

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las condiciones de mantenimiento de los alimentos elaborados con huevo u ovoproductos en los establecimientos minoristas

Número de referencia: AESAN-2025-005

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

Grupo de trabajo

Antonio Valero Díaz (Coordinador), María Dolores Rodrigo Aliaga (Coordinadora), Rosa María Capita González, Baltasar Mayo Pérez, Azucena del Carmen Mora Gutiérrez, Fernando Pérez Rodríguez* y Paula Arrabal Durán (AESAN)

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	*Colaborador externo: Fernando Pérez Rodríguez (Universidad de Córdoba)		

Gestión técnica del informe AESAN: Paula Arrabal Durán

Resumen

En el Real Decreto 1021/2022, por el que se regulan determinados requisitos en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios en establecimientos de comercio al por menor, se establece que, en los establecimientos de comercio al por menor, los alimentos elaborados con huevo crudo sometidos a tratamiento térmico donde se alcance una temperatura igual o superior a 70 °C durante 2 segundos en el centro del producto o cualquier otra combinación de condiciones de tiempo y temperatura equivalente y que no sean estables a temperatura ambiente,

así como aquellos alimentos elaborados con ovoproductos que se van a consumir sin sufrir tratamiento térmico, deben ser conservados a una temperatura igual o inferior a 8 °C y ser consumidos en un máximo de 24 horas a partir de su elaboración. Por otro lado, en los establecimientos minoristas de nuestro país no está permitido el uso de huevo crudo para elaboraciones que no vayan a someterse a tratamiento térmico.

En este contexto, se ha solicitado al Comité Científico de la Agencia de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) que evalúe la seguridad del mantenimiento de los alimentos elaborados con huevo crudo y sometidos a un tratamiento térmico, así como de aquellos alimentos que no se someten a tratamiento térmico elaborados con ovoproductos pasteurizados a las temperaturas de mantenimiento de las comidas preparadas (en particular, a 4 °C si su vida útil es superior a 24 horas, considerando que el Real Decreto 1021/2022 ya permite el mantenimiento a una temperatura igual o inferior a 8 °C durante un máximo de 24 horas). Por otro lado, se ha solicitado evaluar el riesgo de infección alimentaria, en el ámbito de la restauración, por consumo de huevo crudo contaminado tanto interna como externamente con *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium*.

El Comité Científico de la AESAN, a través de la aplicación de modelos predictivos, concluye que las condiciones de almacenamiento en refrigeración estipuladas en el Real Decreto 1086/2020 para comidas preparadas (4 °C si su vida útil es superior a 24 horas y 8 °C si su vida útil es inferior a 24 horas) son suficientemente seguras con respecto al riesgo de proliferación de *Salmonella* spp. en alimentos elaborados con huevo crudo y sometidos a tratamiento térmico, así como en aquellos no sometidos a tratamiento térmico elaborados con ovoproductos pasteurizados, siempre que se garantice la calidad microbiológica de partida, así como unas buenas prácticas de higiene y manipulación.

Por otro lado, aunque la prevalencia de *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium* en las explotaciones de gallinas ponedoras es actualmente baja, el riesgo asociado al consumo de elaboraciones con huevo crudo puede considerarse bajo pero no desdéniable. En el contexto de la restauración, la conjunción de una prevalencia reducida pero persistente, junto con la alta capacidad de diseminación del patógeno y la gravedad de los casos asociados, obliga a mantener un enfoque de gestión preventiva basado en la aplicación estricta de buenas prácticas de higiene, la refrigeración continua y el uso preferente de ovoproductos pasteurizados.

Palabras clave

Huevo, ovoproductos, establecimientos minoristas, conservación, refrigeración, *Salmonella*.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the conservation conditions of foods made with eggs or egg products in retail establishments

Abstract

Royal Decree 1021/2022, which regulates certain hygiene requirements for the production and marketing of foodstuffs in retail establishments, establishes that, in retail establishments, food made with raw egg subjected to heat treatment where a temperature equal to or greater than 70 °C is

reached for 2 seconds in the centre of the product or any other combination of time and equivalent temperature conditions and which are not stable at room temperature, as well as foodstuffs made with egg products to be consumed without undergoing heat treatment, must be stored at a temperature equal to or lower than 8 °C and must be consumed within a maximum of 24 hours following their preparation. Also, in our country's retail establishments, the use of raw eggs for foodstuffs that are not going to be subjected to heat treatment is not allowed.

Against this background, the Scientific Committee of the Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) has been requested to evaluate the safety of conservation of foodstuffs made with raw eggs and subjected to a heat treatment, as well as those foods that are not subjected to a heat treatment made with pasteurized egg products at storage temperatures of prepared meals (in particular, at 4 °C if their shelf life is greater than 24 hours, considering that Royal Decree 1021/2022 already allows storage at a temperature equal to or lower than 8 °C for a maximum of 24 hours). Furthermore, it has been requested to evaluate the risk of foodborne infection, in the field of catering, due to the consumption of raw eggs contaminated both internally and externally with *S. Enteritidis* and *S. Typhimurium*.

The AESAN Scientific Committee, through the application of predictive models, concludes that the refrigeration conservation conditions stipulated in Royal Decree 1086/2020 for prepared foods (4 °C if their shelf life is more than 24 hours and 8 °C if their shelf life is less than 24 hours) are sufficiently safe with respect to the risk of proliferation of *Salmonella* spp. in foods made with raw eggs and subjected to heat treatment, as well as in those not subjected to heat treatment made with pasteurized egg products, provided that the starting microbiological quality is guaranteed, as well as good hygiene and handling practices.

Moreover, although the prevalence of *S. Enteritidis* and *S. Typhimurium* in operations involving laying hens is currently low, the risk associated with the consumption of raw egg preparations can be considered low but not negligible. In the context of catering, the combination of a reduced but persistent prevalence, together with the high capacity to spread the pathogen and the severity of the associated cases, makes it necessary to maintain a preventive management approach based on the strict application of good hygiene practices, continuous refrigeration and the preferential use of pasteurised egg products.

Key words

Egg, egg products, retail establishments, conservation, refrigeration, *Salmonella*.

Cita sugerida

Comité Científico AESAN. (Grupo de Trabajo) Valero, A., Rodrigo, M.D., Capita, R.M., Mayo, B., Mora, A.C., Pérez, F. y Arrabal, P. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las condiciones de mantenimiento de los alimentos elaborados con huevo u ovoproductos en los establecimientos minoristas. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 2025, 42, pp: 79-140.

1. Introducción

Antes de la publicación del Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022), por el que se regulan determinados requisitos en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios en establecimientos de comercio al por menor, los requisitos para los alimentos de consumo inmediato elaborados con huevo en establecimientos minoristas estaban recogidos en el Real Decreto 1254/1991 (BOE, 1991), por el que se dictan normas para la preparación y conservación de la mayonesa de elaboración propia y otros alimentos de consumo inmediato en los que figure el huevo como ingrediente. Esta norma, ya derogada, establecía que cuando los alimentos no fueran sometidos a un tratamiento térmico de al menos 75 °C en su parte central, el huevo debía sustituirse por ovoproductos. Además, también fijaba la temperatura y tiempo máximo de conservación de los alimentos de consumo inmediato con huevo u ovoproductos como ingrediente (8 °C, máximo 24 horas). Sin embargo, en la práctica se encuentran en los establecimientos minoristas alimentos elaborados con huevo crudo que no alcanzan los 75 °C (huevos fritos con la yema sin cuajar, tortillas sin cuajar, etc.).

Teniendo en cuenta la situación anterior, durante la fase de redacción del Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022), se hizo una consulta al Comité Científico de la Agencia de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), que elaboró el Informe del Comité Científico de la AESAN sobre las combinaciones tiempo-temperatura necesarias para el cocinado seguro de los alimentos y las temperaturas adecuadas para el mantenimiento en caliente y recalentamiento de las comidas preparadas (AESAN, 2021). En este informe, se establecieron las siguientes conclusiones en relación con los alimentos elaborados con huevo:

- La combinación tiempo-temperatura adecuada para el cocinado seguro de los alimentos elaborados con huevo es 70 °C durante 2 segundos (o tratamiento equivalente). Dicha temperatura interna es la necesaria para no requerir el uso de ovoproductos pasteurizados, con posterior mantenimiento a 8 °C durante un máximo de 24 horas.
- En relación con distintas preparaciones como huevo frito o tortillas poco cuajadas, el cocinado se debe realizar de forma que en el centro del producto se alcancen 63 °C durante 20 segundos (o tratamiento equivalente), siempre que se sirvan para su consumo inmediato.

Sin embargo, no se solicitó al Comité Científico su opinión sobre las condiciones de conservación de los alimentos con huevo/ovoproductos como ingrediente, por lo que se mantuvieron las condiciones recogidas en la normativa anterior.

Las conclusiones de este informe se introdujeron en el artículo 9 del Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022):

«Artículo 9. Requisitos específicos para los alimentos elaborados con huevo.

1. Los establecimientos de comercio al por menor podrán usar huevo crudo para elaborar alimentos que:

- a) Se sometan a un tratamiento térmico donde se alcance una temperatura igual o superior a 70 °C durante 2 segundos en el centro del producto o cualquier otra combinación de condiciones de tiempo y temperatura con la que se obtenga un efecto equivalente.

- b) Se sometan a un tratamiento térmico donde se alcance una temperatura de 63 °C durante 20 segundos en el centro del producto y se sirvan para su consumo inmediato, como huevos fritos, tortillas u otras preparaciones.
2. Para elaborar productos que se van a consumir sin sufrir un tratamiento térmico que cumpla las condiciones del apartado 1, se deberá sustituir el huevo crudo por ovoproductos procedentes de establecimientos autorizados.
3. Los alimentos elaborados conforme a lo establecido en los apartados 1.a), que no sean estables a temperatura ambiente, y conforme al apartado 2, se conservarán a una temperatura igual o inferior a 8 °C y se consumirán en un máximo de 24 horas a partir de su elaboración. Se deberá registrar la fecha y hora de elaboración.»

Sin embargo, la aplicación de este artículo limita el mantenimiento a una temperatura igual o inferior a 8 °C durante un máximo de 24 horas, no permitiendo mantener ciertos alimentos a las temperaturas de conservación de las comidas preparadas, recogidas en el artículo 30 del Real Decreto 1086/2020 (BOE, 2020) por el que se regulan y flexibilizan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones de la Unión Europea en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios y se regulan actividades excluidas de su ámbito de aplicación. Estas temperaturas de mantenimiento de comidas preparadas son:

- En caliente: superior o igual a 63 °C.
- En refrigeración: igual o inferior a:
 - 4 °C si su vida útil es superior a 24 horas.
 - 8 °C si su vida útil es inferior a 24 horas.
- En congelación: igual o inferior a -18 °C.

Por otro lado, en los establecimientos minoristas de nuestro país, según lo establecido en el artículo 9 del Real Decreto 1021/2022, no está permitido el uso de huevo crudo para elaboraciones que no vayan a someterse a tratamiento térmico. Sin embargo, al revisar la legislación aplicable a los establecimientos minoristas en otros Estados miembros, se observa que algunos de ellos, como por ejemplo Estonia, Francia, Austria, Portugal, Rumanía o Eslovenia, no imponen restricciones para el uso de huevo crudo en este tipo de elaboraciones. Otros Estados miembros lo permiten siempre que se cumplan una serie de requisitos, pero ninguno aplica restricciones tan estrictas como España.

Teniendo en cuenta la prevalencia de *Salmonella* y los objetivos de reducción tanto en España como en el resto de los Estados miembros, así como las medidas de control que se aplican en nuestro país y en otros Estados miembros, se considera oportuno evaluar la posibilidad de revisar la normativa nacional con el objetivo de valorar si es posible flexibilizar estos requisitos en base a una evaluación del riesgo.

Considerando que en el momento actual se está trabajando en una modificación del Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022) para mejorar su aplicación, se requiere una evaluación del riesgo que proporcione una base científica sólida para la modificación de la norma en relación con los aspectos anteriormente expuestos.

