial atención al mantenimiento de una adecuada temperatura de refrigeración y un almacenamiento por tiempo limitado.

Palabras clave

Aminas biógenas, carne, histamina, tiramina, niños, pollo.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the risk of food poisoning due to the presence of biogenic amines in meals made from chicken meat consumed by children under 3 years of age

Abstract

Biogenic amines are low molecular weight organic bases that come from the enzymatic decarboxylation of amino acids. They are present in many types of food, with the highest concentrations usually found in fish and their derivatives, as well as in beverages and fermented foods of plant, meat and dairy origin. In general, the concentration of these amines increases as the hygienic quality decreases, so the presence and levels of biogenic amines provide indirect information on the degree of contamination and on food production, handling and storage practices.

Meat and meat products are a group of foods that, due to their high protein content and the high probability of microbial contamination during slaughter and processing processes, favour the formation of biogenic amines that can appear in a wide range of concentrations. A high concentration of one or more biogenic amines suggests high microbial growth and, with it, poor food quality.

As a result of the appearance of a number of food-borne outbreaks in nursery schools in Spain, associated with the consumption of chicken meat with the presence of biogenic amines by children under 3 years of age, the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) has assessed the available information on the factors that can influence the appearance of this type of outbreaks; the acceptable levels of biogenic amines in chicken meat; those aspects related to the production of chicken meat that have an influence on the level of biogenic amines; the influence of the expiration time and storage temperature from the time of the slaughter of the chickens and the measures that can minimise the risk in the canteens that use this type of meat when the recipients are children under 3 years of age.

The Scientific Committee concludes that, due to its structure and protein composition, chicken meat is, after fish, the most susceptible to developing biogenic amines, with factors such as the use of a raw material of low hygienic quality and inadequate or very long transport and/or storage conditions having an influence on their appearance. There is no consensus on the levels of biogenic amines that could be used as a guide in foods. There are also a number of uncertainties regarding the toxicity of histamine and tyramine, such as the concurrence of both in the same food, or the potentiating effect that the presence of other biogenic amines may have. Therefore, it is difficult to establish safe maximum levels in this population group.

The primary production systems of chicken rearing do not seem to have a decisive influence on the levels of biogenic amines in meat. However, meat production and processing systems can have a great influence on the microbiological contamination of carcasses, which is a critical factor for the formation and accumulation of these amines in meat during its conservation and storage.

It would be advisable not to use chicken meat with a storage time of more than 5 days after slaughter of the birds in the diet of children under 3 years of age, and that the meat is always kept at a suitable temperature from slaughter (0-4 °C).

The effective prevention of the risk from biogenic amines from chicken meat in children's canteens requires a chain of control measures that include a careful selection of raw materials and their proper treatment until their consumption, with special attention to maintaining a suitable refrigeration temperature and storage for a limited time.

Key words

Biogenic amines, meat, histamine, tyramine, children, chicken.

Cita sugerida

Comité Científico AESAN. (Grupo de Trabajo) Mayo, B., Berrada, H., Capita, R.M., Gutiérrez, A.J., Pichardo, S. y Vila, M.R. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo de intoxicación alimentaria por presencia de aminas biógenas en comidas elaboradas a base de carne de pollo consumidas por población infantil menor de 3 años. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 2025, 42, pp: 11-46.

1. Introducción

En los años 2023 y 2024, se produjeron en España varios brotes de origen alimentario en escuelas infantiles, asociados al consumo de carne de pollo con presencia de aminas biógenas por niños y niñas menores de 3 años.

El cuadro clínico apareció a los pocos minutos de la ingestión, consistiendo, fundamentalmente, en una reacción localizada en la cara (alrededor de la boca), a veces en las manos, con enrojecimiento, sarpullido, ronchas y sensación de picor. Los síntomas desaparecieron en poco tiempo, sin necesidad de atención sanitaria.

Se identificó una fuerte relación entre el consumo de comidas preparadas con carne de pollo en diversas presentaciones, aunque, principalmente, contramuslos cortados en trozos, y una reacción histaminérgica inmediata en los afectados. No se encontraron factores de riesgo relevantes en las escuelas infantiles que fueran causantes o contribuyentes a la aparición de los brotes.

Como consecuencia de las investigaciones realizadas a consecuencia de los brotes mencionados, se detectaron niveles destacables de aminas biógenas en carne de pollo de distintos proveedores. Las carnes blancas son las primeras que se introducen en la alimentación infantil, comenzando por el pollo, y su consumo en colegios y guarderías es frecuente.

Los resultados de los análisis en las comidas preparadas con pollo y en la carne de pollo, tanto cruda como congelada, indicaron concentraciones elevadas de aminas biógenas: histamina, cadaverina, putrescina y tiramina. En el momento de la elaboración de las comidas, la carne de pollo no mostró olores anormales.

Respecto a la legislación relativa a las aminas biógenas, el Reglamento (CE) N° 2073/2005, sobre criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios, sólo fija límites para la histamina en productos de la pesca (UE, 2005).

Por ello, se ha solicitado al Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) un informe en el que se evalúe:

1. Factores que pueden influir en la aparición de este tipo de brotes.
2. Niveles aceptables de aminas biógenas en carne de pollo en su conjunto o si existe una de ellas como indicador de un nivel de riesgo para la población infantil menor de 3 años, así como, en su caso, para otras poblaciones vulnerables.
3. Aspectos relacionados con la producción de carne de pollo que tengan influencia en el nivel de aminas biógenas en la carne de pollo y si existe conocimiento de cambios en los sistemas de producción que hayan podido influir, como pudiera ser la alimentación, estirpe, etc.
4. Influencia del tiempo de caducidad y temperatura de conservación desde el momento del sacrificio de los pollos.
5. A la vista de lo anterior, qué medidas pueden permitir minimizar el riesgo en los comedores que usen este tipo de carne cuando los destinatarios sean la población infantil menor de 3 años.

1.1 Aminas biógenas

Las aminas biógenas son bases orgánicas de bajo peso molecular que provienen de la descarboxilación enzimática de aminoácidos. Todos los organismos vivos, incluyendo animales, plantas y

microorganismos, producen aminas biógenas. Estas participan en una amplia variedad de funciones biológicas en los seres vivos. Así, en el ser humano, las aminas biógenas están involucradas en el control de la división celular, la transmisión sináptica, la transmisión del impulso nervioso, la respuesta inmune o el control de la presión arterial (del Río et al., 2024). Según su estructura química, se diferencian dos tipos de aminas biógenas: las aminas alifáticas (putrescina y cadaverina) y las aminas aromáticas. Estas últimas a su vez se dividen en aminas con núcleo bencénico (tiramina y β -feniletilamina) y aminas con núcleo heterocíclico (histamina y triptamina). En función del número de grupos amino que poseen se clasifican en monoaminas (tiramina y β -feniletilamina) y diaminas (histamina, triptamina, putrescina y cadaverina) (del Río et al., 2024). Las poliaminas espermidina y espermina se han considerado habitualmente también aminas biógenas. Sin embargo, su biosíntesis y funciones fisiológicas son muy diferentes a las de las aminas biógenas y, en la actualidad, no se encuadran entre estos compuestos. Además, se suelen encontrar en los alimentos en bajas concentraciones, no representando riesgos para la salud (del Río et al., 2018).

1.1.1 Histamina

La histamina se produce por descarboxilación de la histidina por la enzima histidina descarboxilasa. Es la amina biógena que se detecta con mayor frecuencia -y normalmente en mayor concentración- en los alimentos, especialmente en pescados azules con altos niveles de histidina. De hecho, su concentración se utiliza como criterio de seguridad alimentaria e indicador de calidad en pescados y productos derivados. Una baja concentración indica frescura de las materias primas y buenas prácticas de manipulación y conservación (Papageorgiou et al., 2018). En el ser humano, la histamina endógena está involucrada en numerosos procesos fisiológicos, como la secreción de ácido gástrico, contracción de células musculares lisas, vasodilatación, inflamación o producción de citocinas (Ladero et al., 2010). Estos efectos se producen a través de la interacción con receptores acoplados a proteínas G, las cuales activan varias vías de transducción de señal, por lo que el efecto fisiológico final depende del receptor y del tipo celular (Worm et al., 2019). Sintetizada por las neuronas de la región posterior del hipotálamo, la histamina actúa también como neurotransmisor (Worm et al., 2019). La histamina ingerida con los alimentos puede incrementar o exacerbar, dependiendo de la concentración, estos procesos fisiológicos.

1.1.2 Tiramina y β -feniletilamina

La estructura química de estas dos aminas es muy similar. La tiramina se produce por la descarboxilación del aminoácido tirosina por la acción de la enzima tirosina descarboxilasa, mientras que la β -feniletilamina procede de la descarboxilación de la fenilalanina. En el cuerpo humano, tiramina y β -feniletilamina pertenecen a los llamados compuestos traza: compuestos endógenos que se encuentran en el organismo en concentraciones nanomolares. Ambas aminas biógenas comparten similitudes estructurales con neurotransmisores monoaminérgicos como la dopamina, aunque su concentración normal en plasma es muy inferior (Costa et al., 2022). Sus bajas concentraciones dificultan la determinación de los efectos biológicos de estas aminas biógenas. Debido a la acción microbiana, la tiramina puede encontrarse en elevadas concentraciones en algunos alimentos fer-

mentados y en alimentos en descomposición. Esta amina no atraviesa la barrera hematoencefálica, por lo que no tiene efectos psicoactivos.

1.1.3 Otras aminas biógenas

La estructura química de la cadaverina y la putrescina es muy similar, con cinco y cuatro átomos de carbono, respectivamente. La cadaverina es una diamina alifática que se sintetiza a partir del aminoácido lisina por la acción de la lisina descarboxilasa. Las bacterias pueden producir putrescina a partir de la arginina por medio de la ornitina descarboxilasa, o por desaminación de agmatina (producida, a su vez, a partir de arginina por la arginina descarboxilasa). La triptamina completaría el conjunto de las aminas principales. Esta resulta de la descarboxilación del triptófano y es también una amina traza que funciona como neurotransmisor (Pei et al., 2016).

2. Microorganismos productores

Los microorganismos productores de aminas biógenas incluyen una larga serie de bacterias Gram-positivas, Gram-negativas y algunas levaduras (Roig-Sagués et al., 2002) (Gardini et al., 2006). La capacidad de descarboxilar aminoácidos y producir aminas biógenas está presente en muchas bacterias, incluyendo especies de los géneros de enterobacterias (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Shigella* y *Salmonella*), micrococáceas (*Staphylococcus* y *Micrococcus*), bacterias ácido-lácticas (BAL) (*Enterococcus*, el antiguo género *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Pediococcus*, *Lactococcus* y *Leuconostoc*) y pseudomonas (*Pseudomonas*) (Gardini et al., 2016) (Doeun et al., 2017) (Ekici y Omer, 2020) (Kannan et al., 2020). Los diferentes microorganismos difieren en su capacidad para descarboxilar uno u otro aminoácido, por lo que cada tipo puede contribuir a la formación de unas aminas biógenas específicas (Hassan et al., 2013).

Los microorganismos productores de aminas biógenas son también diferentes en los distintos alimentos. En pescado y productos derivados, predominan las bacterias Gram-negativas contaminantes pertenecientes a especies como *Morganella morganii*, *Hafnia alvei*, *Proteus vulgaris*, *Pantoea agglomerans*, *Morganella psychrotolerans*, *Photobacterium phosphoreum* o *Enterobacter aerogenes*, entre otras (Emborg y Dalgaard, 2006) (Velut et al., 2019) (Hungerford, 2021). Estas bacterias producen mayoritariamente histamina. En carne de ave, los microorganismos implicados de forma frecuente en la producción de aminas biógenas son las enterobacterias (Lázaro et al., 2015). En los alimentos fermentados los principales microorganismos productores de aminas biógenas pertenecen a especies de BAL (EFSA, 2011). En estos productos, además, es habitual la presencia a concentraciones relativamente elevadas de dos o más aminas biógenas. Las BAL productoras de aminas biógenas pueden provenir de las materias primas, ser contaminantes ambientales, o formar parte de los cultivos iniciadores o de maduración que se añaden deliberadamente para controlar la fermentación. Las BAL productoras de histamina en productos fermentados pertenecen a especies de lactobacilos (Díaz et al., 2016) (Ascone et al., 2017) (Wechsler et al., 2021), aunque también se han descrito bacterias productoras de los géneros *Tetragenococcus*, *Streptococcus*, *Oenococcus* y *Pediococcus*. Las principales productoras de tiramina son bacterias del género *Enterococcus*, diversas especies de lactobacilos y algunas del género *Leuconostoc*.

Finalmente, cepas productoras de putrescina se han descrito en un gran número de géneros y especies de BAL (Ladero et al., 2010, 2012).

3. Bioquímica y genética de la producción de aminas biógenas

Las aminas biógenas se producen en el citoplasma celular por la descarboxilación enzimática del correspondiente aminoácido precursor. La amina formada y el protón que resulta de la descarboxilación se intercambian por medio de un antiportador de membrana con el aminoácido presente en el medio externo (Banicod et al., 2024). Este intercambio ayuda a las células a controlar el pH intracelular, particularmente en ambientes ácidos, por lo que el proceso se considera un mecanismo de resistencia al estrés ácido (Fernández de Palencia et al., 2011) (Romano et al., 2014) (Pérez et al., 2015) (del Río et al., 2016). Además, dado que las aminas biógenas tienen una carga positiva neta más que sus aminoácidos precursores, el proceso de intercambio conduce al desplazamiento de cargas positivas hacia el exterior de las células, lo que origina un gradiente eléctrico o fuerza protón-motriz que se utiliza para el transporte de nutrientes y la generación de energía (Volken et al., 2006).

Dependiendo de los microorganismos productores, la capacidad para producir aminas biógenas es una característica de especie o de cepa. En bacterias Gram-negativas, la producción parece ser, en su mayoría, una característica de especie. Los genomas de estas bacterias codifican abundantes descarboxilasas capaces de producir una o más aminas biógenas. Por el contrario, en las especies de BAL (por ejemplo, *Streptococcus thermophilus*, *Lentilactobacillus parabuchneri* o *Levilactobacillus brevis*), la capacidad de producir ABs parece ser mayoritariamente una propiedad cepa-específica (Banicod et al., 2024) (del Río et al., 2024). Los genes de las BAL implicados en la síntesis están asociados frecuentemente a elementos genéticos móviles, lo que sugiere que han sido adquiridos mediante transferencia genética horizontal (Marcobal et al., 2006) (Calles-Enríquez et al., 2010) (Romano et al., 2014). En algunas especies de enterococos (como *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* y *Enterococcus durans*), sin embargo, la capacidad para sintetizar aminas biógenas es una característica de especie (Ladero et al., 2012).