Por tanto, se solicita al Comité Científico de la AESAN un informe en el que se evalúen los siguientes puntos:

- La seguridad del mantenimiento de alimentos elaborados con huevo crudo (tortilla, revuelto, flan, etc.) y sometidos a un tratamiento térmico donde se alcance una temperatura igual o superior a 70 °C durante 2 segundos en el centro del producto, o tratamiento equivalente, a las temperaturas de mantenimiento de las comidas preparadas (en particular, a 4 °C si su vida útil es superior a 24 horas, considerando que el Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022) ya permite el mantenimiento a una temperatura igual o inferior a 8 °C durante un máximo de 24 horas).
- La seguridad del mantenimiento de alimentos que no se someten a tratamiento térmico elaborados con ovoproductos pasteurizados (tiramisú, mayonesa, etc.) a las temperaturas de mantenimiento de las comidas preparadas (en particular, a 4 °C si su vida útil es superior a 24 horas, considerando que el Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022) ya permite el mantenimiento a una temperatura igual o inferior a 8 °C durante un máximo de 24 horas).
- Teniendo en cuenta la prevalencia actual de *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhimurium en manadas de gallinas ponedoras, y considerando que se estableciera el requisito de mantener el huevo en refrigeración hasta el momento de su cascado para su uso en elaboraciones destinadas a ser consumidas de inmediato y en el mismo lugar, evaluar el riesgo de infección alimentaria, en el ámbito de la restauración, por consumo de huevo crudo contaminado internamente con *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium*. ¿Cuál sería dicho riesgo si el huevo estuviera contaminado externamente?

2. Antecedentes

2.1 Normativa aplicable a comidas preparadas elaboradas en establecimientos de restauración: caso particular del huevo

El artículo 9 del Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022) regula requisitos específicos en materia de higiene de la producción y comercialización de huevo en establecimientos de comercio al por menor. En él se establece que:

1. Los establecimientos de comercio al por menor podrán usar huevo crudo para elaborar alimentos que:
 - a) Se sometan a un tratamiento térmico donde se alcance una temperatura igual o superior a 70 °C durante 2 segundos en el centro del producto o cualquier otra combinación de condiciones de tiempo y temperatura con la que se obtenga un efecto equivalente.
 - b) Se sometan a un tratamiento térmico donde se alcance una temperatura de 63 °C durante 20 segundos en el centro del producto y se sirvan para su consumo inmediato, como huevos fritos, tortillas u otras preparaciones.
2. Para elaborar productos que se van a consumir sin sufrir un tratamiento térmico que cumpla las condiciones del apartado 1, se deberá sustituir el huevo crudo por ovoproductos procedentes de establecimientos autorizados.
3. Los alimentos elaborados conforme a lo establecido en los apartados 1.a), que no sean estables a temperatura ambiente, y conforme al apartado 2, se conservarán a una temperatura

igual o inferior a 8 °C y se consumirán en un máximo de 24 horas a partir de su elaboración. Se deberá registrar la fecha y hora de elaboración.

Por otro lado, el artículo 30 del Real Decreto 1086/2020 regula las temperaturas de mantenimiento de comidas preparadas (en general), estableciendo los siguientes límites:

- En caliente: temperatura superior o igual a 63 °C.
- En refrigeración: temperatura igual o inferior a 4 °C, si su vida útil es superior a 24 horas, o a 8 °C, si su vida útil es inferior a 24 horas.
- En congelación: igual o inferior a -18 °C.

Por tanto, a la vista de ambas normativas, surge la duda de si un alimento elaborado con huevo podría mantenerse en caliente (≥ 63 °C) o conservarse durante más de 24 horas a ≤ 4 °C, dado que el Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022) establece un límite más restrictivo (24 horas y ≤ 8 °C) para los productos con huevo crudo u ovoproductos utilizados según sus condiciones específicas.

2.2 Alertas y brotes relacionados con la presencia de *Salmonella* spp. en huevos y ovoproductos

A nivel mundial, *Salmonella* spp. se reconoce como una de las principales causas de enfermedades transmitidas por alimentos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las infecciones por *Salmonella* no tifoidea representan una carga sanitaria significativa en todos los continentes, afectando tanto a países desarrollados como en desarrollo. Se estima que cada año se producen entre 200 y 1000 millones de casos de infección por *Salmonella*, que resultan en aproximadamente 93 millones de casos de gastroenteritis y alrededor de 155 000 muertes, de las cuales cerca del 85 % están vinculadas al consumo de alimentos contaminados (He et al., 2023) (Lamichhane et al., 2024).

Los alimentos de origen animal, especialmente huevos, carne de ave, carne de cerdo y productos lácteos, continúan siendo los principales vehículos de transmisión, aunque también se han implicado frutas, verduras y productos procesados. La OMS y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a través de la iniciativa *Global Foodborne Infections Network* (GFN), destacan que las medidas de control a lo largo de la cadena alimentaria, junto con la vigilancia epidemiológica, son esenciales para reducir la incidencia mundial de salmonelosis.

En el contexto de la Unión Europea, la salmonelosis constituye la segunda infección gastrointestinal de transmisión alimentaria más frecuente en humanos, tras la campilobacteriosis. Según el informe conjunto de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades (ECDC) (EFSA/ECDC, 2024), en 2023 se notificaron 77 486 casos confirmados de salmonelosis humana en la Unión Europea, lo que representa un incremento del 16,9 % respecto al año 2022. De estos, 9210 casos (11,88 %) fueron atribuidos a un origen alimentario, con 1726 hospitalizaciones (18,7 %) y 16 defunciones (0,17 %) registradas.

En cuanto a los brotes de origen alimentario, durante 2023 se detectaron 1115 brotes en la Unión Europea, de los cuales 252 se produjeron en España (EFSA/ECDC, 2024). La mayoría de ellos se

asociaron al consumo de huevos y ovoproductos contaminados, seguidos por carnes de ave y productos cárnicos elaborados.

En cuanto a las alertas, según la base de datos *Rapid Alert System for Food and Feed* (RASFF, 2025), entre mayo de 2020 y marzo 2025 se han notificado 63 alertas por *Salmonella* en huevo y ovoproductos en países europeos. De ellas, 17 se dieron en ovoproductos (huevo líquido pasteurizado, huevo en polvo, clara de huevo, yema de huevo en polvo) y, el resto, en huevo crudo.

Es importante señalar que las diferencias entre países en la incidencia y notificación de casos deben interpretarse con precaución, ya que pueden deberse a variaciones en los sistemas de vigilancia, definición de casos, métodos de muestreo y gestión de alertas sanitarias. Estas divergencias metodológicas subrayan la necesidad de armonizar los sistemas de control y comunicación de riesgos alimentarios a nivel europeo e internacional.

3. *Salmonella* spp.

3.1 Taxonomía de *Salmonella* spp. Etiología y síntomas de la salmonelosis

Las salmonelas son bacterias Gram-negativas, con forma de bacilo, móviles, anaerobias facultativas y no esporuladas que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* (Billah y Rahman, 2024). El género *Salmonella* está constituido por dos especies: *Salmonella enterica* y *Salmonella bongori*. A su vez, *S. enterica* se divide en seis subespecies: *enterica* (I), *salamae* (II), *arizona* (IIIa), *diarizonae* (IIIb), *houtenae* (IV), e *indica* (VI) (Sivanandy et al., 2025), e incluye un total de 2659 serotipos. De ellas, *S. enterica* subespecie *enterica* causa el 99 % de las infecciones humanas y de animales de sangre caliente, e incluye aproximadamente 1586 serotipos (Park et al., 2009) (Issenhuth-Jeanjean et al., 2014). El método de referencia estándar actual para determinar los serotipos de *Salmonella* es el esquema White-Kauffmann-Le Minor (anteriormente Kauffmann-White), que se basa en el uso de antisueros específicos que, mediante reacciones de aglutinación, permiten identificar diferentes antígenos: O (somáticos: parte de los lipopolisacáridos de la membrana externa), H (flagelares: proteínas de los flagelos) y Vi (capsulares: polisacáridos de la cápsula). La mayoría de las cepas de *Salmonella* son difásicas y codifican dos genes de antígeno H, fase 1 (H1) y fase 2 (H2), que se expresan alternativamente dentro de una sola célula, pero se expresan simultáneamente en una población. El serogrupo incluye cepas de *Salmonella* que comparten el mismo antígeno somático, mientras que el serotipo comprende cepas que comparten también los antígenos flagelares. El antígeno Vi, que confiere mayor virulencia a las cepas que lo poseen, puede estar presente solo en tres serovares de *Salmonella*: *S. Typhi*, *S. Paratyphi C* y *S. Dublin* (Moore et al., 2019) (Napoleoni et al., 2024).

Los serotipos de *Salmonella* se pueden clasificar en tifoideos y no tifoideos según su capacidad para desarrollar patologías específicas en los seres humanos. Los serotipos tifoideos son capaces de infectar y colonizar solo un rango muy reducido de hospedadores, e incluyen *S. enterica* serotipo Typhi, *S. enterica* serotipo Paratyphi A, B o C y *S. enterica* serotipo Sendai, que solo presentan como reservorios a primates superiores y a humanos, a los que están altamente adaptados (Johnson et al., 2018) (Ferrari et al., 2019) (Lamichhane et al., 2024).

Otros serotipos especializados se asocian con enfermedades sistémicas en otras especies animales, como *S. enterica* serotipo Gallinarum y *S. enterica* serotipo Pullorum, con especificidad de

hospedador para las aves (Shivaprasad, 2000). Por el contrario, los serotipos generalistas, incluyendo *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium* (los dos serotipos más frecuentemente implicados en casos de salmonelosis), pueden desencadenar infecciones tanto en humanos como en animales (Xu et al., 2021).

3.1.1 Salmonelosis

3.1.1.1 Importancia

Según la OMS, *Salmonella* spp. se encuentra entre los 31 patógenos con mayor capacidad para desencadenar enfermedades intestinales o sistémicas en humanos entre los agentes diarreicos o invasivos (virus, bacterias, protozoos, helmintos y sustancias químicas) y es la tercera causa principal de muerte entre las enfermedades transmitidas por alimentos (OMS, 2015). Este patógeno es el segundo agente causal principal de las enfermedades transmitidas por alimentos en la Unión Europea y Estados Unidos, precedido por *Campylobacter* spp. y norovirus, respectivamente (Ferrari et al., 2019).

3.1.1.2 Cuadro clínico

Salmonella es altamente patógena y puede causar enfermedades potencialmente mortales debido a su capacidad de penetrar, multiplicarse y sobrevivir en las células humanas (Hansen-Wester et al., 2002) (Dieterich et al., 2018). Hay tres manifestaciones clínicas de la salmonelosis: gastroenteritis, septicemia y fiebres entéricas (tifoidea y paratifoidea) (Crump et al., 2015).

Los serotipos tifoideos son responsables de infecciones inespecíficas diseminadas, con síntomas que incluyen fiebre (39-40 °C), dolor de cabeza, diarrea o estreñimiento, pérdida de apetito o bradicardia (Lamichhane et al., 2024), así como síntomas neurológicos, leucopenia, septicemia y trastornos inmunológicos (Billah y Rahman, 2024). Concretamente, las infecciones por *S. Typhi* y *S. Sendai* se asocian con fiebre alta, diarrea, vómitos y cefalea, pudiendo ocurrir, en casos extremos, la muerte. Las infecciones por *S. Paratyphi* A, B o C presentan síntomas más leves, como diarrea, cólicos, fiebre y vómitos, pudiendo provocar septicemia en ocasiones.

Por otro lado, los serotipos no tifoideos son responsables de gastroenteritis de gravedad variable o, raramente, bacteriemia (Andino y Hanning, 2015). Si bien los síntomas de las salmonelosis no tifoideas suelen ser leves, su severidad depende del serotipo implicado y del estado inmunológico del hospedador. En comparación con individuos adultos sanos, los niños y los ancianos con sistemas inmunitarios débiles son especialmente susceptibles a padecer la infección (Kurtz et al., 2017). Los principales síntomas de las salmonelosis no tifoideas incluyen fiebre, dolor abdominal y diarrea. Se trata de un proceso habitualmente autolimitado, que se resuelve en pocos días sin necesidad de tratamiento, con recuperación completa de los pacientes. Sin embargo, aproximadamente el 5 % de las personas (principalmente en niños menores de 5 años, personas inmunocomprometidas y personas de edad avanzada) puede desarrollar bacteriemia o infecciones invasivas graves (por ejemplo, meningitis) que pueden poner en peligro la vida (Watler et al., 2024).

3.1.1.3 Epidemiología

Los serotipos tifoideos son altamente específicos de hospedador y se transmiten de persona a persona vía fecal-oral (a través del consumo de agua o alimentos contaminados). Dado que estos serotipos no tienen a los animales como reservorios, excepto los primates superiores, su presencia indica contaminación por una higiene inadecuada durante la manipulación de alimentos y agua (Newell et al., 2010).

Por lo que respecta a los serotipos no tifoideos, responsables de gastroenteritis, el reservorio más común es el tracto intestinal de una amplia gama de animales domésticos y silvestres, así como diversas matrices alimentarias, que pueden servir como vehículos de transmisión de *Salmonella* spp. a los humanos a través de la contaminación fecal. *Salmonella* está presente principalmente en los alimentos de origen animal, si bien el microorganismo puede estar también presente en vegetales o productos de origen acuático, tanto por contaminación durante la producción como por contaminación cruzada durante el procesado (Carstens et al., 2019).

La transferencia ocurre con frecuencia cuando estos microorganismos se introducen en las áreas de preparación de alimentos, con la consiguiente proliferación en los alimentos debido a temperaturas de almacenamiento inadecuadas, cocinado insuficiente o contaminación cruzada, así como por contacto directo con animales y seres humanos infectados.

3.2 Prevalencia de *Salmonella* spp. en huevos y ovoproduitos

Existen dos posibles vías de contaminación del contenido de huevos intactos por *Salmonella*. En la transmisión horizontal, la bacteria penetra a través de la cáscara; en la transmisión vertical (vía transovárica), el contenido del huevo se contamina directamente como resultado de la infección por *Salmonella* de los órganos reproductivos, antes de que los huevos queden cubiertos por los componentes de la cáscara (Howard et al., 2012). Aún no está claro cuál es la vía más importante de la contaminación del contenido del huevo por *Salmonella*, si bien se ha indicado que, para *S. Enteritidis*, la vía de contaminación transovárica parece ser más relevante que la penetración a través de la cáscara (Cardoso et al., 2021).

El porcentaje de huevos que a nivel de granja están contaminados internamente con *Salmonella* es variable, pero, en general, bajo (3 %) (EFSA, 2007). Algunos de los escasos datos disponibles en España informan de prevalencias menores. Perales y Audicana (1989) observaron una prevalencia del 1,3 % en huevos asociados a brotes de salmonelosis, mientras que en huevos no asociados a brotes la prevalencia fue del 0,6 %. En un informe previo de AESAN (2007), se indica que la frecuencia de huevos contaminados externamente con *Salmonella* en los puestos de venta puede ser, en ocasiones, considerablemente superior (entre un 5 y un 24 % de los huevos analizados en un estudio en la Comunidad Autónoma de Madrid entre los años 2003 y 2005 (Porrero et al., 2006)).

Los niveles de *Salmonella* en el contenido de huevos intactos son generalmente menores a 10 UFC/huevo, aunque también se han encontrado huevos que contienen más de 10^5 UFC/g (Humphrey, 1994). La clara es más frecuentemente positiva a *Salmonella* que la yema (Humphrey, 1994), lo que sugiere que el oviducto es el sitio de colonización (Cardoso et al., 2021). Existe consenso en que el crecimiento en la clara de huevo, debido a sus compuestos antimicrobianos, es limitado, incluso

a temperatura ambiente (Kang et al., 2006). El estudio mostró que la albúmina del huevo tiene una fuerte capacidad inhibidora sobre *Salmonella*, limitando su crecimiento gracias, en buena parte, a la restricción de hierro y otras barreras antimicrobianas. Por el contrario, la yema ofrece mejores condiciones para crecimiento, multiplicación y supervivencia. En la yema, el almacenamiento a temperatura ambiente puede resultar en una alta concentración de *Salmonella* en un tiempo relativamente corto; por ejemplo, se han obtenido tiempos de generación de 3,5 horas y 35 minutos para *Salmonella* en yemas de huevo incubadas a 15,5 °C y 37 °C, respectivamente (Bradshaw et al., 1990).

Los datos sobre la prevalencia de *Salmonella* en huevos de consumo son escasos y variables, lo que refleja diferencias, por ejemplo, en la prevalencia en animales destinados a la producción de alimentos, así como en la calidad y la cobertura de los sistemas de vigilancia (esquema, contexto, estrategia o unidad de muestreo y tamaño de la muestra). A pesar de la variabilidad observada, se reconoce generalmente que la prevalencia de *Salmonella* en huevos de consumo es baja en la mayoría de los países desarrollados (Cardoso et al., 2021). Así, es necesario analizar un gran número de huevos para detectar *Salmonella* y obtener una medición precisa del porcentaje de contaminación (Carrique-Mas y Davies, 2008). Ebel y Schlosser (2000) estimaron que uno de cada 20 000 huevos producidos anualmente en Estados Unidos es positivo a *Salmonella* (0,005 %). En Europa, según datos de la EFSA/ECDC (2019), aproximadamente el 0,37 % de los huevos de consumo analizados (n= 6252) estaban contaminados con *Salmonella* (n= 23). Cabe destacar que estos resultados fueron comunicados únicamente por 13 Estados miembros de la Unión Europea, y que solo Bulgaria, República Checa, Italia, Polonia, Portugal, Eslovaquia, España y Rumanía notificaron la presencia de huevos contaminados (EFSA/ECDC, 2019). En la Tabla 1 se muestran datos de prevalencia, niveles y serotipos detectados en huevos de consumo procedentes de aves con diferentes sistemas de alojamiento.

Tabla 1. Porcentaje de muestras contaminadas con *Salmonella* y serotipos encontrados en diferentes tipos de huevos y áreas geográficas

Área geográfica / fecha del estudio	Tipo de huevos / prevalencia / niveles / serotipos detectados	Referencia
Corea / septiembre a diciembre de 1998	Huevos (135 docenas) de 17 marcas procedentes de establecimientos de venta al público / 0 %	Chang (2000)
Japón / primavera y otoño de 2003	Muestras de huevo líquido (134 de 4 plantas de procesamiento; 200 g cada una) antes de la pasteurización / 72 %-100 % (dependiendo de la planta de procesamiento) / desde <1 UFC/g hasta $2,4 \times 10^2$ UFC/g / 25 serotipos detectados (predomina <i>S. Enteritidis</i>)	
Nueva Zelanda / julio de 2005 a junio de 2006	Huevos de gallinas camperas (166 unidades -entre 6 y 18 huevos- procedentes de establecimientos de venta) / 0 % cáscara y 0 % contenido	Wilson (2007)
	Huevos de gallinas criadas en suelo (98 unidades -entre 6 y 18 huevos- procedentes de establecimientos de venta) / 0 % cáscara y 0 % contenido	
	Huevos de gallinas criadas en jaula (250 unidades -entre 6 y 18 huevos- procedentes de establecimientos de venta) / 3,6 % cáscara (9/250) y 0 % contenido / 8 muestras con <5 NMP / huevo y una muestra con 44 NMP / huevo / <i>S. Infantis</i>	
Inglaterra / marzo de 2005 a julio de 2006	Huevos de establecimientos de venta al público procedentes de explotaciones de producción intensiva de diferentes países europeos / 1744 muestras (una cada 6 huevos) / 9,0 % (157/1744; prevalencia total); 8,4 % (147/1744; cáscara); 0,6 % (10/1744; cáscara y contenido) / prevalencias por países de origen: 25 % (Polonia), 13,3 % (España), 0,6 % (Francia) y 0 % (Bélgica, Alemania, Portugal, Irlanda y Holanda) / <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Mbandaka</i> , <i>S. Rissen</i> , <i>S. Braenderup</i> , <i>S. Infantis</i> , <i>S. Panama</i> , y <i>S. Weltevreden</i>	Little et al. (2007)
India / abril de 2006 a julio de 2007	Huevos procedentes de explotaciones avícolas / 3,84 % (10/260; 2 en cáscara, 7 en yema, 1 en cáscara y yema) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Africana</i>	Singh et al. (2010)
	Huevos de establecimientos de venta al por mayor: 4 % (6/150; 3 en cáscara y 3 en yema) / <i>S. Typhimurium</i> ,	
	Huevos de establecimientos minoristas: 7,4 % (11/150; 7 en cáscara, 2 en yema, 2 en cáscara y yema) / <i>S. Lagos</i> , <i>S. Rough</i> , <i>S. II</i>	
Japón / agosto de 2007 a enero de 2008	Huevos (2030 muestras; 10 huevos por muestra) de 220 establecimientos de venta al público / 0,25 % (5/2030) cáscaras y 0 % (0/2030) / <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Derby</i> , <i>S. Livingstone</i> , <i>S. Cerro</i>	Sasaki et al. (2011)

Tabla 1. Porcentaje de muestras contaminadas con <i>Salmonella</i> y serotipos encontrados en diferentes tipos de huevos y áreas geográficas			
Área geográfica / fecha del estudio	Tipo de huevos / prevalencia / niveles / serotipos detectados	Referencia	
Estados Unidos / marzo 2012 a febrero 2013	Muestras (1953) de huevo líquido antes de la pasteurización tomadas en 48 establecimientos autorizados (726 en contenido completo, 573 en claras, 544 en yemas) / 34,1 % (huevo completo); 8,3 % (claras); 26,1 % (yemas) / <i>S. Heidelberg</i> , <i>S. Braenderup</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Kentucky</i> y <i>S. Enteritidis</i>	USDA/FSIS (2013)	
Bangladesh / julio a diciembre 2013	Huevos de mercados locales / 120 cáscaras y 120 contenidos / 45,8 % (55/120; cáscara); 13,3 % (16/120; contenido)	Mahmud et al. (2016)	
China / agosto a octubre de 2013 y marzo a noviembre de 2014	Huevos (814) de diferentes procedencias: 304 huevos de explotaciones de gallinas criadas en jaula y 510 huevos de 18 establecimientos de venta al público / 5,6 % (46/814; mezcla de cáscara y contenido), 6,6 % (20/304) en explotaciones y 5,1 % (26/510) en establecimientos de venta / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Indiana</i> , <i>S. Thompson</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Norwich</i> , <i>S. Virchow</i> , <i>S. Derby</i> , <i>S. Senftenberg</i> , <i>S. Infantis</i> , <i>S. Albany</i> , <i>S. Blockley</i> , <i>S. Mbandaka</i> , <i>S. Braenderup</i>	Li et al. (2020a)	
Egipto / 2014	Huevos (200) de gallinas camperas / 0 % (cáscara) y 0 % (contenido)	Eid et al. (2015)	
China / enero-diciembre de 2016	Huevos de diversas procedencias / 5548 muestras (cada una, al menos 10 huevos del mismo lote) / 0,5 % (27/5548; prevalencia total); 0,3 % (19/5548; cáscara); 0,2 % (9/5548; contenido); <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Bonn</i> , <i>S. Choleraesuis</i> , <i>S. Infantis</i> , <i>S. Lomita</i> , <i>S. Narashino</i> , <i>S. Rissen</i> , <i>S. Stanley</i> , <i>S. Tarshyne</i> , <i>S. Typhi</i> , <i>S. Virchow</i>	Li et al. (2020b)	
Egipto / marzo a julio de 2017	Huevos caseros/de corral (50) / 6,0 % (3/50; cáscara); 6,0 % (3/50; contenido) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Kentucky</i>	Elmonir et al. (2023)	
	Huevos de producción intensiva (200) / 2,5 % (5/200; cáscara); 2,5 % (5/200; contenido) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Kentucky</i> , <i>S. Infantis</i> , <i>S. Molade</i> , <i>S. Tamale</i> , <i>S. Labadi</i> , <i>S. Papuana</i>		
Australia / octubre de 2017 a junio de 2018	Huevos de gallinas camperas / cada muestra es un envase de 12 huevos / 6,4 % (6/93; prevalencia total); 2,1 % (2/93; cáscara); 3,2 % (3/93; contenido); 1,1 % (1/93; cáscara y contenido) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Infantis</i>	Sodagari et al. (2019)	
	Huevos de gallinas criadas en suelo / cada muestra es un envase de 12 huevos / 17,9 % (7/39; prevalencia total); 5,1 % (2/39; cáscara); 5,1 % (2/39; contenido); 7,7 % (3/39; cáscara y contenido) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Infantis</i>		
	Huevos de gallinas criadas en jaula / cada muestra es un envase de 12 huevos / 14,7 % (10/68; prevalencia total); 7,3 % (5/68; cáscara); 1,4 % (1/68; contenido); 5,9 % (4/68; cáscara y contenido) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Infantis</i>		