4. Aminas biógenas en alimentos

Las aminas biógenas están presentes en muchos tipos de alimentos y en muy diversas concentraciones. Como componentes endógenos, pueden encontrarse en pequeñas cantidades en numerosos alimentos frescos de origen vegetal. El consumo de estos alimentos no presenta un riesgo para la salud. En ocasiones, sin embargo, algunas aminas biógenas pueden alcanzar concentraciones elevadas que pueden resultar tóxicas (EFSA, 2011). Las concentraciones más altas se hallan habitualmente en pescado y sus derivados, así como en bebidas y alimentos fermentados de origen vegetal, cárnico y lácteo. La acumulación de aminas biógenas en las matrices alimentarias se debe a la presencia de bacterias capaces de descarboxilar los aminoácidos libres de los alimentos (Ladero et al., 2010) (Flórez-Duque et al., 2023). En general, la concentración de aminas biógenas aumenta a medida que disminuye la calidad higiénica (Liu et al., 2024), por lo que la presencia y niveles de aminas biógenas proporcionan una información indirecta del grado de contaminación y de las prácticas de producción, manipulación y almacenamiento de los alimentos (Comas-Basté et al., 2019) (Sánchez-Pérez et al., 2021).

La amina biógena que se detecta con mayor frecuencia y en mayor concentración en pescado y productos derivados es la histamina, principalmente en pescado azul con elevados niveles de histidina. El pescado y los productos pesqueros frescos normalmente no contienen histamina o solo niveles bajos. Esta amina se produce mayoritariamente por la acción de bacterias Gram-negativas contaminantes y constituye un indicativo de deterioro, relacionado con deficiencias en la cadena de frío (Papageorgiou et al., 2018) (Hungerford, 2021). Cuando se pierde la frescura, además de histamina, se acumulan con frecuencia otras aminas relacionadas con la actividad descarboxilasa de bacterias Gram-negativas como cadaverina y putrescina (Comas-Basté et al., 2019). La situación es más compleja en los alimentos fermentados en los que la biosíntesis de aminas biógenas se debe principalmente a la acción de BAL Gram-positivas, responsables también de la fermentación y de las características organolépticas del producto final (Ladero et al., 2017). En estos productos, las aminas biógenas más abundantes son tiramina, histamina y putrescina, seguidas de cadaverina y β -feniletilamina (EFSA, 2011). Los alimentos fermentados presentan condiciones óptimas para la acumulación de aminas biógenas debido a una microbiota diversa y la intensa proteólisis que tiene lugar durante la maduración, lo que garantiza la disponibilidad de aminoácidos precursores (Linares et al., 2012) (Wójcik et al., 2023).

Excepto putrescina y cadaverina, la gran mayoría de las aminas biógenas no provocan modificaciones sensoriales en los alimentos y, por tanto, su presencia no se detecta fácilmente (Schirone et al., 2022). Además, son termoestables, por lo que no se inactivan durante el procesamiento habitual de los alimentos, incluyendo el cocinado (Gardini et al., 2016) (Liu et al., 2024). Por ello, la forma más segura de reducir el riesgo de su consumo es reducir al máximo su formación.

4.1 Aminas biógenas en carne y productos cárnicos

La carne y los productos cárnicos constituyen un grupo de alimentos que, debido a su elevado contenido en proteínas y a la alta probabilidad de contaminación microbiana durante los procesos de sacrificio y procesamiento, favorece la formación de aminas biógenas (Schirone et al., 2022) (Wójcik et al., 2022). La carne fresca suele presentar concentraciones de espermina y de espermidina de 20-60 mg/kg y <10 mg/kg, respectivamente, y bajas concentraciones de otras aminas biógenas. Sin embargo, un almacenamiento prolongado o condiciones de conservación poco adecuadas favorecen el desarrollo microbiano y la producción de grandes cantidades de aminas biógenas, con predominio de tiramina, cadaverina, putrescina e histamina (Triki et al., 2018) (Ruiz-Capillas y Herrero, 2019) (Durak-Dados et al., 2020) (Dabadé et al., 2021). Estas aminas pueden aparecer en un amplio rango de concentraciones en diferentes tipos de carne y productos derivados (Jairath et al., 2015) (Schirone et al., 2022). Una alta concentración de una o varias aminas biógenas sugiere un gran desarrollo microbiano y, con ello, una pobre calidad de los productos. Así, los niveles de cadaverina y putrescina se han propuesto como indicadores de deterioro de la carne de vacuno y de ave durante el almacenamiento (Vinci y Antonelli, 2002). Por su parte, la carne cruda de cerdo se considera deteriorada con niveles de cadaverina y putrescina por encima de 15 mg/kg (Siripongpreda et al., 2020). En los productos cárnicos curados la amina predominante es la tiramina (Schirone et al., 2022). En contraposición a los valores de aminas biógenas individuales, algunos autores han propuesto como indicador de la calidad de la carne el Índice de Aminas Biógenas (IAB). Este índice se corresponde con la suma de los valores de tiramina, cadaverina, putrescina

e histamina (Durak-Dados et al., 2020). El IAB permite diferenciar entre carne fresca (IAB <5mg/kg), aceptable (IAB entre 5 y 20 mg/kg), de baja calidad (IAB entre 20 y 50 mg/kg) y deteriorada (IAB >50 mg/kg). Dado que la concentración final de aminas biógenas en los productos cárnicos varía en función de muchos factores de manipulación y procesado, el valor de IAB es más útil como indicador de calidad de carne fresca que de productos madurados o tratados térmicamente (Durak-Dados et al., 2020).

4.1.1 Aminas biógenas en carne de pollo

En general, la carne de ave tiene un elevado riesgo de contaminación durante el sacrificio y el procesado, lo que favorece la formación de aminas biógenas, incluso en condiciones de refrigeración. La carne de pollo, en particular, es especialmente sensible a la formación de aminas biógenas debido a la susceptibilidad a la proteólisis de sus fibras musculares. La elevada actividad de agua (a_w) y la disponibilidad de nutrientes hacen de esta carne un medio de cultivo ideal para un gran número de microorganismos. En la carne de pollo, el grupo microbiano implicado con mayor frecuencia en la producción de aminas biógenas es el de las enterobacterias (Lázaro et al., 2015). Las aminas biógenas pueden producirse durante la manipulación, almacenamiento y distribución de la carne, de manera que el grado de contaminación inicial y las condiciones ambientales durante el procesado influyen significativamente en los tipos de aminas biógenas y en su concentración (Saewa et al., 2021) (Alessandroni et al., 2022). Aunque hay grandes diferencias entre muestras de distintos estudios, en general, las aminas biógenas más comunes en carne de pollo son, por este orden, histamina, tiramina, cadaverina, putrescina, feniletildiamina, espermina y espermidina (Wójcik et al., 2022). El contenido de histamina, tiramina, cadaverina y putrescina en diferentes piezas de carne de pollo fresca y en productos derivados conservados a baja temperatura a lo largo del tiempo se muestra en la Tabla 1. Los niveles de aminas biógenas en las piezas frescas de partida son muy diferentes entre los distintos estudios, lo cual sugiere variabilidad en la calidad de la materia prima (Wójcik et al., 2022). En varios estudios, partiendo de carne de pollo con baja concentración de aminas biógenas, tras una conservación de 6-8 días a 4 °C, se detectan niveles apreciables de las aminas biógenas más tóxicas, histamina y tiramina (Tabla 1). Ello sugiere que una conservación a baja temperatura por un tiempo menor podría ser efectiva para disminuir los niveles tóxicos de aminas biógenas en la carne de pollo. Aunque no se relacionan en la tabla, la concentración de la mayoría de aminas biógenas aumenta extraordinariamente cuando los análisis se realizan en muestras conservadas durante un tiempo mayor (9-12 días).

5. Aminas biógenas y toxicidad

El contenido total de aminas biógenas en el organismo es la suma de las aminas biógenas endógenas que se producen en las células humanas y las que se incorporan de forma exógena. Estas proceden en su mayoría de los alimentos, pero pueden sintetizarse también en el intestino por la microbiota. Debido a sus efectos fisiológicos, la concentración de aminas biógenas en las células y en los tejidos está estrechamente regulada (Linsalata y Russo, 2008). En condiciones normales, las aminas biógenas exógenas se metabolizan rápidamente en la mucosa intestinal, dando lugar a compuestos fisiológicamente poco activos. La oxidación es la principal ruta catabólica de las aminas biógenas, aunque pueden participar también la acetilación y la metilación (Hungerford, 2021).

Dependiendo de los grupos amino, las reacciones de oxidación de las aminas biógenas están catalizadas por monoamino o diamino-oxidasas específicas (MAO o DAO, respectivamente) (Álvarez y Moreno-Arriivas, 2014).

Las aminas biógenas ingeridas con los alimentos pueden interactuar con receptores específicos e inducir trastornos digestivos, circulatorios y respiratorios (Linsalata y Russo, 2008). La gravedad de los síntomas depende de la cantidad y variedad de las aminas biógenas ingeridas y de la susceptibilidad del individuo, que depende a su vez de la actividad de las enzimas MAO y DAO. El consumo de altas concentraciones de aminas biógenas puede provocar la saturación de las enzimas detoxificantes (Maintz y Novak, 2007). La actividad de estas puede estar también reducida por causas genéticas o por la presencia de inhibidores, tales como las isoflavonas, algunos de sus metabolitos, la nicotina, o medicamentos inhibidores de la MAO (IMAO) (Hutchins et al., 2005) (Sved et al., 2022) (Van den Eynde et al., 2022). En determinados casos, la presencia de inhibidores provoca que la ingesta de aminas biógenas en bajas concentraciones tenga efectos tóxicos graves (Blackwell, 1963). Asimismo, el consumo concomitante con alcohol puede potenciar el efecto tóxico de las aminas biógenas al aumentar la permeabilidad de la pared intestinal (Wöhrl et al., 2004).

Los principales efectos de toxicidad aguda, que pueden aparecer rápidamente tras una ingesta puntual de aminas biógenas, son la escombroidosis, en el caso de la histamina, y crisis hipertensivas, en el caso de la tiramina en consumidores de queso tratados con inhibidores de la MAO. Por otro lado, la exposición crónica a ciertas aminas podría favorecer procesos carcinogénicos, ya que compuestos como la putrescina y la cadaverina pueden reaccionar con nitritos para formar nitrosaminas, sustancias con reconocido potencial cancerígeno (Jaguey-Hernández et al., 2021). Establecer el grado de toxicidad de las aminas biógenas es difícil porque depende de la eficiencia del proceso de desintoxicación en el tracto intestinal y de la presencia y concentración de otras aminas biógenas en el organismo (Ekici y Omer, 2020). La toxicidad de las aminas biógenas es variada, aunque la histamina y la tiramina son, sin duda, las más tóxicas. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) no ha establecido niveles de consumo seguros (NOAEL, *No Observed Adverse Effect Level*) para estas aminas biógenas, pero sugiere que las personas adultas sanas podrían consumir entre 25 y 50 mg de histamina y 600 mg de tiramina por comida sin presentar efectos adversos (EFSA, 2011).

Muchos autores reconocen la ausencia de datos experimentales sobre la toxicidad de las aminas biógenas. La ausencia de datos experimentales suele corregirse mediante la aplicación de factores de incertidumbre. Estos son valores de seguridad utilizados en la evaluación de riesgos para calcular la dosis de referencia que se considera segura o por debajo de la cual es improbable que se produzca un efecto adverso (IGHRC, 2003). El valor de los factores de seguridad depende del efecto tóxico, del tamaño y del tipo de la población que se quiere proteger, y de la calidad de los datos toxicológicos y de exposición disponibles. En los años 50 del siglo pasado se estableció un factor de incertidumbre universal de 100, denominado «margen de seguridad» (Dankovic et al., 2015). Este factor se puede descomponer en diversos factores de incertidumbre específicos que implican la extensión de datos de experimentación animal a humanos, la falta o insuficiencia de datos, la sensibilidad intraespecífica, la extensión de los efectos experimentales de corta duración a larga exposición, etc. Estos factores específicos tienen valores variables dependiendo de la forma de calcularlos. En general, se les suele dar a cada uno de ellos un valor de 10 (Dankovic et al., 2015) (Johanson et al., 2023).

Tabla 1. Contenido medio en aminas biógenas (mg/kg) en diversas piezas de carne fresca de pollo y productos derivados. Efecto de la temperatura de conservación en refrigeración al aire por diversos periodos de tiempo sobre la formación de aminas biógenas													
Pieza de pollo	Condiciones conservación	Histamina		Tiramina		Triptamina		Putrescina		Cadaverina		Referencia	
		Fresca	Conservada	Fresca	Conservada	Fresca	Conservada	Fresca	Conservada	Fresca	Conservada		
Filetes (n= 24) *	3,5 °C, 7 días	0,38	1,35	1,65	42,65	n.d.	n.d.	1,30	14,64	1,79	49,03	Chmiel et al. (2022)	
Muslo (n= 9) *	4 °C, 6 días	-	-	-	-	-	-	12,06	22,44	8,69	80,29	Min et al. (2023)	
Pechuga (n= 9) *		-	-	12,16	-	-	-	9,32	11,62	33,03	50,65		
Preparados de pollo (n= 4)	-	245,8	n.d.	262,25	n.d.	n.d.	n.d.	3534,20	n.d.	392,32	n.d.	Czajkowska-Mysiek y Leszczyńska, (2017)	
Carne de pollo (n= 4)	4 °C, 4 días	23,1	n.d.	5,55	n.d.	21,9	n.d.	28,25	n.d.	12,77	n.d.	Yue et al. (2023)	
Pechuga (n= 3)	4 °C, 4 días	-	10,8	-	5,48	-	15,30	-	27,01	-	27,40	Jastrzebska et al. (2024)	
Piezas de pollo (n= 36) *	4 °C, 7 días	-	4,9	-	23,9	n.d.	n.d.	-	-	-	-	Esposito et al. (2022)	
Pechuga congelada (n= 39)	4 °C, 6 días	3,35	6,04	0,42	2,74	n.d.	n.d.	0,32	15,68	0,01	67,10	Lázaro et al. (2014)	
Pechuga (n= 3) *	4 °C, 8 días	-	-	0,2	2,3	n.d.	n.d.	58,3	182,4	19,8	43,1	Balamatsia et al. (2006)	
Pechuga (n= 5) *	4 °C, 6 días	0,18	0,24	-	-	-	-	0,28	0,80	1,65	3,59	Lázaro et al. (2019)	
Pechuga (n= 16) *	4 °C, 4 días	-	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	-	Silva y Glória, (2002)	
Muslo (n= 16) *		0,7	0,5	-	2,1	n.d.	n.d.	-	-	-	-		
Salchichas (n= 10)	-	0,9	n.d.	0,1	n.d.	-	-	0,6	-	0,4	-		
Mortadela (n= 10)		1,5	n.d.	0,2	n.d.	-	n.d.	2,6	n.d.	0,6	n.d.		
Embutidos (n= 10)		13,5	n.d.	7,4	n.d.	5,7	n.d.	15,1	n.d.	8,0	n.d.		
Albóndigas (n= 10)		-	n.d.	0,3	n.d.	-	n.d.	0,6	n.d.	0,2	n.d.		
Hamburguesas (n= 10)		0,2	n.d.	0,5	n.d.	-	n.d.	0,6	n.d.	0,7	n.d.		
Nuggets (n= 10)		-	n.d.	-	n.d.	-	n.d.	-	n.d.	-	n.d.		
Pechuga picada (n= 9) *	4 °C, 6 días	1,61	4,41	-	3,14	n.d.	n.d.	1,02	1,17	-	8,9	Wojnowski et al. (2018)	
Pechuga picada (n= 3) *	4 °C, 6 días	1,47	3,80	-	4,15	n.d.	n.d.	0,99	1,82	-	10,47	Wojnowski et al. (2019)	

n.d.: no detectado. * Días de conservación tras el sacrificio bien precisados.