Tabla 1. Porcentaje de muestras contaminadas con <i>Salmonella</i> y serotipos encontrados en diferentes tipos de huevos y áreas geográficas		
Área geográfica / fecha del estudio	Tipo de huevos / prevalencia / niveles / serotipos detectados	Referencia
Portugal y Rumanía / diciembre de 2017 a agosto de 2018	Huevos (200) de 56 explotaciones de Portugal / 202 huevos de 94 explotaciones de Rumanía / 0 % (0/200) en Portugal; 3 % (6/200) en Rumanía: 1 en cáscara y contenido, 3 en contenido y 2 en cáscara) / <i>S. Typhimurium</i> y <i>S. Enteritidis</i>	Ferreira et al. (2020)
España	Huevos adquiridos en mercados de Valencia / 5 explotaciones de producción ecológica (16 huevos); 5 explotaciones de gallinas camperas (10 huevos); 5 explotaciones de gallinas criadas en jaula (34 huevos) / 2,9 % (1/34; cáscara y contenido) en huevos de gallinas criadas en jaula	Fenollar et al. (2019)
Egipto	Un total de 1050 huevos: 70 muestras de 5 huevos (350 huevos) de cada tipo de aves: gallinas calvas, gallinas y patas; 90 muestras de productos basados en huevos (incluyendo 30 muestras de mayonesa, 30 de crema pastelera y 30 de natillas) / gallinas calvas: 5,72 % (4/70)-8,58 % (6/70) en cáscara (según el medio de cultivo empleado) y 1,43 % (1/70) en contenido; gallinas: 1,43 % (1/70) en cáscara y en contenido; patas: 1,43 % (1/70)-4,29 % (3/70) en cáscara (según el medio de cultivo) y 1,43 % (1/70)-2,86 % (2/70) en contenido (según el medio de cultivo); productos basados en huevo: 0 % (0/30; mayonesa), 3,33 % (1/30)-6,66 % (2/30; crema pastelera, según el medio de cultivo empleado); 0 % (0/30; natillas) / <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Anatum</i> , <i>S. Infantis</i> , <i>S. Kentucky</i> , <i>S. Shubra</i>	El-Prince et al. (2019)
Ghana / octubre de 2019 a agosto de 2020	Huevos (2304; 384 muestras de 6 huevos) procedentes de 30 establecimientos de venta al público (sin especificar método de cría) / 5,47 % (21/384; cáscara o contenido); 1,43 % (5/384; cáscara y contenido); 4,95 % (19/384; cáscara); 1,82 % (7/384; contenido) / <i>S. Ajiloba</i> , <i>S. Chester</i> , <i>S. Hader</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. I 14:b:-</i>	Archer et al. (2023)
Corea / 2022	Huevos de establecimientos de clasificación y envasado (E) analizados tras el lavado; se analizaron 16 800 huevos de 60 E (280 de cada E) en grupos de 20 huevos; 840 muestras / establecimientos: 18,3 % (11/60; cáscara); 20,0 % (12/60; contenido); muestras: 2,3% (19/840) en cáscara y en contenido / <i>S. Infantis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Agona</i> , <i>S. Newport</i> , <i>S. Bareilly</i> , <i>S. Montevideo</i> , <i>S. Senftenberg</i> , <i>S. Derby</i>	Jung y Lee (2024)
Chile / mayo de 2022 a enero de 2023	Huevos (426 muestras; cada muestra 6 huevos; 2556 huevos analizados): 240 de gallinas criadas en jaula y 186 de sistemas de cría alternativos (sin jaulas) / 0 % (0/24) en gallinas criadas en jaula y 1,1 % (2/186) en gallinas procedentes de sistemas alternativos / <i>S. Enteritidis</i>	Solis et al. (2023)
China	Huevos de explotaciones (138) y de centros de clasificación (138); 100 ovoproductos / 2,2 % (3/138) en explotaciones; 0,7 % (1/138) en centros de clasificación; ovoproductos / 34,0 % (34/100) en ovoproductos / <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Infantis</i> , <i>S. Mbandaka</i> , <i>S. Thompson</i> , <i>S. Corvallis</i>	Meng et al. (2025)

3.3 Factores que afectan a la supervivencia de *Salmonella* spp. en huevos y ovoproductos durante el almacenamiento

En relación con la vida útil, determinadas características intrínsecas (como el pH, la actividad de agua o la composición nutricional) y extrínsecas (como la temperatura de almacenamiento, la atmósfera de envasado o los tratamientos tecnológicos aplicados), pueden actuar como barreras que limitan la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos a lo largo del periodo de conservación del alimento. La aplicación de una combinación cuidadosamente seleccionada y controlada de estos factores permite retardar o inhibir el desarrollo microbiano, contribuyendo de manera decisiva al mantenimiento de la seguridad y la calidad del producto durante toda su vida útil.

3.3.1 Reducción de la prevalencia y/o niveles de *Salmonella* spp. en alimentos

En la industria alimentaria se han utilizado diversos métodos físicos, químicos y biológicos para reducir o eliminar *Salmonella* de los alimentos. La irradiación, puede provocar cambios de color (Kusmider et al., 2002), ablandamiento de los tejidos (Indiarto et al., 2023) o causar la formación de olores desagradables (Chen et al., 2023). Algunos desinfectantes químicos, como el cloro y el hipoclorito, pueden reaccionar con las proteínas y formar agentes carcinógenos (Hawkins y Davies, 2001). Es frecuente también la adición de ácidos orgánicos y fitoquímicos (Bajagai et al., 2020) (Nielsen y Knøchel, 2020). Las temperaturas elevadas no son adecuadas para alimentos crudos refrigerados como los huevos. El uso de tecnologías novedosas en lugar de tratamientos térmicos tiene algunas ventajas, especialmente cuando se trata de proteger la naturaleza sensible al calor del huevo sin pérdida de sus propiedades sensoriales y nutricionales (Afraiz et al., 2020). En este sentido, para inactivar los microorganismos y preservar al mismo tiempo la calidad de los productos frescos a base de huevo se han utilizado los campos eléctricos pulsados (Liu et al., 2019), el procesado con alta presión (Naderi et al., 2017), los ultrasonidos (Yüceer y Caner, 2020), las microondas (Li et al., 2018), la radiofrecuencia (Yang et al., 2019), la luz ultravioleta (Holck et al., 2018) o el plasma frío (Abdoli et al., 2024).

3.3.2 Probióticos y prebióticos

Entre las alternativas antimicrobianas para reducir la prevalencia de la contaminación y el posterior desarrollo de *Salmonella* en alimentos tenemos la utilización de prebióticos y probióticos. Los prebióticos, compuestos no digeribles que sustentan el crecimiento de las poblaciones microbianas intestinales saludables, provocan una reducción del pH intestinal, cambian la composición y la actividad de la microbiota y previenen la colonización por patógenos entéricos, incluyendo a *Salmonella* (Donalson et al., 2007). Por su parte, la suplementación con probióticos, microorganismos vivos que promueven la salud intestinal, previene también la colonización del tracto gastrointestinal por los patógenos a través de la exclusión competitiva, la producción de péptidos antimicrobianos (bacteriocinas), la estimulación de la producción de moco de las células caliciformes, la activación del sistema inmunológico, la reducción de la producción de metabolitos tóxicos (amoníaco) y la mejora de la función barrera de la mucosa intestinal (Feye et al., 2016).

3.3.3 Eliminación de *Salmonella* spp. en huevo y alimentos derivados

La industria avícola necesita contar con sistemas de desinfección efectivos y económicos para garantizar que los consumidores tengan huevos y ovoproductos de fácil acceso y seguros. La primera necesidad es contar con una gestión ambiental eficaz de los sistemas de alojamiento de las aves ponedoras, hecho que resulta esencial para minimizar las oportunidades de introducción, transmisión y persistencia de *Salmonella* en huevo (EFSA/ECDC, 2022). En la granja, el método más habitual de descontaminación de los huevos es el lavado. Sin embargo, este procedimiento está prohibido en la Unión Europea, porque puede dañar la capa exterior (cutícula) y aumentar el riesgo de contaminación. También está prohibida la descontaminación mediante rayos gamma o haces de electrones (Muñoz et al., 2015) (UE, 2023).

3.3.4 Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales que más influye en el crecimiento bacteriano. La mejor manera, por tanto, de prevenir la multiplicación de *Salmonella* y otros patógenos es el control estricto de la refrigeración de los huevos con posterioridad a la recogida (Syamly et al., 2023) (Baek et al., 2024). *Salmonella* es capaz de crecer en un amplio rango de temperaturas: entre 5 y 47 °C, con una temperatura óptima entre 35 y 42 °C (D'Aoust, 1989). En huevo, la temperatura mínima de crecimiento de *Salmonella* Enteritidis es de alrededor de 6-8 °C (Kim et al., 2018) (Kang et al., 2021), siendo un poco más alta en la clara que en la yema o en huevo líquido entero (Guillén et al., 2024). Esta temperatura mínima, sin embargo, parece depender de la dosis inicial del patógeno (Guillén et al., 2024).

3.3.5 Acidificación de los alimentos

Las salsas a base de huevo crudo, como la mayonesa y el alioli, se identifican con frecuencia como fuentes de *Salmonella* durante los brotes transmitidos por alimentos. Para inhibir el desarrollo de este patógeno en productos a base de huevo crudo se recomienda la utilización de ácidos orgánicos como los componentes del jugo de limón o el vinagre. Como se ha demostrado repetidamente, la adición de ácidos contribuye a reducir el desarrollo de *Salmonella* en mayonesa, en diversos aliños y en la mousse de limón (Keerthirathne et al., 2016) (Nielsen y Knøchel, 2020). Lo que es común a todas estas indicaciones sobre el empleo de ácidos para reducir los niveles o inhibir su crecimiento *Salmonella* es que el pH del preparado final debe ser 4,1-4,2 o inferior. *Salmonella*, sin embargo, puede desarrollar tolerancia a la acidez y sobrevivir en estas condiciones (Lock y Board, 1995) (Li et al., 2025). La adaptación depende de la temperatura y es mayor a temperatura ambiente que en refrigeración. En general, los productos acidificados pueden mantenerse a temperatura ambiente por un periodo máximo de 72 horas (Lock y Board, 1995) (Keerthirathne et al., 2019) (McWhorter et al., 2020) (Nielsen y Knøchel, 2020) (Government of South Australia, 2022).

3.3.6 Otros aditivos

3.3.6.1 Lisozima

La lisozima presente en la clara de huevo es una enzima con una gran actividad hidrolítica sobre la pared celular de las bacterias Gram-positivas (Alabdeh et al., 2011) (Legros et al., 2021), y puede tener también una cierta actividad contra bacterias Gram-negativas (Baron et al., 2016). La actividad

más conocida de la lisozima es la degradación del enlace glucosídico (1,4- β) entre los residuos de N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico del peptidoglicano. La pérdida de la pared conduce, en último término, a la ruptura de la membrana y a la muerte celular.

3.3.6.2 Proteínas y péptidos antimicrobianos

En el huevo, además de la lisozima, hay una gran variedad de proteínas y péptidos con actividad antimicrobiana como la ovotransferrina, los inhibidores de proteasas y proteínas que se unen a vitaminas (Alabdeh et al., 2011) (Legros et al., 2021). La ovotransferrina es una proteína de la clara de huevo que pertenece a la familia de la transferrina y, al igual que esta, presenta una actividad quelante de hierro (Legros et al., 2021), nutriente esencial para casi todas las especies bacterianas que infectan al hombre (Cassat y Skaar, 2013). La actividad antimicrobiana de la ovotransferrina contra *Salmonella* se conoce desde hace tiempo (Baron et al., 1997). Aunque es poco lo que se sabe de factores clave en el huevo como la alcalinidad, la alta viscosidad, la composición iónica, la posible acción sinérgica con otras proteínas, o el impacto del almacenamiento y las prácticas tecnológicas en la actividad de la ovotransferrina (Baron et al., 2020). La ovotransferrina es capaz también de causar alteraciones en la membrana plasmática, lo que proporciona un segundo mecanismo que limita el crecimiento bacteriano (Baron et al., 2020). La clara de huevo puede contener también péptidos con actividad antimicrobiana que pueden actuar de forma sinérgica en la protección contra patógenos (Cochet et al., 2021).

3.3.6.3 Otros compuestos

En los últimos años se ha propuesto la utilización de antimicrobianos naturales, como los aceites esenciales (Moosavy et al., 2008) (Laptev et al., 2021) (Osaili et al., 2021) o las bacteriocinas (Moosavi et al., 2008) (Hu et al., 2019) (Bermudez-Aguirre y Niemira, 2023), entre otros. De forma reciente, se ha comprobado también que la adición a niveles fisiológicos de otros nutrientes, como los aminoácidos arginina y cisteína, inhibe el crecimiento de *Salmonella* en clara de huevo (Ben-Porat et al., 2024). El mecanismo de acción podría involucrar la modificación del entorno químico, la interacción con la membrana externa bacteriana, o la modificación de la expresión génica, dando como resultado un estado poco apropiado para la supervivencia y desarrollo de *Salmonella* en huevo.

3.3.7 Empleo de bacteriófagos

Muchos estudios sugieren que los bacteriófagos líticos pueden ser efectivos en diversos procesos de la industria alimentaria para controlar patógenos alimentarios, incluyendo a *Salmonella* (Grant et al., 2017) (He et al., 2024) (Sun et al., 2024), siendo prometedores candidatos como agentes antibacterianos en el contexto de la conservación de alimentos frescos a temperaturas de refrigeración (Sun et al., 2024).

En productos que contienen huevo, la aplicación de fagos como medida adicional de control podría resultar especialmente útil en preparados listos para el consumo que no reciben tratamiento térmico suficiente para eliminar *Salmonella* spp. Esta estrategia se ve respaldada por recientes desarrollos regulatorios a nivel europeo. En junio de 2023, el Parlamento Europeo reconoció el potencial de los bacteriófagos en la lucha contra la resistencia antimicrobiana y solicitó a la Comisión

Europea que priorizara un marco regulatorio para su registro como aditivos alimentarios y como medicamentos veterinarios (PhageEU, 2025). Sin embargo, el estatus legal de su uso en la industria alimentaria está actualmente en revisión y se requieren evaluaciones específicas para validar su eficacia y estabilidad en estas matrices.

Una sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea en 2019 concluyó que la comercialización de fagos líticos en el mercado de la Unión está sujeta a la autorización previa de la Comisión tanto como aditivo como descontaminante para poder ser comercializado (Europa Press, 2019).

3.3.8 Atmósferas modificadas

El efecto de diferentes regímenes de envasado en atmósfera modificada sobre el crecimiento y la supervivencia de *Salmonella* spp. se ha estudiado en diversas matrices alimentarias (carne picada, lechuga fresca, filete de pollo y gambas) contaminadas de forma experimental con el patógeno, pero no en huevo o en ovoproductos (Sant'Ana et al., 2013) (Zhou et al., 2015) (Sukumaran et al., 2016) (Djordjević et al., 2018). La atmósfera modificada más simple es el vacío, seguida por aquellas en las que el aire se reemplaza total o parcialmente por otros gases (usualmente CO₂ o N₂). En general, se observan diferencias significativas entre los recuentos de *Salmonella* en los distintos alimentos analizados envasados al aire, al vacío o los envasados en atmósferas modificadas. El mayor desarrollo de *Salmonella* se alcanza en el alimento al aire sin protección, seguido por los alimentos conservados al vacío. En un buen número de ensayos de desafío, *Salmonella* se inhibe más cuanto mayor es la concentración de CO₂ (Sant'Ana et al., 2013) (Djordjević et al., 2018). Sin embargo, otros trabajos reportan un buen crecimiento de *Salmonella* en presencia de 100 % de CO₂ o 100 N₂ (Nychas y Tassou, 1996) (Horev et al., 2012). Las distintas metodologías pueden explicar una parte de las discrepancias entre estudios, pero, seguramente, diferencias entre las cepas pueden contribuir a variabilidad entre los resultados. Para una mejor protección, las atmósferas modificadas se pueden combinar con otros agentes antimicrobianos como los ácidos orgánicos (Pelyuntha y Vongkamjan, 2023), aceites esenciales (Zhou et al., 2013) (Nair et al., 2015) u otros compuestos (Michaelsen et al., 2006).

3.3.9 Curado de la yema de huevo

El curado es un proceso que se ha utilizado tradicionalmente para deshidratar alimentos como carnes, pescados y verduras. La deshidratación inhibe la multiplicación microbiana y previene las reacciones oxidativas de lípidos y proteínas que propician sabores extraños a los alimentos (Pittia y Antonello, 2015). De forma reciente, los chefs están aplicando la curación a las yemas de huevo mediante una mezcla de sal y azúcar y un calentamiento posterior. Los solutos difunden gradualmente en la yema y, como resultado, esta se solidifica desde el exterior hacia el interior. Las yemas curadas añaden profundidad y complejidad de sabor a una amplia gama de alimentos: ensaladas, sopas, pastas e incluso carnes (Adamant, 2019) (Pryles, 2020). La evolución de *Salmonella* a través del curado se ha evaluado de forma reciente en yemas contaminadas (Machado et al., 2020). Estos autores inocularon las yemas con el patógeno (8,4 log UFC/g), se cubrieron con una mezcla de azúcar y se almacenaron a 4,5 °C durante 2, 24, 72 y 144 horas. Posteriormente se trataron térmicamente a 62 °C durante 30 min en baño de agua o a 80 °C en horno durante 3 horas. Con el tratamiento de curación

y térmico más suave (2 horas; 62 °C durante 30 minutos), las poblaciones de *Salmonella* se redujeron en 5,6 log UFC/g (Machado et al., 2020).

4. Modelos de microbiología predictiva disponibles para *Salmonella* spp. en huevo y ovoproductos

Con objeto de evaluar el riesgo que supone la proliferación de *Salmonella* en comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos, los modelos de microbiología predictiva constituyen una herramienta clave para la estimación del comportamiento del patógeno en distintas condiciones de almacenamiento.

En la literatura existen modelos predictivos aplicables para la evaluación del crecimiento de distintos serotipos de *Salmonella* en huevo y ovoproductos, tanto crudos como pasteurizados. En la Tabla 2, se muestra un resumen de las principales publicaciones donde se desarrollan modelos predictivos de crecimiento, teniendo en cuenta como principal factor en todas ellas la temperatura de almacenamiento. Dichos modelos permiten estimar los principales parámetros de crecimiento, esto es, tasa máxima de crecimiento ($\mu_{\max}$, log UFC/g/h), fase de latencia (λ , horas), o densidad máxima de población ($y_{\max}$, log UFC/g). La mayor parte de estudios publicados basados en modelos predictivos contemplan como factor fundamental la temperatura de almacenamiento.

Tabla 2. Resumen de los principales modelos de microbiología predictiva para la estimación del crecimiento de *Salmonella* spp. en huevos y ovoproductos

Matriz alimentaria	Serotipos	Factores	Modelos	Referencia
Clara de huevo (cruda y pasteurizada)	<i>S. Enteritidis</i> <i>S. Typhimurium</i> <i>S. Montevideo</i> <i>S. Kentucky</i> (cóctel 6 cepas)	T ^a (5-37 °C)	Baranyi Davey Raíz cuadrada	Kang et al. (2021)
Huevo líquido no pasteurizado (clara y yema)	<i>S. Enteritidis</i> <i>S. Typhimurium</i> <i>S. Gallinarum</i> (cóctel 5 cepas)	T (5-40 °C)	Baranyi Davey Raíz cuadrada	Kim et al. (2018)
Yema de huevo no pasteurizada	<i>S. Enteritidis</i> (cóctel 5 cepas)	T (7-43 °C)	Baranyi Raíz cuadrada modificado	Gumudavelli et al. (2007)
Huevos revueltos	<i>S. Blockley</i> <i>S. Enteritidis</i> PT 4 <i>S. Enteritidis</i> PT 13 <i>S. Heidelberg</i> <i>S. Typhimurium</i> (cóctel 5 cepas)	T (10-47 °C)	Baranyi Raíz cuadrada	Li et al. (2017)
Huevo líquido no pasteurizado (clara y yema)	<i>S. Blockley</i> <i>S. Enteritidis</i> PT 4 <i>S. Enteritidis</i> PT 13 <i>S. Heidelberg</i> <i>S. Typhimurium</i> (cóctel 5 cepas)	T (5-47 °C)	Baranyi Raíz cuadrada extendido	Singh et al. (2011)
Huevo líquido no pasteurizado (clara y yema)	<i>S. Enteritidis</i> <i>S. Typhimurium</i> <i>S. Montevideo</i> <i>S. Kentucky</i> (cóctel 6 cepas)	T (5-37 °C)	Baranyi Polinomial Davey Raíz cuadrada	Park et al. (2020)

Tabla 2. Resumen de los principales modelos de microbiología predictiva para la estimación del crecimiento de *Salmonella* spp. en huevos y ovoproductos

Matriz alimentaria	Serotipos	Factores	Modelos	Referencia
Huevo líquido (pasteurizado y no pasteurizado)	<i>S. Enteritidis</i> (cóctel 4 cepas)	T (8-36 °C)	Logístico modificado Raíz cuadrada	Sakha y Fujikawa (2013)
Huevo entero, albúmina, yema (10 % sucrosa y 10 % sal)	<i>S. Typhimurium</i> (cóctel 2 cepas)	T (4-42 °C)	Baranyi	Musgrove et al. (2009) ^b

^a Temperatura. ^b Modelo implementado en Combase (2025).

En líneas generales, en el caso del huevo crudo, la yema favorece el crecimiento de *Salmonella* spp., mientras que la clara de huevo muestra un efecto bacteriostático, probablemente debido a su alto contenido en lisozima y pH alcalino. Además, el crecimiento del patógeno se observa a temperaturas iguales o superiores a 10 °C. A este respecto, Park et al. (2020) desarrollaron un modelo en condiciones no isotermas para yema de huevo cruda obteniendo valores de $\mu_{max} = 0,034 \log \text{ UFC/ml/h}$ a 10 °C, aumentando con la temperatura de almacenamiento hasta alcanzar valores de 1000 log UFC/ml/h a 37 °C. En el contexto de ovoproductos líquidos no pasteurizados, como huevo entero, yema y clara líquidas, se desarrollaron modelos primarios y secundarios siendo el crecimiento evidente en yema y huevo entero a temperaturas >10 °C, pero ausente en clara (Kim et al., 2018). En estos casos, se utilizó la función primaria de Baranyi, mientras que, como modelos secundarios, se utilizaron ecuaciones de Davey y/o modelos cuadráticos.

Asimismo, se ha modelado el crecimiento de *Salmonella* usando modelos cuadráticos y de Davey, con resultados que muestran una mayor proliferación en condiciones de abuso térmico entre 20 y 30 °C en productos pasteurizados comparados con los crudos, destacando la importancia de las condiciones de almacenamiento post-pasteurización (Kang et al., 2021). Por otro lado, el modelo dinámico desarrollado por Singh et al. (2011) para huevo líquido entero ajustado a pH 7,8 y sometido a perfiles sinusoidales de temperatura mostró predicciones precisas bajo condiciones no isotérmicas (RMSE 0,23-0,28 log CFU/ml), subrayando su utilidad para evaluar riesgos en escenarios de fallos de refrigeración.

En huevos crudos, se ha observado que la fase de latencia es más prolongada y la tasa específica máxima de crecimiento es más baja en comparación con productos pasteurizados, especialmente cuando el inóculo inicial es bajo (Guillén et al., 2021). Esto se debe en parte a la actividad de proteínas antimicrobianas como la ovotransferrina, que secuestra el hierro necesario para el crecimiento bacteriano, limitando la capacidad de adaptación al medio de *Salmonella*. En contraste, el tratamiento térmico aplicado en la pasteurización inactiva parcialmente estas proteínas, lo que aumenta la biodisponibilidad del hierro y permite una mayor tasa de crecimiento incluso a partir de concentraciones iniciales bajas (Guillén y Cebrián, 2022). Además, se ha evidenciado que, en huevo entero líquido sin pasteurizar, la temperatura mínima de crecimiento de *S. Enteritidis* varía entre 7,2 y 7,9 °C, mientras que en productos pasteurizados estas temperaturas pueden disminuir debido al efecto del tratamiento térmico en la matriz (Guillén et al., 2024).

En cuanto al efecto de la adición de sal o azúcar en la formulación de ovoproductos (por ejemplo, yemas de repostería o estabilizadas), se ha demostrado que afecta de forma significativa a la actividad de agua y osmolaridad del medio. Diversos estudios han demostrado que, aunque tanto la sal como el azúcar tienden a inhibir el crecimiento bacteriano al reducir la disponibilidad de agua libre, su efecto puede ser insuficiente para impedir por completo la proliferación de *Salmonella* bajo ciertas condiciones. Palumbo et al. (1995) analizaron el comportamiento de *Salmonella* spp. en yemas líquidas con diferentes concentraciones de sal (10 % y 20 %) y azúcar (5 % y 10 %) a temperaturas entre 61,1 y 66,7 °C. Encontraron que, a pesar del incremento de la resistencia térmica inducida por estos solutos, el crecimiento previo a la pasteurización seguía siendo posible en condiciones de abuso de temperatura, especialmente si la inoculación era alta y la refrigeración deficiente. Un informe de evaluación de riesgos realizado por el FSIS (*Food Safety Inspection Service*) (Latimer et al., 2008) reveló que las yemas pasteurizadas con 10 % de azúcar no mostraban asociación con casos de salmonelosis en modelos poblacionales, sugiriendo que, tras una pasteurización efectiva, la posibilidad de crecimiento es nula o insignificante. No obstante, en formulaciones con sal al 10 %, aunque el riesgo era muy bajo (11 casos anuales estimados en los Estados Unidos), se mantenía la posibilidad de crecimiento si las condiciones de refrigeración no se cumplían estrictamente. Esto se atribuye al hecho de que la sal, si bien reduce la actividad de agua, también puede conferir protección osmótica a las bacterias, aumentando su resistencia al estrés térmico y osmótico.