5.1 Toxicidad de la histamina

La intoxicación por histamina se conoce como intoxicación escombroide por su asociación con el consumo de pescado azul de las familias *Scombridae* y *Scomberesocidae* con alto contenido en histidina como atún, caballa, bonito, etc. Estos pescados son los responsables del 98 % de las intoxicaciones por histamina (Nuñez y Calzada, 2016) (Colombo et al., 2018). De las especies no escombroides, el pez limón (*Amberjack*), el dorado (*Mahi-mahi*), la sardina, el pargo de cola amarilla y el arenque son también responsables de intoxicación por esta amina biógena (Demoncheaux et al., 2012) (Harmelin et al., 2018). Los síntomas de la intoxicación por histamina están estrechamente relacionados con sus funciones fisiológicas y afectan a la piel (enrojecimiento, erupción cutánea, urticaria, prurito, edema o inflamación local), el tracto gastrointestinal (náuseas, vómitos y diarrea) y los sistemas circulatorio y nervioso (hipotensión, dolor de cabeza, mareos, palpitaciones, dificultades respiratorias y hormigueo) (EFSA, 2011) (Ekici y Omer, 2020) (Tabanelli, 2020). Los efectos pueden ser severos en individuos que, por razones genéticas o farmacológicas, son deficientes en DAO (Bodmer et al., 1999). Desde el año 2020 a la actualidad, el sistema europeo RASFF (*Rapid Alert System for Food and Feed*) ha reportado 143 alertas por la presencia excesiva de aminas biógenas en alimentos en la Unión Europea, de las cuales 141 corresponden a histamina (RASFF, 20205). En España, en 2020, se notificaron cuatro brotes de intoxicación por histamina (AESAN, 2022). Sin embargo, la similitud sintomática entre alergia alimentaria e intoxicación por histamina sugiere que esta última puede estar infradiagnosticada.

En líneas celulares de epitelio intestinal humano, se ha visto que concentraciones de histamina equivalentes a una dosis mayor de 440 mg/kg son citotóxicas (Linares et al., 2016). Tales concentraciones se alcanzan con facilidad en determinados pescados, productos derivados y queso. El mecanismo de citotoxicidad de esta amina biógena es la inducción de la apoptosis (Linares et al., 2016). En respuesta a reacciones alérgicas o daño tisular, la histamina también se libera de los mastocitos (glóbulos blancos). La proximidad de los mastocitos a los vasos sanguíneos, junto con las potentes acciones de la histamina, sugiere que esta amina puede influir en el flujo sanguíneo cerebral (Purves et al., 2001).

Diversos autores han descrito una considerable variabilidad interindividual en la tolerancia a histamina. En general, la ingesta de 50 mg de esta amina biógena no causa síntomas en personas adultas sanas (Wöhrl et al., 2004), mientras que 75 mg de histamina líquida pura por vía oral provoca síntomas leves en la mitad de las personas adultas sin antecedentes de intolerancia (Wöhrl et al., 2004) (Rauscher-Gabernig et al., 2009).

5.2 Toxicidad de la tiramina

La tiramina se encuentra en grandes cantidades en algunos quesos debido al metabolismo de bacterias lácticas tiraminogénicas (Linares et al., 2011). La intoxicación por tiramina causa la denominada «reacción al queso». Esta amina biógena puede estar presente también en concentraciones elevadas en carne y productos cárnicos, principalmente fermentados (Tabanelli, 2020). Sin embargo, las intoxicaciones por tiramina son infrecuentes. El sistema RASFF solo ha notificado una alerta por tiramina en los últimos 20 años (asociada a un queso Gruyère elaborado con leche cruda) (Ref. 2022.6393) (RASFF, 2025).

Cuando se ingiere tiramina, esta llega al intestino y es detoxificada por la MAO. Si la cantidad ingerida es demasiado alta, o la actividad MAO está inhibida, el exceso de tiramina llega al torrente sanguíneo, causando vasoconstricción. La tiramina puede hidroxilarse también dentro de las terminaciones nerviosas simpáticas formando octopamina, que desplaza a la noradrenalina de las vesículas de almacenamiento. Parte de la noradrenalina liberada interactúa con los receptores TAAR (*Trace Amine Associated Receptors*) causando hipertensión. Noradrenalina y octopamina afectan también a la transmisión del impulso nervioso en las terminaciones del sistema simpático, lo que puede causar náuseas, vómitos o dolores de cabeza (Ladero et al., 2010) (Andersen et al., 2019). La tiramina es capaz de elevar la presión arterial sistólica y causar crisis cardíacas o hemorragia cerebral (Blackwell, 1963). La administración oral de 125 mg de tiramina ejerce efectos sobre la presión arterial de personas sanas, y una dosis de 500 mg aumenta la presión sistólica basal en al menos 30 mm (Van den Berg et al., 2003). Por el momento, no se dispone de información suficiente para establecer el NOAEL de la tiramina en humanos (EFSA, 2011).

5.3 Toxicidad de otras aminas biógenas

Se dispone de poca información acerca de la toxicidad de otras aminas biógenas, aunque se sabe que todas ellas producen una variedad de efectos nocivos en la salud, y se han relacionado con múltiples brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (Omer et al., 2021). Aparte de histamina y tiramina, las aminas biógenas más comunes en alimentos son putrescina, cadaverina, β -feniletilamina, triptamina, espermina y espermidina (Ekici y Omer, 2018).

Aunque no se han realizado estudios de dosis-respuesta en humanos para determinar sus efectos adversos, los efectos tóxicos de putrescina y cadaverina se consideran menos potentes que los de histamina y tiramina. La ingestión de putrescina se ha asociado con hipotensión, bradicardia y parálisis de las extremidades (Shalaby, 1996). Por su parte, la exposición a cadaverina por vía digestiva se ha asociado con efectos similares a los de la putrescina (Shalaby, 1996). En ensayos de toxicidad oral subaguda en rata, se ha determinado un NOAEL para putrescina y cadaverina de 180 mg/kg p.c./día (Til et al., 1997). Por su parte, β -feniletilamina y triptamina actúan como neuromoduladores o neurotransmisores, y, al igual que tiramina, causan vasoconstricción, lo que puede producir hipertensión (Tittarelli et al., 2015).

Histamina y tiramina parecen tener también efectos citotóxicos sinérgicos (del Río et al., 2017), lo que puede ser relevante, ya que con frecuencia ambas están presentes en el mismo alimento. Los efectos sinérgicos pueden producirse también entre otras combinaciones de aminas biógenas. Así, putrescina, cadaverina y feniletilamina parecen incrementar los efectos adversos de la histamina (Omer et al., 2021). Las poliaminas putrescina, cadaverina, espermina y espermidina no tienen por sí mismas efectos tóxicos, pero son capaces de inhibir las enzimas que desintoxican histamina y tiramina, por lo que podrían potenciar las reacciones tóxicas causadas por estas (Lehane y Olley, 2000) (Károvičová y Kohajdová, 2005).

5.4 Toxicidad en personas sensibles

Respecto a la toxicidad de las aminas biógenas, se diferencian dos estados: intoxicación e intolerancia. En el caso de histamina, la intolerancia se define como un trastorno con un amplio rango

de síntomas gastro- y extra-intestinales inespecíficos que derivan de la escasa degradación de la amina en el intestino (EFSA, 2011). Se calcula que la intolerancia a histamina afecta hasta el 3 % de la población mundial, con una incidencia mayor en la mujer que en el hombre (en una relación 4:1) (Jarisch, 2014). Los individuos sensibles deben seguir una dieta baja en histamina y, en algunos casos, utilizar un suplemento de DAO exógena, ya que para ellos no existen niveles de histamina seguros (Sánchez-Pérez et al., 2022). En pacientes con intolerancia, la ingesta de cantidades pequeñas de histamina puede causar efectos tóxicos severos (EFSA, 2011).

La tiramina, por su parte, es muy tóxica en personas en tratamiento con IMAOs. Ingerida junto con estos, 6 mg de tiramina pura tienen grandes efectos tóxicos (McCabe-Sellers et al., 2006). Los IMAO de nueva generación (inhibidores reversibles) no inducen una sensibilidad tan grande y permiten una mayor tolerancia (entre 50 y 150 mg) (McCabe-Sellers et al., 2006).

Aunque con muy pocos datos, otras aminas biógenas, como espermina y espermidina, han sido relacionadas con alergias alimentarias (Kalac y Krausová, 2005).

5.5 Toxicidad infantil

Aunque no existen datos disponibles sobre toxicidad en los niños, es esperable una mayor sensibilidad de esta población a las aminas biógenas, ya que tienen sistemas enzimáticos (como la DAO) inmaduros y, por tanto, una menor capacidad de detoxificación. Debido a su bajo peso, dosis pequeñas de aminas biógenas pueden causar efectos más pronunciados en comparación con los que causan en adultos (Rosell-Camps et al., 2013). Por todo ello, los niños son una de las poblaciones más vulnerables a la presencia de aminas biógenas en los alimentos que van a ingerir.

6. Regulación de la presencia de aminas biógenas en alimentos

La normativa europea establece límites máximos de 200 mg/kg para la histamina en pescado procedente de especies con alto contenido de histidina libre en tejido muscular, y de 400 mg/kg para los productos derivados de estos pescados con maduración enzimática en salmuera (categoría 1.27a) (Reglamento (CE) N° 2073/2005 y modificaciones posteriores: 144/2007, 365/2010) (UE, 2005). La legislación se aplica a determinadas especies de pescado de las familias *Scombridae*, *Clupeidae*, *Eugraulidae*, *Coryphenidae*, *Pomatomidae* y *Scomberesocidae* a lo largo de su vida útil con un plan de muestreo que comprende nueve unidades ($n=9$), dos de las cuales (tolerancia; $c=2$) pueden tener una concentración entre 100 (m) y 200 (M) mg/kg de histamina y ninguna debe estar por encima del límite máximo. Asimismo, el Reglamento regula también los niveles de histamina en los productos procesados de estas especies, con un plan de muestreo similar de nueve unidades, dos de las cuales pueden tener entre 200 y 400 mg/kg de histamina y ninguna superar el límite máximo.

No se han publicado normas ni directrices relativas al contenido en aminas biógenas en carne, productos cárnicos u otros tipos de alimentos (Schirone et al., 2022) (del Río et al., 2024).

En los Estados Unidos, la FDA (*Food and Drug Administration*) ha establecido una concentración máxima de histamina de 50 mg/kg para los alimentos en general (FDA, 2022), un límite mucho más restrictivo que los de la actual legislación europea. En la Resolución y el Reglamento técnico sobre identidad y calidad del pescado fresco (entero y eviscerado) del MERCOSUR se estableció un nivel

aceptable de histamina de 100 mg/kg en los músculos de especies de las familias *Scombridae*, *Coryphaenidae*, *Scomberesocidae*, *Pomatomidae* y *Clupeidae* (Rodríguez et al., 2014). El Código Nutricional de la República Eslovaca establece un límite superior para dos aminas biógenas: histamina (20 mg/kg en cerveza y 200 mg/kg en pescado y productos derivados) y tiramina (200 mg/kg en queso). El Instituto de Investigación Láctea de los Países Bajos y la República Checa han previsto un límite superior recomendado de 100-200 mg/kg para la histamina en los productos cárnicos. No existen normas o criterios establecidos para cadaverina, putrescina y otras aminas biógenas, aunque se han sugerido algunas recomendaciones (Shashank et al., 2021).

7. Control y prevención de la formación de aminas biógenas

La importancia de prevenir la acumulación excesiva de aminas biógenas en alimentos se relaciona con su toxicidad y el impacto que tienen en la salud humana. También con su influencia en la calidad, ya que algunas aminas biógenas dan lugar a sabores o aromas extraños. Las aminas biógenas se producen bajo dos condiciones simultáneas: presencia de los aminoácidos precursores y microorganismos con aminoácido decarboxilasas específicas. Los microorganismos con estas actividades pueden provenir de las materias primas o ser contaminantes que acceden a los alimentos durante el procesado o el almacenamiento (Papageorgiou et al., 2018). La presencia de niveles tóxicos de aminas biógenas se asocia con una alta concentración ($>7 \log_{10}$ UFC/g) de microorganismos descarboxiladores. De esta forma, el contenido en aminas biógenas puede utilizarse como un indicador indirecto de la carga microbiana (Gardini et al., 2016). Dado que, una vez producidas, las aminas biógenas son difíciles de eliminar, las estrategias para prevenir su acumulación en alimentos están enfocadas a reducir su formación, lo que conlleva la reducción del desarrollo de microorganismos productores.