Sin embargo, los resultados pueden diferir según el serotipo de *Salmonella* evaluado o las condiciones ambientales de la propia matriz alimentaria. Musgrove et al. (2009) evaluaron el comportamiento de *S. Typhimurium* DT104 multirresistente en cuatro productos de huevo líquido: huevo entero, albúmina, yemas azucaradas, y yemas saladas incubados entre 4 y 42 °C durante 384 horas. Los autores observaron un crecimiento elevado (10^8 - 10^9 UFC/ml) en huevo entero y yema azucarada (10 % azúcar) a temperaturas ≥ 10 °C, alcanzando la densidad máxima a temperaturas de entre 37 y 42 °C. Sin embargo, en albúmina no se observó crecimiento por encima de 1 log UFC/ml, al igual que en yemas saladas (10 % NaCl), donde se observaron reducciones de hasta 3 log UFC/ml debido a la reducción de la actividad de agua.

Por tanto, se deduce que temperaturas de almacenamiento de huevo y ovoproductos por encima de 10 °C serían compatibles con el crecimiento de *Salmonella* en aquellas matrices que toleren el crecimiento del patógeno. Según la información publicada, las condiciones de mantenimiento de comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos consideradas en el Real Decreto 1021/2022 (BOE, 2022) no permitirían la proliferación de *Salmonella*.

4.1 Metodología llevada a cabo para la implementación de modelos de microbiología predictiva para la validación de las condiciones de almacenamiento de huevos y ovoproductos

A pesar de la existencia de modelos predictivos validados en la literatura científica, una limitación común es que estos modelos tienden a estar desarrollados para condiciones muy específicas (tipo de matriz, temperatura fija, formulaciones concretas, etc.), lo que dificulta su aplicación generalizada en entornos reales con variabilidad operacional. Esta alta especificidad limita su utilidad prác-

tica para la evaluación del riesgo en diferentes escenarios de restauración y comercio minorista. Por este motivo, se ha considerado más apropiado validar un modelo previamente desarrollado y aplicable a *Salmonella* en matrices con huevo, que permita su uso de forma general en múltiples situaciones. Este enfoque busca garantizar una base científica robusta, pero también operativa, para apoyar decisiones regulatorias más flexibles y adaptadas a la realidad del sector.

Por ello, en el presente informe se ha procedido a calibrar y validar un modelo único publicado para *Salmonella* que pueda ser utilizado en todos los escenarios planteados en el presente informe. De esta forma, se facilita una comparación más fiable de los resultados obtenidos ya que las condiciones utilizadas para el desarrollo de los distintos modelos publicados pueden diferir ampliamente, lo que podría originar errores en la interpretación de las estimaciones.

4.1.1 Aplicación de un modelo de probabilidad

Para estudiar la probabilidad de crecimiento del patógeno bajo las diferentes condiciones de los productos objeto del estudio se seleccionó el modelo de Pin et al. (2011), cuya expresión matemática es la representada en Ecuación 1.

$$\text{Logit}(p) = b_0 + b_1 \cdot (T - T_{\min}) + b_2 \cdot (pH - pH_{\min}) + b_3 \cdot (a_w - a_{w\min}) \quad \text{Ecuación 1}$$

con b_0 , b_1 , b_2 y b_3 siendo los coeficientes obtenidos por regresión y $T_{\min}$, $pH_{\min}$ y $a_{w\min}$, parámetros con interpretación biológica también obtenidos por regresión, y cuyos valores fueron 3,01, 3,35 y 0,92, respectivamente. Los otros coeficientes se incluyen en Tabla 3.

Tabla 3. Valores de los parámetros de regresión utilizados en la Ecuación 1 para estimar la probabilidad de crecimiento de cada patógeno

Parámetro	Valor
b_0	-2,3
b_1	2,27
b_2	2,19
b_3	1,83

El modelo fue desarrollado en caldo, pero validado para diferentes tipos de productos, y particularmente productos cárnicos. De entre todos ellos no se incluyen estudios de ovoproductos. No obstante, debido a que el modelo tiene como base observaciones realizadas en medio de cultivo, se consideran, las estimaciones, conservadoras. En otras palabras, en alimento, o matriz sólida, la probabilidad sería notablemente menor a la observada en medio acuoso o caldo. Por ello, se propone como una aproximación inicial segura en la valoración del posible crecimiento del patógeno en las condiciones bajo estudio. De acuerdo a los estándares habituales para patógenos para determinar un crecimiento poco probable o asumible, los valores de probabilidad deben situarse por debajo de 0,01 (<1 %). Así, por tanto, este fue el umbral utilizado para determinar en qué condiciones *Salmonella* podrían resultar en un posible crecimiento del patógeno.

4.1.2 Validación y calibración de un modelo de crecimiento para *Salmonella* en ovoproductos

Con el objetivo de considerar, en las predicciones, las diferentes tipologías y características de los de ovoproductos, se llevó a cabo un proceso de validación y calibración de un modelo existente, aplicando para ello valores de cinéticas del patógeno obtenidas de la base de datos ComBase (Baranyi y Tamplin, 2004). El modelo predictivo utilizado correspondió al modelo desarrollado por Pin et al. (2011) para el crecimiento de *Salmonella*. Este modelo se basa en la ecuación propuesta por Presser et al. (1997), que describe el cuadrado de la tasa específica máxima de crecimiento ($\mu_{\max}^2$) en función de la temperatura (T), la actividad de agua (a_w) y el pH. La inclusión de estas variables en el modelo permitiría describir el crecimiento de *Salmonella* en productos con diferentes características fisicoquímicas (Ecuación 2).

$$\mu_{\max} = [b \cdot f \cdot (T - T_{\min}) \cdot \sqrt{(a_w - a_{w\min})} \cdot \sqrt{(1 - 10^{-(\text{pH}_{\min} - \text{pH}))})]^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

$\mu_{\max}$: tasa específica máxima de crecimiento (1/h)

b: factor empírico de escala

f: factor de calibración (adimensional)

T: temperatura (°C)

$T_{\min}$: temperatura mínima para el crecimiento (°C)

a_w : actividad de agua

$a_{w\min}$: actividad de agua mínima para el crecimiento

pH: pH ambiental

$\text{pH}_{\min}$: pH mínimo para el crecimiento

Los valores de los parámetros originales propuestos por Pin et al. (2011), derivados de datos en caldo, fueron:

$$b = 0,209$$

$$T_{\min} = 4,27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$a_{w\min} = 0,947$$

$$\text{pH}_{\min} = 3,69$$

Este modelo permite predecir tanto el crecimiento como la inactivación de *Salmonella* bajo condiciones dinámicas de temperatura, pH y a_w , lo que resulta fundamental para reflejar las variaciones reales a las que están sometidos estos productos a lo largo de su vida útil. Además, una de sus principales ventajas radica en que ha sido construido a partir de un amplio conjunto de datos experimentales y empleando diversas cepas y serotipos de *Salmonella*, lo cual ha motivado su selección.

4.1.3 Validación con datos de ovoproductos

El modelo fue validado utilizando datos experimentales de crecimiento de *Salmonella* en ovoproductos, extraídos de la base de datos ComBase (2025). Se seleccionaron los datos correspondientes a temperaturas $\leq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para la recopilación de registros, se introdujeron los siguientes términos de búsqueda: organismo (*Salmonella*); categoría (huevos y ovoproductos); rango de temperatura (0-50 °C). En total se recopilaron 413 registros para las matrices seleccionadas, clasificándolas en productos pasteurizados o no pasteurizados. Para cada registro, se ha recogido el valor de temperatura, pH, a_w , serotipos, y en su caso, condiciones de humedad, azúcares y % de NaCl. Posteriormente, se ajustó el modelo primario de Baranyi a los datos de crecimiento para cada registro, obteniéndose el valor de tasa máxima de crecimiento (μ_{max} , log UFC/g).

Finalmente, los datos de μ_{max} se filtraron para eliminar aquellos registros anómalos o que no tuvieran una correlación proporcional con la temperatura de almacenamiento. Finalmente, para la validación del modelo, se utilizaron 232 datos de crecimiento de *Salmonella* (Anexo I).

Los tipos de productos para los que se obtuvieron tasas de crecimiento incluyeron huevo entero, o sus partes, crudo o tratado con calor, yema o albumada tratada con calor azucarada, postres como las natillas, y otros tipos de productos como quiche (Tabla 4). Dentro de las matrices recogidas, los productos más representativos los constituyen el huevo entero líquido y la yema de huevo. Aproximadamente el 56 % de los productos fueron sometidos a tratamiento térmico (pasteurización), lo que permite contrastar las diferencias en el comportamiento microbiano entre productos tratados y no tratados.

Tabla 4. Tipologías de productos a base de huevo recopiladas en ComBase (2025) y su correspondencia con las categorías de comidas preparadas analizadas en el presente informe			
Tipologías	Equivalencia ^a		
	1	2	3
Albúmina	x	x	x
Cáscara de huevo	x		x
Clara de huevo pasteurizada ^b		x	
Comida a base de huevo ^b	x		
Huevo al vapor		x	
Huevo entero (superficie de albúmina) ^b	x		x
Huevo entero (superficie de la yema)	x		x
Huevo entero en polvo ^b		x	
Huevo entero líquido	x	x	x
Huevo revuelto	x	x	
Natillas		x	
Quiche	x		
Yema azucarada		x	
Yema de huevo	x		x
Yema líquida con sal ^b	x	x	x

^a 1: Comidas preparadas a base de huevo crudo sometidas a un tratamiento de 70 °C durante 2 minutos o equivalente. 2: Comidas preparadas a base de ovoproductos pasteurizados. 3: Comidas preparadas a base de huevo crudo para consumo inmediato. ^b Tipologías para las que no se han encontrado datos de crecimiento de *Salmonella* en ComBase (2025).

Se realizaron diferentes agrupaciones, separando ovoproductos con tratamiento térmico y sin tratamiento (huevo crudo), y excluyendo, del primer grupo, los ovoproductos azucarados (natillas, albúmina azucarada, etc.), que se analizaron separadamente. Los datos cubrieron un amplio rango de condiciones para a_w y pH, aunque también incluyeron otros factores, como contenido de sal o azúcar (Tabla 5). En cuanto a las condiciones ambientales, los datos contemplan un rango de condiciones de temperatura de entre 7,9 y 45 °C, abarcando desde condiciones de refrigeración hasta escenarios de abuso térmico. El pH registrado oscila entre 6,0 y 9,0; mientras que los valores de a_w solo se reflejaron para un total de 83 registros, oscilando en torno a 0,98.

Los valores de $\mu_{\max}$ se situaron entre 0,0019 y 1,02 log UFC/g/h, dependiendo fundamentalmente de las condiciones de temperatura de almacenamiento. Finalmente, cabe destacar que los datos incluyen una variedad de serotipos de *Salmonella*, principalmente *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium*.

Tabla 5. Rango y promedio de los factores de producto y temperatura extraídos de la base de datos ComBase (2025) utilizados en la validación y calibración del modelo de Pin et al. (2011)

Factor	Mínimo	Máximo	Promedio
Actividad de agua (a_w)	0,880	0,997	0,987
pH	6,0	9,0	7,1
NaCl (%)	0,3	3,0	1,2
Azúcares (%)	9	10	9,8
Temperatura (°C)	8	25	18

La validación se realizó empleando el factor de sesgo (B_f) y el factor de exactitud (A_f), según lo definido por Ross (1996).

El modelo mostró una clara tendencia a sobreestimar las tasas de crecimiento observadas en ambos tipos de productos, como puede apreciarse en la Figura 1A y 1C. Los resultados para los índices de validación fueron $B_f > 2$ y $A_f > 2,5$; encontrándose fuera de los límites aceptables ($1,0 \leq B_f \leq 1,25$; $1,0 \leq A_f \leq 1,25$), lo que indica un bajo desempeño predictivo en este tipo de alimento.

Para mejorar la capacidad predictiva del modelo, se procedió a una etapa de calibración, utilizando como conjunto de calibración los mismos datos extraídos de ComBase (2025). La calibración se realizó mediante la aplicación de un factor de ajuste (f) que minimizara el sesgo, ajustando directamente la ecuación original.

El factor de ajuste para ovoproductos tratados con calor y huevo crudo no varió, siendo iguales en ambos tipos de productos ($f = 0,6895$). La aplicación de f en huevo crudo resultó en una mejora sustancial de su capacidad predictiva, con valores dentro de los rangos aceptables, esto es, $B_f = 1,00$ y $A_f = 1,52$. En cambio, para ovoproductos sometidos a tratamiento térmico, el resultado fue menos satisfactorio, derivándose un $A_f = 2,03$. Por tanto, en este caso, considerando que f fue el mismo para ambos productos, se llevó a cabo una validación y calibración conjunta, donde se obtuvo $A_f = 1,90$.

La validación y calibración para ovoproductos azucarados resultó en una mejora de los índices de validación, con $B_f = 1,00$ y $A_f = 1,53$, correspondiendo estos valores a la aplicación de $f = 0,8611$ (Figura 1).

La calibración permitió adaptar el modelo de Pin et al. (2011), inicialmente formulado en condiciones de laboratorio, a condiciones reales en matrices alimentarias considerando dos tipos de productos ovoproductos, los no azucarados, que incluyen los tratados con calor o crudos, y los azucarados, tratados térmicamente. Por tanto, para estimar el crecimiento de *Salmonella*, se seleccionó el factor de ajuste adecuado según la pertenencia del producto a uno de estas dos categorías.

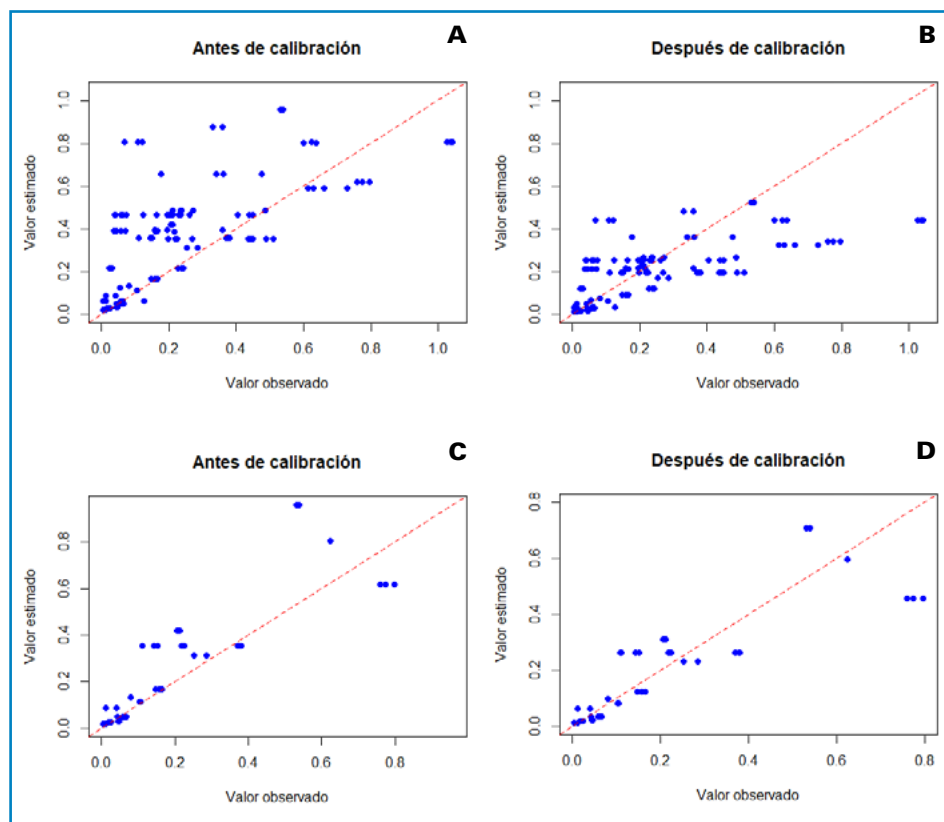


Figura 1. Gráficas de validación de la tasa máxima específica de crecimiento de *Salmonella* en ovoproductos no azucarados (A y B) y azucarados (C y D), antes y después de su calibración. La línea punteada es la línea de equivalencia de las observaciones y predicciones, esto es, coincidencia perfecta, mientras que los puntos son la representación gráfica de los datos de validación obtenidos de la base de datos Combase (2025) y las predicciones correspondientes.

5. Vida útil: estimación del crecimiento de *Salmonella* en ovoproductos y escenarios de almacenamiento

En el contexto de la producción de alimentos, la vida útil se refiere al periodo de tiempo posterior a la fabricación del alimento en el que el producto se considera seguro para el consumo o sigue teniendo la calidad prevista por el fabricante. El establecimiento de dicha vida útil es una responsabilidad directa del operador alimentario que debe justificarla mediante datos y estudios pertinentes. En la actualidad se reconocen diferentes aproximaciones que, bien solas o combina-

das entre ellas, se utilizan para determinar la vida útil. Por un lado, los estudios de vida útil bajo condiciones de almacenamiento real son un enfoque muy aceptado porque refleja de manera directa el comportamiento del alimento en condiciones reales, aunque requieren tiempo y bastantes recursos. Otra vía son los ensayos de desafío o *challenge test*, en los que el alimento se inocula de manera deliberada con el microorganismo patógeno más relevante y se evalúa su comportamiento durante el almacenamiento. Estos ensayos permiten determinar si el alimento puede soportar la presencia de ciertos microorganismos patógenos sin que estos crezcan hasta niveles peligrosos durante su vida útil. Otra estrategia es basarse en datos históricos o bibliográficos que permitan al operador establecer inicialmente la vida útil, sin embargo, este método requiere de una validación real en el alimento. Y, por último, está la utilización de modelos predictivos, que permiten estimar el comportamiento microbiológico (crecimiento, supervivencia o inactivación) bajo diferentes condiciones de temperatura, pH, actividad de agua, etc. Estos modelos son útiles para estimar escenarios de vida útil, optimizar ensayos experimentales o validar cambios en formulaciones, siempre que se utilicen dentro de su rango de validez y se combinen con datos propios o bibliográficos relevantes.

En el presente informe se ha empleado la metodología descrita en el apartado anterior para *Salmonella* spp. para estimar la vida útil de diferentes tipos de comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos. Para ello, se han establecido diferentes escenarios de almacenamiento y elegido como modelo diferentes alimentos que representan diferentes tipos de comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos.

5.1 Características de los ovoproductos seleccionados y definición de los escenarios de almacenamiento

Los productos seleccionados se definieron en base a sus características fisicoquímicas más relevantes. Para ellos, se determinaron los valores promedio y máximos, basados en literatura científica. En algunos casos, cuando la información fue limitada o inexistente, el valor fue asumido utilizando el criterio de expertos (por ejemplo, pH de huevo curado). Estos datos se presentan en Tabla 6.

Tabla 6. Valores promedio y máximo de actividad de agua (a_w) y pH para distintos tipos de ovoproductos, basado en datos recogidos de publicaciones científicas

Producto	a_{wmin}	a_{wmax}	a_w promedio	pH _{min}	pH _{max}	pH promedio	Referencia
Tiramisú	0,91	0,99	0,97	5,5	6,5	6,1	Lee et al. (2021) Giacometti et al. (2022) Franciosa et al. (1999)
Tortilla	0,97	0,99	0,99	6,5	7,2	6,9	Baños et al. (2012) Valero et al. (2014)
Tartar a base de huevo crudo	0,97	0,99	0,98	5,3	5,8	5,5	Tirloni et al. (2024)
Huevo curado ^a	0,76	0,94	0,84	6,0	6,3	6,1	Lopes et al. (2020)

^a pH asumido equivalente a la yema de huevo no procesada.

La evaluación del crecimiento, y de su extensión, se estudió utilizando diferentes escenarios de almacenamiento o vida útil, en concordancia con las cuestiones planteadas. En estas se variaciones en la temperatura de refrigeración y tiempo de almacenamiento, consideradas representativas. Los escenarios diseñados se muestran en Tabla 7. La concentración de partida de *Salmonella* asumida correspondió a 1 UFC/g, y la densidad de población máxima posible fue fijada a 10^7 UFC/g en todos los casos.

Tabla 7. Escenarios de tiempo y temperatura utilizados en el estudio del crecimiento de <i>Salmonella</i> en ovoproductos		
Escenario	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)
1	4	0-72
2	8	24
3	8 (con abuso 20, 3 horas)	24
4	8 (con abuso 12, 3 horas)	24
5	12	24

Los escenarios evaluados reproducen las condiciones de almacenamiento establecidas en el Real Decreto 1021/2022 (BOE 2022), incorporando además situaciones de abuso térmico (por ejemplo, apertura prolongada de cámaras frigoríficas), con el fin de estimar el impacto potencial sobre el crecimiento de *Salmonella* spp. en comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos.

5.2 Estimaciones del comportamiento de *Salmonella* spp. en las diferentes categorías de huevos y ovoproductos y escenarios de almacenamiento

Las estimaciones proporcionadas por el modelo de probabilidad para un almacenamiento a 4 y 8 °C se representan en la Tabla 8.

En todos los casos, la tortilla se identifica como la matriz con mayor riesgo de crecimiento de *Salmonella* spp., seguida del tiramisú y, en tercer lugar, del tartar elaborado con huevo crudo. En el caso del huevo curado, los bajos valores de a_w impiden que el modelo estime una probabilidad de crecimiento apreciable a ninguna de las dos temperaturas evaluadas, considerando los valores medios de pH y a_w . Únicamente un almacenamiento a 8 °C, combinado con valores extremos de ambos factores, podría implicar un riesgo de proliferación del patógeno en esta matriz.

Tabla 8. Predicciones de la probabilidad de crecimiento (p) de <i>Salmonella</i> obtenidas por el modelo Pin et al. (2011) para combinaciones de pH y a_w características de los ovoproductos objeto de estudio utilizando valores promedio y máximos de pH y a_w			
Producto	Temperatura (°C) ^a	p (medias de pH y a_w)	p (máximos de pH y a_w)
Tiramisú	4	0,0067	0,0166 ^b
Tortilla	4	0,0215	0,0256
Tartar a base de huevo crudo	4	0,0055	0,0096
Huevo curado	4	NA ^c	0,0014
Tiramisú	8	0,1280	0,2680

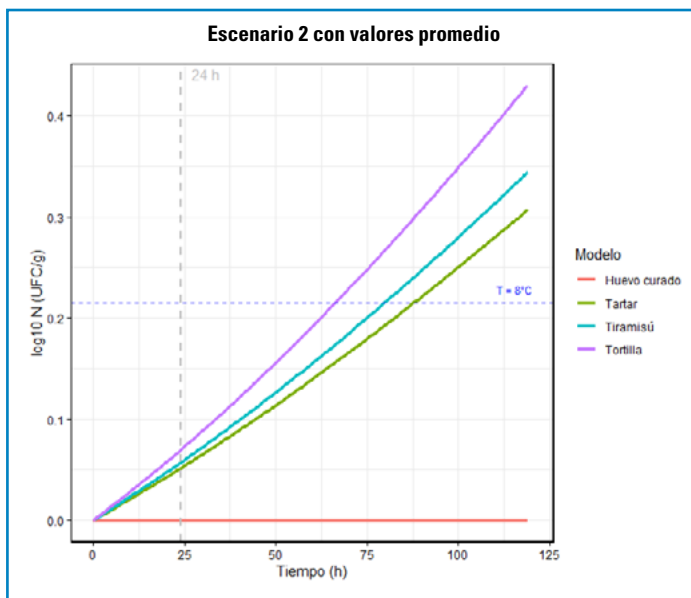
Tabla 8. Predicciones de la probabilidad de crecimiento (p) de *Salmonella* obtenidas por el modelo Pin et al. (2011) para combinaciones de pH y a_w características de los ovoproductos objeto de estudio utilizando valores promedio y máximos de pH y a_w

Producto	Temperatura (°C) ^a	p (medias de pH y a_w)	p (máximos de pH y a_w)
Tortilla	8	0,3223	0,3623
Tartar a base de huevo crudo	8	0,1068	0,1743
Huevo curado	8	NA	0,0310

^a Las predicciones a la temperatura más baja se realizan, en lugar de a 4 °C, a 4,3 °C, que se encuentra dentro del dominio de aplicación del modelo de Pin et al. (2011), que define $T_{min} = 4,27$. ^b Los valores en negrita indica $p > 0,01$, asociándose a un posible crecimiento de *Salmonella* en las condiciones aplicadas. ^c NA: combinaciones fuera del rango biocinético de *Salmonella*.