Otros factores que influyen en la presencia de aminas biógenas en los alimentos son la composición de estos, las prácticas de manipulación y procesado (por ejemplo, fermentación, maduración, adición de aditivos o los procesos que influyan en la contaminación postratamiento), el pH final del producto o las condiciones de almacenamiento (tiempo, temperatura o composición de la atmósfera) (Ruiz-Capillas y Herrero, 2019) (Dabadé et al., 2021). Las estrategias que recoge la literatura científica para la reducción del contenido en aminas biógenas en alimentos incluyen la utilización de materias primas de primera calidad y el empleo de métodos de procesado adecuados, la utilización de cultivos iniciadores seleccionados para la elaboración de productos fermentados, la adición de conservantes o extractos antimicrobianos naturales, y el tratamiento de los alimentos con tecnologías experimentales emergentes de conservación (algunos no autorizados o cuya utilización está solo permitida en el procesado de determinados alimentos o aditivos alimentarios) como las Altas Presiones Hidrostáticas (APH), la irradiación o el envasado en Atmósferas Modificadas (AM). Estos métodos permiten reducir el contenido en aminas biógenas mediante la inhibición del desarrollo de las bacterias productoras o la reducción de la actividad las descarboxilasas.

7.1 Origen y características de la carne

Varios estudios evidencian que el origen de la carne puede influir en la formación de aminas biógenas. Así, la formación de histamina y tiramina tiende a ser menor en productos cárnicos envasados

elaborados exclusivamente con carne de cerdo (como jamón cocido y jamón curado) (Wortberg y Woller, 1982) (Vidal-Carou et al., 1990) que en aquellos que contienen mezclas de carne bovina y porcina (salami, salchichón, chorizo o salchichas de Bolonia) (Jairath et al., 2015). Por otra parte, en las mismas condiciones de almacenamiento, el contenido en aminas biógenas en carne de pollo es, generalmente, mayor que en carne de vacuno o de cerdo debido a su estructura y composición proteica (Alessandroni et al., 2022). El contenido en grasa de la carne parece influir también en la formación de aminas biógenas, ya que este se correlaciona negativamente con la a_w . Una baja a_w inhibe el crecimiento microbiano y reduce la proteólisis (Liu et al., 2024), factores que afectan directamente a la producción de aminas biógenas.

7.2 Uso de cultivos iniciadores no productores de aminas

Europa es el mayor productor y consumidor de productos cárnicos fermentados, que son los alimentos con mayor nivel y diversidad de aminas biógenas. La fermentación de la carne incrementa la acidez de la materia prima, lo cual, junto con la deshidratación, la adición de cloruro sódico y la presencia de microorganismos, favorecen la proteólisis y la aparición de aminoácidos libres que constituyen el sustrato de las descarboxilasas (Jairath et al., 2015) (Ruiz-Capillas y Herrero, 2019). La mejor estrategia para reducir la concentración de aminas biógenas en estos productos es la utilización de cultivos iniciadores seleccionados que no las produzcan. Los cultivos iniciadores compiten con las bacterias nativas y contaminantes con actividad descarboxilasa, reduciendo así la formación de aminas biógenas (Nieto-Arribas et al., 2009). Favorecen también un descenso rápido del pH, lo que contribuye a la inhibición de muchos microorganismos productores (Domínguez et al., 2016) (Gardini et al., 2002) (González-Fernández et al., 2003). Algunos cultivos iniciadores sin actividad descarboxilasa poseen enzimas que oxidan o degradan aminas biógenas generando aldehídos, H_2O_2 y amoníaco, con lo que reducen su concentración en los productos fermentados (La Gioia et al., 2011) (Zaman et al., 2011) (Cueva et al., 2012) (Naila et al., 2024).

7.3 Métodos de procesado tecnológico

Además de las propiedades intrínsecas, la manipulación y los procesos tecnológicos a los que los alimentos se someten influyen también en la generación de aminas biógenas. Así, el daño mecánico sobre la carne se traduce en un incremento de la proteólisis y la liberación de aminoácidos libres, lo que facilita la formación de aminas biógenas (Cruz-Monterrosa et al., 2017). Otros tratamientos, tienen el efecto de reducir la formación de las aminas biógenas. El ahumado, por ejemplo, reduce la concentración de aminas biógenas en jamón curado, debido a la inhibición del crecimiento microbiano, la reducción de la a_w y la inhibición parcial de la proteólisis (Schirone et al., 2022). La adición de sal en el procesado de muchos productos cárnicos tiene también una gran influencia en la reducción de aminas biógenas, ya que inhibe el crecimiento microbiano y reduce la actividad descarboxilasa (Roseiro et al., 2006) (Gardini et al., 2008, 2016) (Bover-Cid et al., 2009). En este sentido, las bacterias Gram-negativas son, en general, más sensibles al incremento de la concentración de sal que las Gram-positivas (Kebary et al., 1999). Algunos autores, no obstante, atribuyen a la sal

una potenciación de la actividad metabólica de los microorganismos descarboxiladores, indicando, en particular, el papel de los iones de sodio en el intercambiador Na/H^+ que se encarga de expulsar protones al exterior de la célula (Lorencová et al., 2014) (Gardini et al., 2016).

7.4 Altas presiones hidrostáticas

Las Altas Presiones Hidrostáticas (APH) constituyen una tecnología emergente que consiste en aplicar presiones de intensidad variable a los alimentos (hasta 600 MPa) con el fin de reducir la carga microbiana y, con ello, extender su vida útil y mejorar su seguridad y calidad. La eficacia de las APH varía significativamente dependiendo del tipo de alimento y las condiciones específicas del tratamiento, lo que obliga a optimizar las condiciones para cada aplicación particular (Novella-Rodríguez et al., 2002) (Doeun et al., 2016). Las APH se ensayan como una alternativa prometedora a los tratamientos térmicos tradicionales para la conservación de la carne, aunque puede influir en las propiedades físicas y sensoriales como dureza, color y jugosidad. Así, la aplicación de una presurización de 500 MPa en salchichas fermentadas secas y semisecas mejoró la calidad microbiana y redujo la formación de aminas biógenas durante el almacenamiento (Latorre-Moratalla et al., 2007), sin provocar cambios significativos en la calidad organoléptica. Resultados similares se han obtenido para salchichas fermentadas de carne de pollo, cerdo y vacuno (Simon-Sarkadi et al., 2012) (Borges et al., 2020). En la mayoría de los casos, la aplicación de APH muestra un efecto reductor de la formación de putrescina y cadaverina, mientras que aumenta la formación de tiramina y espermidina. La tiramina está relacionada principalmente con la actividad de BAL fermentativas, mientras que la putrescina y la cadaverina, generalmente, derivan de la acción de bacterias no fermentadoras. La reducción de aminas biógenas viene mediada por la reducción de las poblaciones productoras que pueden ser BAL, enterococos o enterobacterias (Latorre-Moratalla et al., 2007) (Espinosa-Pesqueira et al., 2018). Las APH pueden reducir también la actividad proteolítica, lo que resulta, de nuevo, en una reducción de la formación de aminas biógenas (Espinosa-Pesqueira et al., 2018).

7.5 Envasado en atmósferas modificadas

El envasado en Atmósferas Modificadas (AM) es una técnica ampliamente utilizada en la industria para reducir la proliferación microbiana en los alimentos. Mezclas de gases como dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2) limitan la proliferación de los microorganismos aerobios. Este método se ha empleado con éxito para el almacenamiento de carne y productos cárnicos, prolongando su calidad y vida útil (Fraqueza et al., 2012) (Doeun et al., 2017). AM con alta concentración de oxígeno previenen mejor que el envasado en vacío o al aire la acumulación de putrescina y cadaverina en pechuga de pollo (Chmiel et al., 2022). En este mismo estudio se señaló también la importancia de unas buenas condiciones de almacenamiento, observándose una mejor estabilidad del producto en condiciones de baja temperatura y humedad. El aumento de la concentración de CO_2 en los envases de pollo cocido reduce la formación de putrescina y cadaverina (Gallas et al., 2010) (Rodríguez et al., 2015). Las AM han mostrado también un efecto reductor de la formación de aminas biógenas en chorizo fresco almacenado en atmósferas con CO_2 y N_2 o argón (Ruiz-Capillas et al., 2012) (González-Tenorio et al., 2013).

7.6 Uso de extractos antimicrobianos naturales

Los extractos de plantas, como romero, tomillo u orégano, entre otros, poseen propiedades antimicrobianas eficaces para reducir la carga microbiana y, en consecuencia, podrían limitar la producción de aminas biógenas. Estos productos son atractivos para los consumidores debido a su origen natural y a una menor percepción de riesgo químico, en comparación con el de los conservantes sintéticos (Wójcik et al., 2022). Existen numerosos ensayos experimentales sobre el efecto de diversos extractos de plantas en la formación de aminas biógenas (Houicher et al., 2015) (Kongkiattikajorn, 2015) (Sun et al., 2018) (Burgut, 2020) (Özoğul et al., 2021) (Li et al., 2023) (Kuley et al., 2024).

Sin embargo, para que este tipo de extractos se puedan emplear como conservantes deben estar autorizados y deben cumplir con la legislación propia de los aditivos alimentarios: Reglamento (CE) N° 1333/2008 (UE, 2008), sobre aditivos alimentarios, y Reglamento (UE) N° 231/2012 (UE, 2012), por el que se establecen especificaciones para los aditivos que se reflejan en los anexos II y III del Reglamento (CE) N° 1333/2008.

7.7 Control de factores ambientales

La formación de aminas biógenas en los alimentos está relacionada con las condiciones ambientales que permiten el desarrollo y la actividad de las bacterias descarboxiladoras de su microbiota. El control estricto de factores como temperatura, pH y humedad es crucial para reducir o inhibir por completo la formación de aminas biógenas.

7.7.1 Temperatura

La temperatura de almacenamiento y procesamiento es uno de los parámetros más importantes para la reducción de aminas biógenas en muchos alimentos. La congelación inhibe el crecimiento microbiano y, por consiguiente, la producción de aminas biógenas. Sin embargo, el rango óptimo de temperatura para la producción de aminas biógenas por bacterias mesófilas es de 20 a 37 °C (EFSA, 2011). Estas temperaturas elevadas aceleran el crecimiento de los microorganismos que descarboxilan los aminoácidos, impulsan el catabolismo de las proteínas e incrementan la actividad de las descarboxilasas, lo que conduce a la producción de aminas biógenas. En pescado, la temperatura óptima para la producción de histamina por *Morganella morganii* es de 25 °C (Latorre-Moratalla et al., 2012). La producción de tiramina en carne picada por *Carnobacterium divergens* es mayor a 25 que a 15 °C (Masson et al., 1999). En el mismo sentido, Bunková et al. (2010) demostraron que los niveles de putrescina, tiramina, y cadaverina en queso Edam madurado a 10 °C eran mayores que los producidos a 5 °C. Para minimizar la multiplicación de los microorganismos y la concomitante producción de aminas biógenas, los productos perecederos deben mantenerse a temperaturas entre 0 y 4 °C (Buňková et al., 2010), durante toda la cadena de producción y procesamiento hasta el momento de su consumo. En este sentido, con objeto de minimizar la formación de histamina, la FDA recomienda la conservación del pescado a una temperatura inferior a 4,4 °C (FDA, 2011).

7.7.2 pH y a_w

El pH es un factor que tiene una gran influencia en el crecimiento bacteriano, la actividad descarboxilasa y la respuesta bacteriana al estrés ácido (Barbieri et al., 2019). El valor óptimo de pH para la formación de aminas biógenas depende del microorganismo y la amina considerada. Algunos autores han encontrado valores de pH óptimos de 4,5 (Tabanelli et al., 2012), 5,0 (Moreno-Arribas y Louvand-Funel, 2001) (Zhang y Ni, 2014), entre 5,0 y 6,0 (Bargossi et al., 2015), o entre 5,5 y 6 (Greif et al., 2006) (Liu et al., 2014). No obstante, en otros trabajos se han observado valores de pH óptimos más elevados (7,0), especialmente cuando están involucradas bacterias Gram-negativas (Kanki et al., 2007). La descarboxilación contribuye al incremento del pH (tanto intra como extracelular) y puede aportar una energía suplementaria a las células (Gardini et al., 2016). En bacterias sensibles al ácido, la adición de ácidos orgánicos a los alimentos, o una correcta acidificación de los productos fermentados, puede reducir el desarrollo de muchos biotipos microbianos y, con ello, reducir la síntesis de aminas biógenas (Ruiz-Capillas y Herrero, 2019). La disminución de la a_w de un alimento tiene unos efectos similares, ya que reduce también el crecimiento de los microorganismos productores (Kebary et al., 1999).

7.8 Tiempo de almacenamiento

Tras la temperatura, el tiempo de almacenamiento es un parámetro crítico en la formación de aminas biógenas, ya que favorece la proteólisis de las proteínas en péptidos y su posterior degradación a oligopéptidos y aminoácidos libres (Durak-Dados et al., 2020). La relación entre tiempo de almacenamiento y acumulación de aminas biógenas se ha demostrado en diversas muestras de carne y productos cárnicos (Halász et al., 1994) (Krizek et al., 2002) (Marcobal et al., 2006). Un almacenamiento prolongado favorece la producción de aminas biógenas incluso en carne congelada. Así, por ejemplo, la concentración media de putrescina y cadaverina aumentó de 0 hasta 1121,48 $\mu\text{g/g}$ en diferentes cortes de vacuno tras 5 meses de almacenamiento a -18°C (Motaghifar et al., 2021).

7.9 Análisis y seguimiento de aminas biógenas en alimentos

La monitorización de la concentración de aminas biógenas en los alimentos durante la producción y almacenamiento es una medida de gran interés para garantizar la seguridad alimentaria. La monitorización constante ayuda a detectar productos que superan los límites de seguridad establecidos y permite evaluar la eficacia de las estrategias de prevención implementadas en la cadena de producción (EFSA, 2011).

7.10 Buenas prácticas de higiene

Las materias primas deben ser de alta calidad microbiológica y manipularse en condiciones estrictas de higiene. El control de la carga microbiana inicial es clave, ya que los microorganismos responsables de la producción de aminas biógenas, como ciertas especies de enterobacterias y pseudomonas, suelen introducirse en etapas iniciales del procesado, y proliferar después si no se toman las medidas adecuadas (Sivamaruthi et al., 2021) (Schirone et al., 2022).

Es básico también el cumplimiento de las buenas prácticas de higiene y fabricación por los operadores. Así, el Reglamento (CE) N° 852/2004 (UE, 2004a) establece los requisitos generales de higiene para todas las empresas alimentarias en todas las etapas de la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumidor final. Por otro lado, el Reglamento (CE) N° 853/2004 (UE, 2004b) establece normas específicas de higiene para los alimentos de origen animal, como carne, pescado y productos lácteos, complementando al Reglamento (CE) N° 852/2004, especialmente en fases posteriores a la producción primaria.

8. Exposición a aminas biógenas y riesgo

8.1 Consumo de carne de pollo

Se estima que en 2018 la producción global de carne de pollo en el mundo alcanzó los 119,7 millones de toneladas (Wójcik et al., 2022). La carne de pollo destaca por su alta calidad nutricional, ofreciendo, al mismo tiempo, bajos niveles de grasa y colesterol (Esposito et al., 2022). El consumo de este alimento ha crecido significativamente en las últimas décadas, debido, entre otros factores, a su bajo coste de producción y la ausencia de restricciones culturales a su consumo (Wójcik et al., 2022). Según las previsiones, el consumo de carne de pollo seguirá aumentando y alcanzará en 2029 los 15,1 kg per cápita a nivel mundial y los 33 kg por persona en la Unión Europea (Saewa et al., 2021).

8.2 Consumo de carne de pollo por niños

La carne de pollo proporciona a los niños proteínas fácilmente digeribles y nutrientes esenciales como hierro, calcio y vitaminas del grupo B (Esposito et al., 2022). En la Tabla 2 se recogen los datos de consumo de carne de pollo en España por edad de diferentes grupos de población. La media de consumo por niños entre 0 y 3 años se sitúa alrededor de los 2,7 g/kg p.c./día para niños de 3-11 meses y de 2,3 mg/kg p.c./día para niños de 12-35 meses.

Tabla 2. Consumo de carne de pollo en España por edad de grupos de población

Grupo de población	Consumo medio (g/kg p.c./día)					
	Niños	Niños	Niños	Adolescentes	Adultos	Adultos mayores
Rango de edad	3-12 meses	12-35 meses	3-10 años	10-17 años	18-64 años	≥65 años
Media	2,74	2,30	1,65	0,88	0,48	0,31
Percentil 95	8,50	7,45	5,90	3,15	1,71	1,29

^aDatos tomados de la *Comprehensive Food Consumption Database* de la EFSA (EFSA, 2025). Basados en las encuestas ENALIA (población infantil y adolescente) y ENALIA2 (población adulta).

8.3 Riesgo del consumo de carne pollo en niños

En carne fresca de pollo y en los platos elaborados a partir de esta carne preparados de forma reciente las concentraciones de aminas biógenas son bajas (Tabla 1) y su consumo no debería

representar un riesgo significativo para la salud de los niños. Sin embargo, una conservación inadecuada puede favorecer la acumulación de aminas biógenas, incrementando las posibilidades de intoxicación. Más allá de los límites establecidos para la histamina en el Reglamento (CE) N° 2073/2005 (UE, 2005), no existe una regulación específica sobre el contenido de aminas biógenas en los alimentos destinados a la población infantil.

8.4 Evaluación del riesgo tóxico por presencia de aminas biógenas en carne de pollo

Debemos destacar que la EFSA no ha establecido Ingestas Diarias Tolerables (IDT) para las aminas biógenas en humanos, y tampoco hay una propuesta de valores de dosis de referencia aguda (ARfD) para adultos o niños. Únicamente se han propuesto valores potenciales de ARfD por adulto sano y comida, que se van a tomar como referencia. Estos valores son de 50 mg de histamina y 600 mg de tiramina (si no se toman IMAOs) (Turna et al., 2024). Para el resto de las aminas biógenas, no se han sugerido valores de referencia.

Las ARfDs están propuestas para adultos, por lo que, para calcular el riesgo en población infantil menor de 3 años, objeto de esta evaluación, se ajustan los valores de referencia a esta población específica. Si el peso promedio de un adulto está fijado en 70 kg, las ARfDs se calcularán para el peso medio (5 kg) de un niño de 0-1 años y para el peso medio (12 kg) de un niño de 1-3 años (EFSA, 2012):

$$ARfD \text{ (niños)} = \frac{ARfD \text{ adultos}}{\text{Peso adulto estándar}} \times \text{Peso niño}$$

- ARfD Histamina adultos= 50 mg (0,81 mg/kg) → 3,57 mg en niños de 0-1 años.
- ARfD Tiramina adultos= 600 mg (8,57 mg/kg) → 42,86 mg en niños de 0-1 años.
- ARfD Histamina adultos= 50 mg (0,81 mg/kg) → 8,57 mg en niños de 1-3 años.
- ARfD Tiramina adultos= 600 mg (8,57 mg/kg) → 102,85 mg en niños de 1-3 años.

En la Tabla 3 se presentan las concentraciones de aminas biógenas con ARfD ajustadas en las muestras analizadas en relación con los brotes en comedores escolares mencionados en la introducción de este informe en niños de 0-1 años, así como el porcentaje (%) de aporte a las ARfDs de histamina y tiramina al consumir una ración de 40 g del alimento (FNS, 2018) (EFSA, 2025).

Tabla 3. Concentraciones de ABs con ARfD ajustadas en las muestras analizadas en comedores escolares

Alimento	ARfD histamina niños (mg)	Histamina (mg/kg)	% de aporte en 40 g	ARfD tiramina niños (mg)	Tiramina (mg/kg)	% de aporte en 40 g
Brote 1						
Pollo guisado	3,57	<10	-	42,86	58-60	5,41-5,60
Pollo crudo		19,9-30,6	22,30-34,29		39,2-118	3,66-11,01
Brote 2						
Pollo en salsa	3,57	38,2	42,80	42,86	89	8,31
Brote 3						
Pollo en salsa	3,57	48	53,78	42,86	90	8,40
Pollo en salsa		54	60,50		-	-
Contramuslos de pollo congelado		<10	-		75	7,00
Brote 4						
Puré de pollo	3,57	<10	-	42,86	84	7,84
Pollo en salsa con contramuslos troceados		23	25,77		79	7,37
Pollo en salsa con filetes de contramuslo		<10	-		102	9,52
Brote 5						
Contramuslos asados de pollo	3,57	<10	-	42,86	15,7	1,47
Contramuslos de pollo congelado		<10	-		114	10,64
Brote 6 *						
Polo crudo	3,57	-	-	42,86	71	6,66
Pollo asado		17,9	20,06		104	9,71
Pollo asado		-	-		65,5	6,11
Brote 7						
Pechuga de pollo	3,57	33,8	37,87	42,86	166	15,49
Brote 8						
Pechuga de pollo	3,57	119	133,33	42,86	265	24,73
Brote 9						
Pechuga de pollo	3,57	52	58,26	42,86	181	16,89
Brote 10						
Pechuga de pollo	3,57	57	63,87	42,86	157	14,65
Brote 11						
Pechuga de pollo	3,57	52	58,26	42,86	136	12,69

Colores: Verde, no hay riesgo (0-10 %); naranja, podría existir riesgo (10-50 %); rojo, existe riesgo (> 50 %).

* En el caso del brote 6 se ha utilizado el margen superior de los resultados analíticos proporcionados.

En el caso de los niños de 1-3 años, en la Tabla 4 se presentan las concentraciones de aminas biógenas con ARfDs ajustadas, así como el % de aporte a las ARfDs de histamina y tiramina al consumir una ración de 40 g del alimento (FNS, 2018) (EFSA, 2025).

Tabla 4. Concentraciones de ABs con ARfD ajustadas en las muestras analizadas en comedores escolares						
Alimento	ARfD histamina niños (mg)	Histamina (mg/kg)	% de aporte en 40 g	ARfD tiramina niños (mg)	Tiramina (mg/kg)	% de aporte en 40 g
Brote 1						
Pollo guisado	8,57	<10	-	102,85	58-60	2,26-2,33
Pollo crudo		19,9-30,6	9,29-14,28		39,2-118	1,52-4,59
Brote 2						
Pollo en salsa	8,57	38,2	17,83	102,85	89	3,46
Brote 3						
Pollo en salsa	8,57	48	22,40	102,85	90	3,50
Pollo en salsa		54	25,20		-	-
Contramuslos de pollo congelado		<10	-		75	2,92
Brote 4						
Puré de pollo	8,57	<10	-	102,85	84	3,27
Pollo en salsa con contramuslos troceados		23	10,74		79	3,07
Pollo en salsa con filetes de contramuslo		<10	-		102	3,97
Brote 5						
Contramuslos asados de pollo	8,57	<10	-	102,85	15,7	0,61
Contramuslos de pollo congelado		<10	-		114	4,43
Brote 6 *						
Polo crudo	8,57	-	-	102,85	71	2,76
Pollo asado		17,9	8,35		104	4,04
Pollo asado		-	-		65,5	2,55
Brote 7						
Pechuga de pollo	8,57	33,8	15,78	102,85	166	6,46
Brote 8						
Pechuga de pollo	8,57	119	55,54	102,85	265	10,31
Brote 9						
Pechuga de pollo	8,57	52	24,27	102,85	181	7,04
Brote 10						
Pechuga de pollo	8,57	57	26,60	102,85	157	6,11
Brote 11						
Pechuga de pollo	8,57	52	24,27	102,85	136	5,29

Colores: Verde, no hay riesgo (0-10 %); naranja, podría existir riesgo (10-50 %); rojo, existe riesgo (> 50 %).
 * En el caso del brote 6 se ha utilizado el margen superior de los resultados analíticos proporcionados.

Los niños menores de 3 años tienen un peso corporal reducido y sus sistemas metabólicos y enzimáticos pueden ser inmaduros, por lo que son particularmente sensibles a las sustancias tóxicas, incluyendo las aminas biógenas. Tomando como referencia los datos experimentales en adultos publicados por diversos autores, las recomendaciones de las agencias de seguridad alimentaria y la mayor sensibilidad de los niños debido al menor peso corporal, podría considerarse prudente un nivel de exposición diez veces menor (factor de incertidumbre de 10), respecto a los niveles considerados seguros en adultos por la EFSA. Esto implicaría niveles aproximados de 2,5 mg/kg de histamina y 60 mg/kg de tiramina por comida en niños menores de 3 años. Estos valores estarían, en la gran mayoría de los casos por debajo de las concentraciones que han causado brotes de intoxicación alimentaria en guarderías de algunas comunidades autónomas en 2024 (Tablas 3 y 4).

Sin embargo, para poder fijar unos niveles seguros, se debería tener en cuenta una serie de consideraciones que se detallan a continuación:

1. Los niños no consumen exclusivamente pollo, sino que la ingesta de aminas biógenas totales se puede incrementar con las que aportan otros alimentos a lo largo del día. Por ello, se ha considerado que si el porcentaje de aporte de las aminas biógenas evaluadas (histamina y tiramina) se encuentra entre el 0-10 % no existiría riesgo de superar la ARfD ajustada para niños, entre el 10-50 % podría existir riesgo, y por encima del 50 % de aporte debido al pollo existiría riesgo (Paz et al., 2022).
2. Existe la posibilidad de que los niños sean más vulnerables al efecto de las aminas biógenas debido principalmente a la inmadurez de los sistemas de detoxificación, incluyendo una menor actividad de las diaminoxidasas (DAO).
3. No se ha valorado el efecto potenciador que la concurrencia de las dos aminas biógenas evaluadas o la posible presencia de las otras aminas biógenas pudiera tener en la toxicidad.

Conclusiones del Comité Científico

Factores que pueden influir en la aparición de este tipo de brotes

Por su estructura y composición proteica, la carne de pollo es, tras el pescado, la más susceptible de desarrollar aminas biógenas. Para prevenir su formación, es fundamental utilizar materias primas frescas y de buenas condiciones higiénicas, y emplear métodos de procesamiento y conservación adecuados que limiten la contaminación y el desarrollo microbiano, así como emplear cultivos iniciadores seleccionados no productores de aminas biógenas para la elaboración de productos fermentados.

Los principales factores que influyen en la aparición de brotes de origen alimentario asociados al consumo de carne de pollo con concentraciones elevadas de aminas biógenas son, por un lado, el empleo de una materia prima de baja calidad higiénica debido a condiciones de sacrificio y/o procesado deficientes, lo que deriva en una concentración elevada de microorganismos entre los que, sin duda, se van a encontrar productores de aminas biógenas. Por otro lado, tras el procesado, unas condiciones de transporte y/o conservación inadecuadas o muy prolongadas pueden posibilitar el desarrollo de los microorganismos productores.

Niveles aceptables de aminas biógenas en carne de pollo en su conjunto o si existe una de ellas como indicador de un nivel de riesgo para la población infantil menor de 3 años, así como, en su caso, para otras poblaciones vulnerables

Los niveles de aminas biógenas en carne fresca de pollo y productos derivados almacenados y envasados en distintas condiciones varían notablemente en la literatura científica. Estas diferencias se atribuyen a la distinta calidad microbiológica inicial de la carne y a los diferentes métodos utilizados para la extracción, detección y cuantificación de las aminas biógenas.

A pesar de su importancia para la salud pública, no existe un consenso sobre los niveles de aminas biógenas que podrían usarse como guía en los alimentos. En la Unión Europea, la única amina biógena que está regulada es la histamina (la amina biógena más tóxica), pero solo en pescado y productos derivados, con unos límites máximos de 200 y 400 mg/kg, respectivamente. La FDA americana, sin embargo, recomienda para los alimentos en general una concentración máxima de histamina de 50 mg/kg. La EFSA, por su parte, ha sugerido que las personas adultas sanas podrían consumir entre 25 y 50 mg de histamina y 600 mg de tiramina por comida sin presentar efectos adversos. Diversos autores han propuesto índices máximos de aminas biógenas totales o cocientes entre distintas aminas biógenas (Fraqueza et al., 2012) (Ivanov et al., 2015) (Rodríguez et al., 2015) (Vinci y Antonella, 2002). No obstante, ninguno de estos valores puede extrapolarse de forma directa a los niños.

Por otra parte, existe una serie de incertidumbres respecto a la toxicidad de histamina y tiramina, como la concurrencia de las dos en un mismo alimento, o el efecto potenciador que pudiera tener la presencia de otras aminas biógenas, por lo que resulta difícil establecer niveles máximos seguros en este grupo de población.

Finalmente, aunque los niños menores de 3 años son una de las poblaciones más sensibles, incluso unos niveles bajos de histamina podrían no ser adecuados para los individuos (niños o adultos) intolerantes a esta amina, que precisan una dieta libre de histamina.

Aspectos relacionados con la producción de carne de pollo que tengan influencia en el nivel de aminas biógenas en la carne de pollo y si existe conocimiento de cambios en los sistemas de cría de pollo que hayan podido influir, como pudiera ser la alimentación, estirpe, etc.

Aunque con diferencias entre distintos trabajos, la concentración de aminas biógenas en la carne fresca de pollo suele ser muy baja, de manera que estos compuestos no parecen acumularse en los tejidos animales. Los sistemas de producción primarios de cría de pollos, por tanto, no parecen tener una influencia decisiva en los niveles de aminas biógenas en la carne. Sin embargo, los sistemas de producción y procesamiento de la carne sí pueden tener gran influencia en la contaminación microbiológica de las canales, lo que representa un factor crítico para la formación y acumulación de aminas biógenas en la carne durante su conservación y almacenamiento.

Influencia del tiempo de caducidad y temperatura de conservación desde el momento del sacrificio de los pollos

La formación de aminas biógenas en los alimentos viene determinada por las condiciones ambientales que permiten el desarrollo de las bacterias descarboxiladoras y la actividad de sus enzimas.

La temperatura de procesado y la temperatura y tiempo de almacenamiento constituyen parámetros críticos para el desarrollo de estos agentes y, por tanto, la formación de aminas biógenas. Para minimizar la multiplicación de los microorganismos y la concomitante producción de aminas biógenas, los productos perecederos deben mantenerse a lo largo de toda la cadena de elaboración y transporte a temperaturas de entre 0 y 4 °C. Los trabajos revisados para la elaboración de este informe permiten concluir que, a 4 °C, la producción de aminas biógenas en carne de pollo aumenta exponencialmente a partir de 6 días de almacenamiento.

Dado que la pregunta se refiere al tiempo de caducidad desde el sacrificio de los pollos, dato que no se relaciona en algunos estudios, y teniendo en cuenta que la carne destinada a la elaboración de alimentos para la población infantil puede haber sido sometida a un proceso de picado o troceado que facilita el crecimiento microbiano, lo que tampoco se considera de forma habitual en los estudios, sería recomendable no utilizar carne de pollo con un tiempo de conservación superior a 5 días tras el sacrificio de las aves en la alimentación de niños menores de 3 años, y siempre que la carne se mantenga a una temperatura adecuada desde el sacrificio (0-4 °C).

A la vista de lo anterior, qué medidas pueden permitir minimizar el riesgo en los comedores que usen este tipo de carne cuando los destinatarios sean la población infantil menor de 3 años

Para reducir al mínimo el riesgo de exposición a aminas biógenas en comedores que atienden a niños menores de 3 años es fundamental aplicar un conjunto de medidas preventivas a lo largo de toda la cadena alimentaria que incluyan:

1. Selección de materias primas de alta calidad higiénica.
2. Aplicación de buenas prácticas de manipulación y procesado.
3. Control riguroso de la cadena de frío.
4. Gestión cuidadosa del stock y planificación de menús.
5. Formación del personal de cocina y manipulación.

En resumen, la prevención efectiva del riesgo por aminas biógenas por carne de pollo en comedores infantiles requiere una cadena de medidas de control que incluyan una cuidadosa selección de las materias primas y un buen tratamiento de estas hasta su consumo, con especial atención al mantenimiento de una adecuada temperatura de refrigeración y un almacenamiento por tiempo limitado.

Referencias

- AESAN (2022). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Intoxicación por histamina en los alimentos. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/histamina.htm#:~:text=%C2%BFes%20frecuente%20la%20intoxicaci%C3%B3n%20por,brotos%20de%20intoxicaci%C3%B3n%20por%20histamina [acceso: 2-09-25].
- Alessandrini, L., Caprioli, G., Faiella, F., Fiorini, D., Galli, R., Huang, X., Marinelli, G., Nzekoue, F., Ricciutelli, M., Scortichini, S., Silvi, S., Tao, J., Tramontano, A., Turati, D. y Sagratini, G. (2022). A shelf-life study for the evaluation of a new biopackaging to preserve the quality of organic chicken meat. *Food Chemistry*, 371: 131134.

- Álvarez, M.A. y Moreno-Arribas, M.V. (2014). The problem of biogenic amines in fermented foods and the use of potential biogenic amine-degrading microorganisms as a solution. *Trends in Food Science and Technology*, 39 (2), pp: 146-155.
- Andersen, G., Marcinek, P., Sulzinger, N., Schieberle, P. y Krautwurst, D. (2019). Food sources and biomolecular targets of tyramine. *Nutrition Reviews*, 77 (2), pp: 107-115.
- Ascone, P., Maurer, J., Haldemann, J., Irmeler, S., Berthoud, H., Portmann, R., Fröhlich-Wyder, M.-T. y Wechsler, D. (2017). Prevalence and diversity of histamine-forming *Lactobacillus parabuchneri* strains in raw milk and cheese - A case study. *International Dairy Journal*, 70, pp: 26-33.
- Balamatsia, C.C., Paleologos, E.K., Kontominas, M.G. y Savva, I.N. (2006). Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4°C: Possible role of biogenic amines as spoilage indicators. *International Journal of General and Molecular Microbiology*, 89, pp: 9-17.
- Banicod, R.J.S., Ntege, W., Njiru, M.N., Abubakar, W.H., Kanthenga, H.T., Javaid, A. y Khan, F. (2024). Production and transformation of biogenic amines in different food products by the metabolic activity of the lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 428: 110996.
- Barbieri, F., Montanari, C., Gardini, F. y Tabanelli, G. (2019). Biogenic amine production by lactic acid bacteria: a review. *Foods*, 8 (1), pp: 17.
- Bargossi, E., Gardini, F., Gatto, V., Montanari, C., Torriani, S. y Tabanelli, G. (2015). The capability of tyramine production and correlation between phenotypic and genetic characteristics of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* strains. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1371.
- Blackwell, B. (1963). Hypertensive crisis due to monoamine-oxidase inhibitors. *The Lancet*, 282: 7313, pp: 849-851.
- Bodmer, S., Imark, C. y Kneubühl, M. (1999). Biogenic amines in foods: histamine and food processing. *Inflammation Research*, 48 (6), pp: 296-300.
- Borges, A., Cózar, A., Patarata, L., Gama, L., Alfaia, C., Fernandes, M., Fernandes, M., Pérez, H. y Fraqueza, M. (2020). Effect of high hydrostatic pressure challenge on biogenic amines, microbiota, and sensory profile in traditional poultry- and pork-based semidried fermented sausage. *Journal of Food Science*, 85: 1256.
- Bover-Cid, S., Torriani, S., Gatto, V., Tofalo, R., Suzzi, G., Belletti, N. y Gardini, F. (2009). Relationships between microbial population dynamics and putrescine and cadaverine accumulation during dry fermented sausage ripening. *Journal of Applied Microbiology*, 106 (4), pp: 1397-1407.
- Buňková, L., Buňka, F., Klčovská, P., Mrkvička, V., Doležalova, M. y Kráčmar, S. (2010). Formation of biogenic amines by Gram-negative bacteria isolated from poultry skin. *Food Chemistry*, 121, pp: 203-206.
- Burgut, A. (2020). Effects of propolis extracts on biogenic amine production by food-borne pathogens. *KVFD*, 26 (2), pp: 193-200.
- Calles-Enríquez, M., Eriksen, B.H., Andersen, P.S., Rattray, F.P., Johansen, A.H., Fernández, M., Ladero, V. y Álvarez, M.A. (2010). Sequencing and transcriptional analysis of the *Streptococcus thermophilus* histamine biosynthesis gene cluster: factors that affect differential *hdcA* expression. *Applied and Environmental Microbiology*, 76 (18), pp: 6231-6238.
- Chmiel, M., Roszko, M., Hać-Szymańczuk, E., Cegińska, A., Adamczak, L., Florowski, T., Pietrzak, D., Bryła, M. y Świder, O. (2022). Changes in the microbiological quality and content of biogenic amines in chicken fillets packed using various techniques and stored under different conditions. *Food Microbiology*, 102: 103920.
- Colombo, F.M., Cattaneo, P., Confalonieri, E. y Bernardi, C. (2018). Histamine food poisonings: A systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58 (7), pp: 1131-1151.
- Comas-Basté, O., Latorre-Moratalla, M.L., Sánchez-Pérez, S., Veciana-Nogués, M.T. y Vidal-Carou, M.C. (2019). Histamine and other Biogenic Amines in Food. From Scombroid Poisoning to Histamine Intolerance. En libro: *Biogenic Amines*. Proestos, C. (Ed.), IntechOpen.

- Costa, V.M., Grando, L.G.R., Milandri, E., Nardi, J., Teixeira, P., Mladenka, P. y Remiao, F. (2022). Natural sympathomimetic drugs: From pharmacology to toxicology. *Biomolecules*, 12 (12): 1793.
- Cruz-Monterrosa, R.G., Reséndiz-Cruz, V., Rayas-Amor, A.A., López, M. y Miranda-de la Lama, G.C. (2017). Bruises in beef cattle at slaughter in Mexico: Implications on quality, safety and shelf life of the meat. *Tropical Animal Health and Production*, 49, pp: 145-152.
- Cueva, C., García-Ruiz, A., González-Rompinelli, E., Bartolome, B., Martín-Álvarez, P.J., Salazar, O., Vicente, M.F., Bills, G.F. y Moreno-Arribas, M.V. (2012). Degradation of biogenic amines by vineyard ecosystem fungi. Potential use in winemaking. *Journal of Applied Microbiology*, 112, pp: 672-682.
- Czajkowska-Mysiek, A. y Leszczyńska, J. (2017). Risk assessment related to biogenic amines occurrence in ready-to-eat baby foods. *Food and Chemical Toxicology*, 105, pp: 82-92.
- Dabadé, D.S., Jacxsens, L., Miclotte, L., Abatih, E., Devlieghere, F. y De Meulenaer, B. (2021). Survey of multiple biogenic amines and correlation to microbiological quality and free amino acids in foods. *Food Control*, 120: 107497.
- Dankovic, D.A., Naumann, B.D., Maier, A., Dourson M.L. y Levy, L.S. (2015). The Scientific Basis of Uncertainty Factors Used in Setting Occupational Exposure Limits. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12, pp: S55-S68.
- Del Rio, B., Linares, D.M., Ladero, V., Redruello, B., Fernandez, M., Martin, M.C. y Alvarez, M.A. (2016). Putrescine biosynthesis in *Lactococcus lactis* is transcriptionally activated at acidic pH and counteracts acidification of the cytosol. *International Journal of Food Microbiology*, 236, pp: 83-89.
- Del Rio, B., Redruello, B., Linares, D.M., Ladero, V., Fernandez, M., Martin, M.C., Ruas-Madiedo, P. y Alvarez, M.A. (2017). The dietary biogenic amines tyramine and histamine show synergistic toxicity towards intestinal cells in culture. *Food Chemistry*, 218, pp: 249-255.
- Del Rio, B., Redruello, B., Linares, D.M., Ladero, V., Ruas-Madiedo, P., Fernandez, M., Martin, M.C. y Alvarez, M.A. (2018). Spermine and spermidine are cytotoxic towards intestinal cell cultures, but are they a health hazard at concentrations found in foods? *Food Chemistry*, 269, pp: 321-326.
- Del Rio, B., Fernández, M., Redruello, B., Ladero, V. y Álvarez, M.A. (2024). New insights into the toxicological effects of dietary biogenic amines. *Food Chemistry*, 435: 137558.
- Demoncheaux, J.P., Michel, R., Mazenot, C., Duflos, G., Iacini, C., de Laval, F., Saware, E.M. y Renard, J.C. (2012). A large outbreak of scombroid fish poisoning associated with eating yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at a military mass catering in Dakar, Senegal. *Epidemiology and Infection*, 140 (6), pp: 1008-1012.
- Díaz, M., Ladero, V., del Rio, B., Redruello, B., Fernández, M., Martín, M.C. y Álvarez, M.A. (2016). Biofilm-forming capacity in biogenic amine-producing bacteria isolated from dairy products. *Frontiers in Microbiology*, 7: 591.
- Doeun, D., Shin, H. y Chung, M. (2016). Effects of storage temperatures, vacuum packaging, and high hydrostatic pressure treatment on the formation of biogenic amines in Gwamegi. *Applied Biological Chemistry*, 59, pp: 51-58.
- Doeun, D., Davaatseren, M. y Chung, M.S. (2017). Biogenic amines in foods. *Food Science and Biotechnology*, 26 (6), pp: 1463-1474.
- Domínguez, R., Munekata, P.E., Agregan, R. y Lorenzo, J.M. (2016). Effect of commercial starter cultures on free amino acid, biogenic amine and free fatty acid contents in dry-cured foal sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 71, pp: 47-53.
- Durak-Dados, A., Michalski, M. y Osek, J. (2020). Histamine and other biogenic amines in food. *Journal of Veterinary Research*, 64, pp: 281-288.
- EFSA (2011). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal*, 9 (10): 2393.
- EFSA (2012). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. *EFSA Journal*, 10 (3): 2579, pp: 1-32. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2579.

- EFSA (2025). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Comprehensive Food Consumption Database. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/data-report/food-consumption-data> [acceso: 2-09-25].
- Ekici, K. y Omer, A.K. (2018). Determination of some biogenic amines in Turkish fermented sausages consumed in Van. *Toxicology Reports*, 5, pp: 639-643.
- Ekici, K. y Omer, A.K. (2020). Biogenic amines formation and their importance in fermented foods. *Bio Web of Conferences*, 232, pp: 17.
- Emborg, J. y Dalgaard, P. (2006). Formation of histamine and biogenic amines in cold-smoked tuna: an investigation of psychrotolerant bacteria from samples implicated in cases of histamine fish poisoning. *Journal of Food Protection*, 69, pp: 897-906.
- Espinosa-Pesqueira, D., Hernández-Herrero, M. y Roig-Sagués, A. (2018). High hydrostatic pressure as a tool to reduce formation of biogenic amines in artisanal Spanish cheeses. *Foods*, 7, 137.
- Esposito, L., Mastrocola, D. y Martuscelli, M. (2022). Approaching to biogenic amines as quality markers in packaged chicken meat. *Frontiers in Nutrition*, 9: 966790.
- Fernández de Palencia, P., Fernández, M., Mohedano, M.L., Ladero, V., Quevedo, C., Alvarez, M.A. y López P. (2011). Role of tyramine synthesis by food-borne *Enterococcus durans* in adaptation to the gastrointestinal tract environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (2), pp: 699-702.
- FDA (2011). Food and Drug Administration. Scombrototoxin (histamine) formation, fish and fishery products hazards and controls guidance (4th Ed.). Washington, D.C. Department of Health and Human Services, Public Health Service, pp: 113-152.
- FDA (2022). Food and Drug Administration. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance June 2022 Edition. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Food Safety.
- Flórez-Duque, A.V., Moreno-Arango, M.A. y Franco-Tobón, Y.N. (2023). Aminas Biógenas encontradas en carnes, pescado y productos cárnicos: formación y efectos en la salud. *Hechos Microbiológicos*, 14 (1), pp: 26-44.
- FNS (2018). Food and Nutrition Service. Porciones para niños preescolares (FNS-726-S). USDA.
- Fraqueza, M., Alfaia, C. y Barreto, A. (2012). Biogenic amine formation in turkey meat under modified atmosphere packaging with extended shelf life: Index of freshness. *Poultry Science*, 91 (6), pp: 1465-1472.
- Gallas, L., Standarová, E., Steinhäuserová, I., Steinhäuser, L. y Vorlová, L. (2010). Formation of Biogenic Amines in Chicken Meat Stored under Modified Atmosphere. *Acta Veterinaria Brno*, 79, 107-116.
- Gardini, F., Martuscelli, M., Crudele, M.A., Paparella, A. y Suzzi, G. (2002). Use of *Staphylococcus xylosum* as a starter culture in dried sausages: effect on the biogenic amine content. *Meat Science*, 61, pp: 275-283.
- Gardini, F., Tofalo, R., Belletti, N., Iucci, L., Suzzi, G., Torriani, S., Guerzoni, M.E. y Lanciotti, R. (2006). Characterization of yeasts involved in the ripening of Pecorino Crotonese cheese. *Food Microbiology*, 23 (7), pp: 641-648.
- Gardini, F., Bover-Cid, S., Tofalo, R., Belletti, N., Gatto, V., Suzzi, G. y Torriani, S. (2008). Modeling the aminogenic potential of *Enterococcus faecalis* EF37 in dry fermented sausages through chemical and molecular approaches. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, pp: 2740-2750.
- Gardini, F., Özogul, Y., Suzzi, G., Tabanelli, G. y Özogul, F. (2016). Technological factors affecting biogenic amine content in foods: a review. *Frontiers in Microbiology*, 7: 1218.
- González-Fernández, C., Santos, E., Jaime, I. y Rovira, J. (2003). Influence of starter cultures and sugar concentrations of biogenic amine contents in chorizo dry sausage. *Food Microbiology*, 20, pp: 275-284.
- González-Tenorio, R., Fonseca, B., Caro, I., Fernández-Diez, A., Kuri, V., Soto, S. y Mateo, J. (2013). Changes in biogenic amine levels during storage of Mexican-style soft and Spanish-style dry-ripened sausages with different a(w) values under modified atmosphere. *Meat Science*, 94 (3), pp: 369-375.
- Greif, G., Greifova, M. y Karovicova, J. (2006). Effects of NaCl concentration and initial pH value on biogenic amine formation dynamics by *Enterobacter* spp. bacteria in model conditions. *Journal of Food Nutrition and Research*, 45, pp: 21-29.

- Halász, A., Baráth, A., Simon-Sarkadi, L. y Holzapfel, W. (1994). Biogenic amines and their production by micro-organisms in food. *Trends in Food Science and Technology*, 5, pp: 42-49.
- Harmelin, Y., Hubiche, T., Pharaon, M. y Del Giudice, P. (2018). Three cases of scombroid poisoning. *Annales de Dermatologie et de Venereologie*, 145 (1), pp: 29-32.
- Hassan, M.A., El-Shater, M.A., Heikal, I.G. y Waly, H.A. (2013). Biogenic amines in chicken cut-up meat products. *BVMJ*, 24, pp: 70-81.
- Houicher, A., Kuley, E., Özoğul, F. y Bendeddouche, B. (2015). Effect of natural extracts (*Mentha spicata* L. and *Artemisia campestris*) on biogenic amine formation of sardine vacuum-packed and refrigerated (*Sardina pilchardus*) fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, pp: 2393-2403.
- Hungerford, J.M. (2021). Histamine and scombrototoxins. *Toxicon*, 201, pp: 115-126.
- Hutchins, A.M., McIver, I.E. y Johnston, C.S. (2005). Hypertensive crisis associated with high dose soy isoflavone supplementation in a post-menopausal women: A case report. *BMC Women's Health*, 5 (9).
- IGHRC (2003). Interdepartmental Group on Health Risks from Chemicals. Uncertainty factors: Their use in human health risk assessment by UK Government. e Institute for Environment and Health. Disponible en: http://www.iehconsulting.co.uk/IEH_Consulting/IEHCPubs/IGHRC/cr9.pdf [acceso: 2-09-25].
- Ivanov, G.Y., Ivanova, I.V., Slavchev, A.K. y Vassilev, K.P. (2015). Biogenic amines and their role as index of freshness in chicken meat. *Journal of Applied Life Sciences International*, 3 (2), pp: 55-62.
- Jaguey-Hernández, Y., Aguilar-Arteaga, K., Ojeda-Ramirez, D., Añorve-Morga, J., González-Olivares, L.G. y Castañeda-Ovando, A. (2021). Biogenic amines levels in food processing: Efforts for their control in foodstuffs. *Food Research International*, 144: 110341.
- Jairath, G., Singh, P.K., Dabur, R.S., Rani, M. y Chaudhari, M. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: A review. *Journal of Food Science & Technology*, 52, pp: 6835-6846.
- Jarisch, R. (2014). Histamin-Intoleranz. *Aktuelle Dermatologie*, 40 (7), pp: 275-282. doi: 10.1055/s-0034-1367613.
- Jastrzębska, A., Kmiecik, A., Gralak, Z., Brzuzy, K., Nowaczyk, J., Cichosz, M., Krzemiński, M.P. y Szyk, E. (2024). Determination of biogenic amine level variations upon storage, in chicken breast coated with edible protective film. *Foods*, 13 (7): 985.
- Johanson, G., Moto, T.P. y Schenk, L.A. (2023). Scoping review of evaluations of and recommendations for default uncertainty factors in human health risk assessment. *Journal of Applied Toxicology*, 43, pp: 186-194.
- Kalac, P. y Krausová, P. (2005). A review of dietary polyamines: formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry*, 90 (1), pp: 219-230.
- Kanki, M., Yoda, T., Tsukamoto, T. y Baba, E. (2007). Histidine decarboxylases and their role in accumulation of histamine in tuna and dried saury. *Applied and Environmental Microbiology Journal*, 73, pp: 1467-1473.
- Kannan, S.K., Ambrose, B., Sudalaimani, S., Pandiaraj, M., Giribabu, K. y Kathiresan, M. (2020). A review on chemical and electrochemical methodologies for the sensing of biogenic amines. *Analytical Methods*, 12, pp: 3438-3453.
- Karovičová, J. y Kohajdová, Z. (2005). Biogenic amines in food. *Chemical Papers*, 59 (1), pp: 70-79.
- Kebarly, K.M.K., El-Sonbaty, A.H. y Badawi, R.M. (1999). Effects of heating milk and accelerating ripening of low-fat Ras cheese on biogenic amines and free amino acids development. *Food Chemistry*, 64 (1), pp: 67-75.
- Kongkiattikajorn, J. (2015). Effect of ginger extract to inhibit biogenic amines accumulation during Nham fermentation. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology*, 1, pp: 15-19.
- Krizek, M., Pavlíček, T. y Vacha, F. (2002). Formation of selected biogenic amines in carp meat. *Journal of Science and Food Agriculture*, 82, pp: 1088-1093.
- Kuley, F., Rathod, N., Kuley, E., Yilmaz, M. y Ozogul, F. (2024). Inhibition of food-borne pathogen growth and biogenic amine synthesis by spice extracts. *Foods*, 13: 364.
- La Gioia, F., Rizzotti, L., Rossi, F., Gardini, F., Tabanelli, G. y Torriani, S. (2011). Identification of a tyrosine decarboxylase gene (*tdcA*) in *Streptococcus thermophilus* 1TT45 and analysis of its expression and tyramine production in milk. *Applied and Environmental Microbiology*, pp: 1140-1144.

- Ladero, V., Calles, M., Fernández, M. y Alvarez, M.A. (2010). Toxicological effects of dietary biogenic amines. *Current Nutrition and Food Science*, 6 (2), pp: 145-156.
- Ladero, V., Fernández, M., Calles-Enríquez, M., Sanchez-Llana, E., Canedo, E., Martín, M.C. y Alvarez, M.A. (2012). Is the production of the biogenic amines tyramine and putrescine a species-level trait in enterococci? *Food Microbiology*, 30 (1), pp: 132-138.
- Ladero, V., Linares, D.M., Pérez, M., del Rio, B., Fernández, M. y Alvarez, M.A. (2017). Biogenic amines in dairy products. En libro: *Microbial toxins in dairy products*. Tamime, A.Y. (Ed.). John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA. pp: 94-131.
- Latorre-Moratalla, M., Bover-Cid, S., Aymerich, T., Marcos, B., Vidal-Carou, M.C. y Garriga, M. (2007). Aminogenesis control in fermented sausages manufactured with pressurized meat batter and starter culture. *Meat Science*, 75 (3), pp: 460-469.
- Latorre-Moratalla, M.L., Bover-Cid, S., Bosch-Fusté, J. y Vidal-Carou, M.C. (2012). Influence of technological conditions of sausage fermentation on the aminogenic activity of *L. curvatus* CTC273. *Food Microbiology*, 29, pp: 43-48.
- Lázaro, C.A., Conte-Junior, C.A., Monteiro, M.L., Canto, A.C., Costa-Lima, B.R., Mano, S.B. y Franco, R.M. (2014). Effects of ultraviolet light on biogenic amines and other quality indicators of chicken meat during refrigerated storage. *Poult Science*, 93 (9), pp: 2304-2313.
- Lázaro, C.A., Junior, C.A.C., Canto, A.C., Monteiro, M.L.G. y Franco, R.M. (2015). Biogenic amines as bacterial quality indicators in different poultry meat species. *LWT Food Science and Technology*, 60, pp: 15-21.
- Lázaro, C.A., Conte-Junior, C.A., Medina-Vara, M., Mota-Rojas, D., Cruz-Monterrosa, R. y Guerrero-Legarreta, I. (2019). Effect of pre-slaughter confinement stress on physicochemical parameters of chicken meat. *Ciência Animal Brasileira*, 20, pp: 1-11.
- Lehane, L. y Olley, J. (2000). Histamine fish poisoning revisited. *International Journal of Food Microbiology*, 58 (1-2), pp: 1-37.
- Li, J., Jiang, K., Yang, H., Zhang, X., Huang, H., Ye, X. y Zhi, Z. (2023). Proanthocyanidins from Chinese bayberry (*Myrica rubra*) leaves effectively inhibit the formation of biogenic amines in the brewing soy sauce. *Agriculture*, 13: 2100.
- Linares, D.M., Martín, M., Ladero, V., Alvarez, M.A. y Fernández, M. (2011). Biogenic amines in dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51 (7), pp: 691-703.
- Linares, D.M., del Rio, B., Ladero, V., Martínez, N., Fernández, M., Martín, M.C. y Álvarez, M.A. (2012). Factors influencing biogenic amines accumulation in dairy products. *Frontiers in Microbiology*, 3: 180.
- Linares, D.M., del Rio, B., Redruello, B., Ladero, V., Martín, M.C., Fernández, M., Ruas-Maliedo, P. y Alvarez, M.A. (2016). Comparative analysis of the *in vitro* cytotoxicity of the dietary biogenic amines tyramine and histamine. *Food Chemistry*, 197 (Pt A), pp: 658-663.
- Linsalata, M. y Russo, F. (2008). Nutritional factors and polyamine metabolism in colorectal cancer. *Nutrition*, 24 (4), pp: 382-389.
- Liu, F., Xu, W., Du, L., Wang, D., Zhu, Y., Geng, Z., Zhang, M. y Xu, W. (2014). Heterologous expression and characterization of tyrosine decarboxylase from *Enterococcus faecalis* R61Z21 and *Enterococcus faecium* R615Z1. *Journal of Food Protection*, 77, pp: 592-598.
- Liu, Y., He, Y., Li, H., Jia, D., Fu, L., Chen, J., Zhang, D. y Wang, Y. (2024). Biogenic amines detection in meat and meat products: the mechanisms, applications, and future trends. *Journal of Future Foods*, 4 (1), pp: 21-36.
- Lorencová, E., Buňková, L., Pleva, P., Dráb, V., Kubán, V. y Buňka, F. (2014). Selected factors influencing the ability of *Bifidobacterium* to form biogenic amines. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, pp: 1302-1307.
- Maintz, L. y Novak, N. (2007). Histamine and histamine intolerance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85 (5), pp: 1185-1196.
- Marcobal, A., Martín-Alvarez, P.J., Polo, M.C., Munoz, R. y Moreno-Arribas, M.V. (2006). Formation of biogenic amines throughout the industrial manufacture of red wine. *Journal of Food Proteins*, 69, pp: 397-404.

- Masson, F., Johansson, G. y Montel, M.C. (1999). Tyramine production by a strain of *Carnobacterium divergens* inoculated in meat-fat mixture. *Meat Science*, 52, pp: 65-69.
- McCabe-Sellers, B.J., Staggs, C.G. y Bogle, M.L. (2006). Tyramine in foods and monoamine oxidase inhibitor drugs: A crossroad where medicine, nutrition, pharmacy, and food industry converge. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (Suppl.), pp: S58-S65.
- Min, H., An, F., Wei, T., Wang, S., Ma, P. y Dai, Y. (2023). Microbial community structure and biogenic amines content variations in chilled chicken during storage. *Food Science and Nutrition*, 11, pp: 627-638.
- Moreno-Arribas, M.V. y Lonvaud-Funel, A. (2001). Purification and characterization of tyrosine decarboxylase of *Lactobacillus brevis*. *FEMS Microbiology Letters*, 195, pp: 103-107.
- Motaghifar, A., Akbari-Adergani, B., Rokney, N. y Mottalebi, A. (2021). Evaluating red meat putrefaction in long term storage in freezing condition based on co-variation of major biogenic amines and Total Volatile Nitrogen. *Food Science and Technology*, 41 (Suppl. 1), pp: 123-128.
- Naila, A., Flint, S., Fletcher, G., Bremer, P. y Meerdink, G. (2024). Control of biogenic amines in food-existing and emerging approaches. *Journal of Food Science*, 75 (7), pp: R139-R150.
- Nieto-Arribas, P., Poveda, J.M., Seseña, S., Palop, L. y Cabezas, L. (2009). Technological characterization of *Lactobacillus* isolates from traditional Manchego cheese for potential use as adjunct starter cultures. *Food Control*, 20, pp: 1092-1098.
- Novella-Rodríguez, S., Veciana-Nogués, M., Saldo, J. y Vidal-Carou, M. (2002). Effects of high hydrostatic pressure treatments on biogenic amine contents in goat cheeses during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (25), pp: 7288-7292.
- Núñez, M. d.O.A. y Calzada, J. (2016). Biogenic amines. In, Encyclopedia of Food and Health. *Food Science*, 1, pp: 416-423.
- Omer, A.K., Mohammed, R.R., Ameen, P.S.M., Abas, Z.A. y Ekici, K. (2021). Presence of biogenic amines in food and their public health implications: A review. *Journal of Food Protection*, 84 (9), pp: 1539-1548.
- Özoğul, I., Kuley, E., Uçar, Y., Yazgan, H. y Özoğul, Y. (2021). Inhibitory impacts of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* extracts on biogenic amine accumulation in sardine fillets. *Food Bioscience*, 41: 101087.
- Papageorgiou, M., Lambropoulou, D., Morrison, C., Klodzinske, E., Namiesnik, J. y Plotka-Wasylyca, J. (2018). Literature update of analytical methods for biogenic amines determination in food and beverages. *Trends in Analytical Chemistry*, 98, pp: 128-142.
- Paz, S., Rubio, M.C., Gutiérrez, Á., Revert, M.C., González-Weller, D., Caballero, J.M. y Hardisson, A. (2022). Manual de Problemas. Evaluación del Riesgo Toxicológico de los Alimentos. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/37138> [acceso: 2-09-25].
- Pei, Y., Asif-Malik, A. y Canales, J.J. (2016). Trace amines and the trace amine-associated receptor 1: pharmacology, neurochemistry, and clinical implications. *Frontiers in Neuroscience*, 10, pp: 148.
- Pérez, M., Calles-Enríquez, M., Nes, I., Martín, M.C., Fernández, M., Ladero, V. y Álvarez, M.A. (2015). Tyramine biosynthesis is transcriptionally induced at low pH and improves the fitness of *Enterococcus faecalis* in acidic environments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99 (8), pp: 3547-3558.
- Purves, D., Augustine G.J., Fitzpatrick, D., Katz, L.C., LaMantia, A.S., McNamara, J.O., et al. (2001). En libro: *Neuroscience*. 3rd ed. Sinauer Associates; Sunderland, MA, USA, pp: 671.
- RASFF (2025). Rapid Alert System for Food and Feed. Disponible en: https://food.ec.europa.eu/food-safety/rasff_en [acceso: 2-09-25].
- Rauscher-Gabernig, E., Grossgut, R., Bauer, F. y Paulsen, P. (2009). Assessment of alimentary histamine exposure of consumers in Austria and development of tolerable levels in typical foods. *Food Control*, 20, pp: 423-429.
- Rodríguez, M.B.R., da Silva, C.C., da Silva, M.B.F., Júnior, C.A. y Mano, S.B. (2014). Bioactive amines: aspects of quality and safety in food. *Food and Nutrition Sciences*, 5, pp: 138-146.

- Rodríguez, M.B.R., Conte-Junior, C.A., Carneiro, C.S., Lázaro, C.A. y Mano, S.B. (2015). Biogenic amines as a quality index in shredded cooked chicken breast filled stored under refrigeration and modified atmosphere. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, pp: 2043-2048.
- Roig-Sagués, A.X., Molina, A.P. y Hernández-Herrero, M.M. (2002). Histamine and tyramine-forming microorganisms in Spanish traditional cheeses. *European Food Research and Technology*, 215 (2), pp: 96-100.
- Romano, A., Ladero, V., Alvarez, M.A. y Lucas, P.M. (2014). Putrescine production via the ornithine decarboxylation pathway improves the acid stress survival of *Lactobacillus brevis* and is part of a horizontally transferred acid resistance locus. *International Journal of Food Microbiology*, 175, pp: 14-19.
- Roseiro, C., Santos, C., Sol, M., Silva, L. y Fernandes, I. (2006). Prevalence of biogenic amines during ripening of a traditional dry fermented pork sausage and its relation to the amount of sodium chloride added, *Meat Science*, 74, pp: 557-563.
- Rosell-Camps, A., Zibetti, S., Pérez-Esteban, G., Vila-Vidal, M., Ferrés Ramis, L. y García-Teresa-García, L. (2013). Intolerancia a la histamina como causa de síntomas digestivos crónicos en pacientes pediátricos. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 105 (4), pp: 201-207.
- Ruiz-Capillas, C., Pintado, T. y Jiménez-Colmenero, F. (2012). Biogenic amine formation in refrigerated fresh sausage "chorizo" keeps in modified atmosphere. *Journal of Food Biochemistry*, 36, pp: 449-457.
- Ruiz-Capillas, C. y Herrero, A.M. (2019). Impact of biogenic amines on food quality and safety, *Foods*, 8: 62.
- Saewa, S.A., Khidhir, Z.K. y Al Bayati, M.H. (2021). The impact of storage duration and conditions on the formation of biogenic amines and microbial content in poultry meat. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 35 (1), pp: 183-188.
- Sánchez-Pérez, S., Comas-Basté, O., Veciana-Nogués, M.T., Latorre-Moratalla, M.L. y Vidal-Carou, M.C. (2021). Low-histamine diets: is the exclusion of foods justified by their histamine content? *Nutrients*, 13: 1395.
- Sánchez-Pérez, S., Comas-Basté, O., Duelo, A., Veciana-Nogués, M.T., Berlanga, M., Vidal-Carou, M.C. y Latorre-Moratalla, M.L. (2022). The dietary treatment of histamine intolerance reduces the abundance of some histamine-secreting bacteria of the gut microbiota in histamine intolerant women. A pilot study. *Frontiers in Nutrition*, 9: 1018463.
- Schirone, M., Esposito, L., D'onofrio, F. Visciano, P., Martuscelli, M., Mastrocola, D. y Paparella, A. (2022). Biogenic amines in meat and meat products: a review of the science and future perspectives. *Foods*, 11: 788.
- Shalaby, A.R. (1996). Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International*, 29 (7), pp: 675-690.
- Shashank, A., Gupta, A.K., Singh, S. y Ranjan, R. (2021). Biogenic amines (BAs) in meat products, regulatory policies, and detection methods. *Current Nutrition & Food Science*, 17, pp: 1-11.
- Silva, C.M.G. y Glória, B.A. (2002). Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at 4±1°C and in chicken-based meat products. *Food Chemistry*, 78 (2), pp: 241-248.
- Simon-Sarkadi, L., Pásztor-Huszár, K., Dalmadi, I. y Kiskó, G. (2012). Effect of high hydrostatic pressure processing on biogenic amine content of sausage during storage. *Food Research International*, 47, pp: 380-384.
- Siripongpreda, T., Siralertmukul, K. y Rodthongkum, N. (2020). Colorimetric sensor and LDI-MS detection of biogenic amines in food spoilage based on porous PLA and graphene oxide. *Food Chemistry*, 329: 127165.
- Sivamaruthi, B.S., Kesika, P. y Chaiyasut, C. (2021). A narrative review on biogenic amines in fermented fish and meat products. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (5), pp: 1623-1639.
- Sun, Q., Zhao, X., Chen, H., Zhang, C. y Kong, B. (2018). Impact of spice extracts on the formation of biogenic amines and the physicochemical, microbiological and sensory quality of dry sausage. *Food Control*, 92, pp: 190-200.
- Sved, A.F., Weeks, J.J., Grace, A.A., Smith, T.T. y Donny, E.C. (2022). Monoamine oxidase inhibition in cigarette smokers: From preclinical studies to tobacco product regulation. *Frontiers in Neuroscience*, 16: 886496.
- Tabanelli, G., Torriani, S., Rossi, F., Rizzotti, L. y Gardini, F. (2012). Effect of chemico-physical parameters on the histidine decarboxylase (HdcA) enzymatic activity in *Streptococcus thermophilus* PRI60. *Journal of Food Science*, 77, pp: M231-M237.

- Tabanelli, G. (2020). Biogenic Amines and Food Quality: Emerging Challenges and Public Health Concerns. *Foods*, 9 (7): 859, pp: 1-4.
- Til, H.P., Falke, H.E., Prinsen, M.K. y Willems, M.I. (1997). Acute and subacute toxicity of tyramine, spermidine, spermine, putrescine and cadaverine in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 35 (3-4), pp: 337-348.
- Tittarelli, R., Mannocchi, G., Pantano, F. y Saverio Romolo, F. (2015). Recreational use, analysis and toxicity of tryptamines. *Current Neuropsychopharmacology*, 13, pp: 26-46.
- Triki, M., Herrero, A.M., Jiménez-Colmenero, F. y Ruiz-Capillas, C. (2018). Quality assessment of fresh meat from several species based on free amino acid and biogenic amine contents during chilled storage. *Foods*, 7: 132.
- Turna, N.S., Chung, R. y McIntyre, L. (2024). A review of biogenic amines in fermented foods: Occurrence and health effects. *Heliyon*, 10 (2), pp: e24501.
- UE (2004a). Reglamento (CE) N° 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. DO L 139 de 30 de abril de 2004, pp: 1-54.
- UE (2004b). Reglamento (CE) N° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. DO L 139 de 30 de abril de 2004, pp: 55-205.
- UE (2005). Reglamento (CE) N° 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. DO L 338 de 22 de diciembre de 2005, pp: 1-26.
- UE (2008). Reglamento (CE) N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios. DO L 354 de 31 de diciembre de 2008, pp: 16-33.
- UE (2012). Reglamento (UE) N° 231/2012 de la Comisión, de 9 de marzo de 2012, por el que se establecen especificaciones para los aditivos alimentarios que figuran en los anexos II y III del Reglamento (CE) N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. DO L 83 de 22 de marzo de 2012, pp: 1-295.
- Van den Berg, C.M., Blog, L.F., Kemper, E.M. y Azzaro, A.J. (2003). Tyramine pharmacokinetics and reduced bioavailability with food. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 43 (6), pp: 604-609.
- Van den Eynde, V., Gillman, P.K. y Blackwell, B.B. (2022). The prescriber's guide to the MAOI diet-thinking through tyramine troubles. *Psychopharmacology Bulletin*, 52 (2), pp: 73-116.
- Velut, G., Delon, F., Merigaud, J.P., Tong, C., Duflos, G., Boissan, F., Watier-Grillot, D., Boni, M., Derkenne, C., Dia, A., Texier, G., Vest, P., Meynard, J.B., Fournier, P.E., Chesnay, A. y Pommier de Santi, V. (2019). Histamine food poisoning: A sudden, large outbreak linked to fresh yellowfin tuna from Reunion Island, France, April 2017. *Eurosurveillance*, 24 (22): 1800405.
- Vidal-Carou, M.C., Izquierdo, M.L., Martín, M.C. y Mariné, A. (1990). Histamina y tiramina en derivados cárnicos. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 30 (1), pp: 102-108.
- Vinci, G. y Antonelli, M.L. (2002). Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. *Food Control*, 13, pp: 519-524.
- Wechsler, D., Irmeler, S., Berthoud, H., Portmann, R., Badertscher, R., Bisig, W., Schaefroth, K. y Frohlich-Wyder, M.-T. (2021). Influence of the inoculum level of *Lactobacillus parabuchneri* in vat milk and of the cheese-making conditions on histamine formation during ripening. *International Dairy Journal*, 113: 104883.
- Wöhrl, S., Hemmer, W., Focke, M., Rappersberger, K. y Jarisch, R. (2004). Histamine intolerance-like symptoms in healthy volunteers by oral provocation with liquid histamine. *Allergy and Asthma Proceedings*, 25 (5), pp: 305-311.
- Wójcik, W., Łukasiewicz-Mierzejewska, M., Damaziak, K. y Bień, D. (2022). Biogenic Amines in Poultry Meat and Poultry Products: Formation, Appearance, and Methods of Reduction. *Animals*, 12 (12), pp: 1577.
- Wójcik, W., Damaziak, K., Łukasiewicz-Mierzejewska, M., Świder, O., Niemiec, J., Wójcicki, M., Roszko, M., Gozdowski, D., Riedel, J. y Marzec, A. (2023). Correlation between biogenic amines and their precursors in stored chicken meat. *Applied Sciences*, 13: 12230.

- Wojnowski, W., Plotka-Wasyłka, J., Kalinowska, K., Majchrzak, T., Dymerski, T., Szwed, P. y Namieśnik, J. (2018). Direct determination of cadaverine in the volatile fraction of aerobically stored chicken breast samples. *Monatshefte für Chemie*, 149, pp:1521-1525.
- Wojnowski, W., Kalinowska, K., Majchrzak, T., Plotka-Wasyłka, J. y Namieśnik, J. (2019). Prediction of the Biogenic Amines Index of Poultry Meat Using an Electronic Nose. *Sensors*, 19: 1580, pp: 1-10.
- Volken, W.A.M., Lucas, P.M., Lonvaud-Funel, A. y Lolkema, J.S. (2006). The mechanism of the tyrosine transporter TyrP supports a proton motive tyrosine decarboxylation pathway in *Lactobacillus brevis*. *Journal of Bacteriology*, 188 (6), pp: 2198-2206.
- Worm, J., Falkenberg, K. y Olesen, J. (2019). Histamine and migraine revisited: Mechanisms and possible drug targets. *Journal of Headache and Pain*, 20 (1): 30.
- Wortberg, W. y Woller, R. (1982). Quality and freshness of meat and meat products as related to their content of biogenic amines. *Fleischwirtschaft*, 62, pp: 1457-1463.
- Yue, C.S., Lim, A.K., Chia, M.L., Wong, P.Y., Chin, J.S.R. y Wong, W.H. (2023). Determination of biogenic amines in chicken, beef, and mutton by dansyl chloride microwave derivatization in Malaysia. *Journal of Food Science*, 88, pp: 650-665.
- Zaman, M.Z., Abu-Bakar, F., Jinap, S. y Bakar, J. (2011). Novel starter cultures to inhibit biogenic amines accumulation during fish sauce fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 145, pp: 84-91.
- Zhang, K. y Ni, Y. (2014). Tyrosine decarboxylase from *Lactobacillus brevis*: soluble expression and characterization. *Protein Expression and Purification*, 94, pp: 33-39.