En cuanto al crecimiento estimado de *Salmonella* spp., las predicciones del modelo para el escenario 2 (8 °C, 24 horas) se muestran en la Figura 2.

A partir de los valores promedio de pH y a_w , se observa que la tortilla, el tiramisú y el tartar fueron las categorías con mayor crecimiento previsto de *Salmonella* spp., aunque en todos los casos este incremento fue inferior a 0,1 log UFC/g. Las condiciones fisicoquímicas del huevo curado impidieron el desarrollo del patógeno en este escenario. No obstante, al considerar los valores máximos de pH y a_w , el modelo estimó para el tiramisú un crecimiento ligeramente superior, alcanzando aproximadamente 0,1 log UFC/g tras 24 horas de almacenamiento. La tortilla y el tartar presentaron estimaciones similares, con un incremento reducido, mientras que, de nuevo, en el huevo curado no se estimó crecimiento del microorganismo.



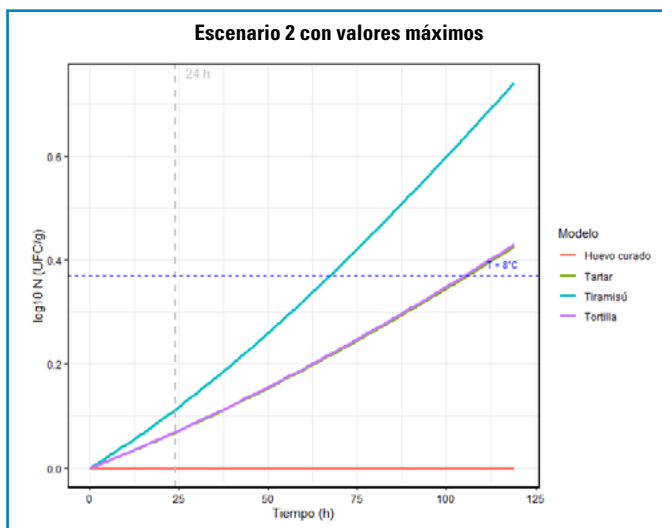
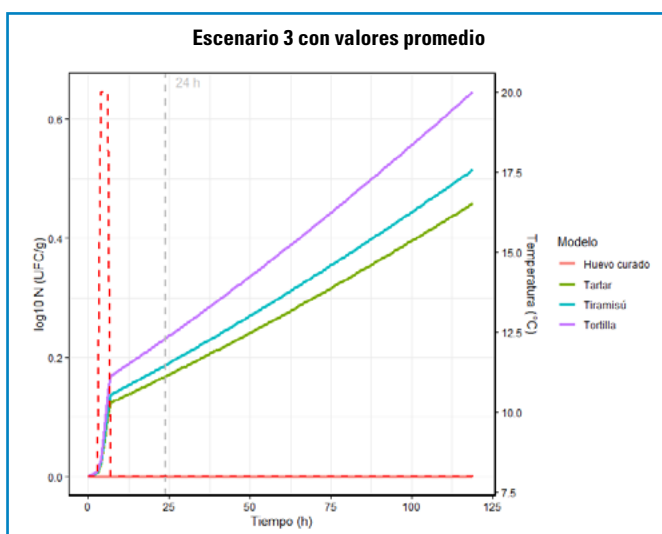


Figura 2. Estimaciones del crecimiento de *Salmonella* spp. en el escenario 2 (8 °C, 24 horas) proporcionadas por el modelo calibrado de Pin et al. (2011) para las categorías de huevo y ovoproductos seleccionadas utilizando valores promedio y máximos de pH y a_w .

El escenario 3 contempla una situación de abuso térmico, consistente en un almacenamiento a 20 °C durante 3 horas (Figura 3). Con los valores promedio de pH y a_w , el modelo vuelve a estimar un mayor crecimiento de *Salmonella* spp. en la tortilla y el tiramisú, seguidos del tartar, con incrementos en torno a 0,2 log UFC/g a las 24 horas de almacenamiento. Al considerar los valores máximos de pH y a_w para cada categoría de alimento, las predicciones del modelo apuntan a un crecimiento cercano a 0,4 log UFC/g en el tiramisú, mientras que en el tartar y la tortilla las estimaciones son notablemente inferiores. En el caso del huevo curado, las predicciones no indican crecimiento del patógeno bajo estas condiciones.



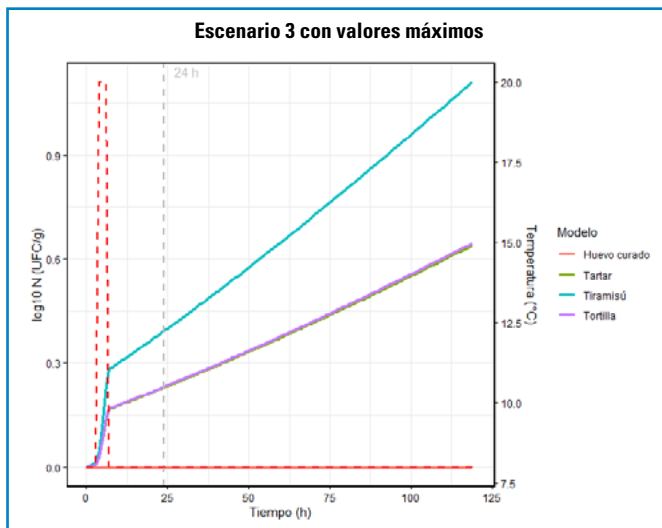
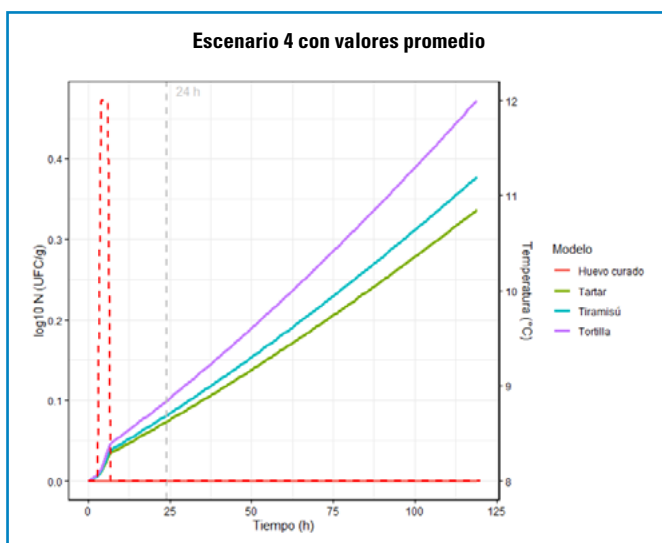


Figura 3. Estimaciones del crecimiento de *Salmonella* spp. en el escenario 3 (8 °C, 24 horas, con abuso a 20 °C durante 3 horas) proporcionadas por el modelo calibrado de Pin et al. (2011) para las categorías de huevo y ovoproductos seleccionadas utilizando valores promedio y máximos de pH y a_w .

Para el escenario 4, se simuló el crecimiento de *Salmonella* spp. a 8 °C durante 24 horas, teniendo en cuenta un abuso de temperatura a 12 °C durante 3 horas (Figura 4). Las predicciones del modelo están en línea con las descritas para el escenario 3. Tomando en consideración los valores promedio de pH y a_w , de nuevo la tortilla se corresponde con la categoría de mayor riesgo, seguida del tiramisú y el tartar, aunque en las tres matrices, el crecimiento estimado fue igual o inferior a 0,1 log UFC/g. Sin embargo, el crecimiento prácticamente se duplica si se tienen en cuenta los valores máximos de pH y a_w para el caso del tiramisú. Nuevamente el huevo curado no presenta crecimiento del patógeno.



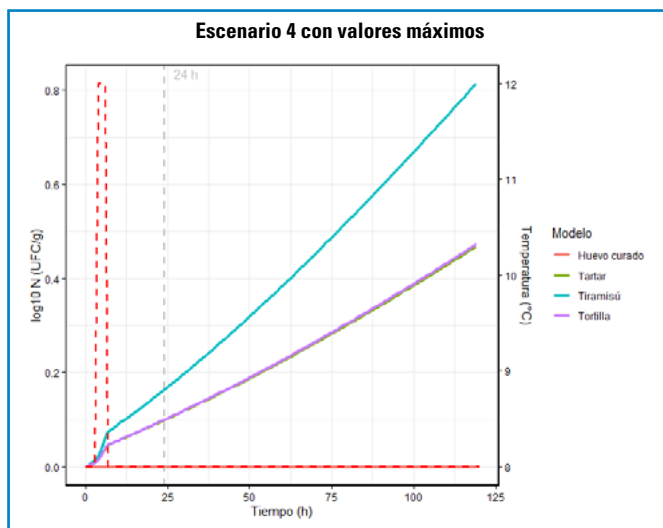


Figura 4. Estimaciones del crecimiento de *Salmonella* spp. en el escenario 3 (8 °C, 24 horas, con abuso a 12 °C durante 3 horas) proporcionadas por el modelo calibrado de Pin et al. (2011) para las categorías de huevo y ovoproductos seleccionadas utilizando valores promedio y máximos de pH y a_w .

Por último, el escenario 5 representó las condiciones de peor caso, con un almacenamiento a 12 °C durante 24 horas. Como se puede comprobar en la Figura 5, en el caso de la tortilla el incremento de *Salmonella* spp. a las 24 horas de almacenamiento estuvo cercano a 0,5 log UFC/g seguido del tiramisú y el tartar, con valores en torno a 0,3 log UFC/g. El modelo tampoco estimó crecimiento para el caso del huevo curado.

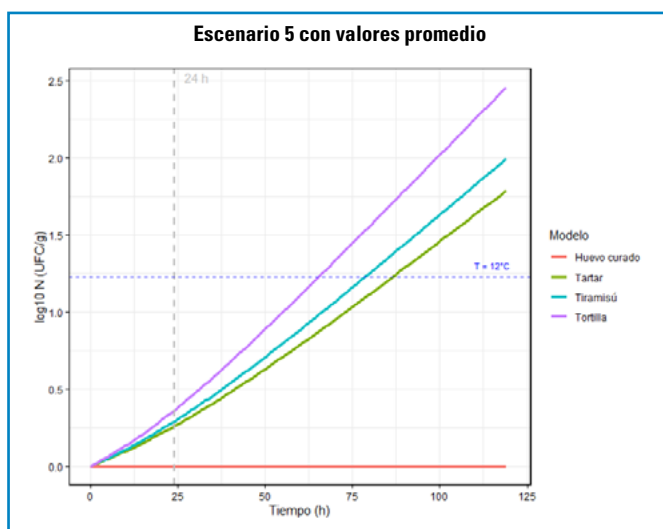


Figura 5. Estimaciones del crecimiento de *Salmonella* spp. en el escenario 5 (12 °C, 24 horas) proporcionadas por el modelo calibrado de Pin et al. (2011) para las categorías de huevo y ovoproductos seleccionadas utilizando valores promedio y máximos de pH y a_w .

Cuando el huevo se utiliza crudo o insuficientemente cocinado, su calidad microbiológica inicial condiciona de forma decisiva la estimación de la vida útil segura del producto final destinado al consumidor. En este sentido, la formulación de ingredientes puede inhibir o limitar el crecimiento de *Salmonella* spp. en estas matrices. McWhorter et al. (2020) evaluaron cómo distintos factores de formulación afectan la supervivencia de *S. Typhimurium* en salsas elaboradas con huevo crudo, como mayonesa y alioli. Se comprobó que la acidificación constituye un factor clave, ya que un $\text{pH} \leq 4,2$ limita notablemente la viabilidad bacteriana, y con $\text{pH} \leq 3,8$ se inhibe por completo el crecimiento en menos de 4 horas independientemente de la temperatura. Las salsas con huevo entero tienden a tener un pH más alto y permiten una supervivencia más prolongada que las elaboradas solo con yema. No hubo diferencias significativas entre vinagre y zumo de limón como agentes acidificantes. En salsas comerciales, las más ácidas (pH 3,1-3,6) inhibieron completamente el patógeno, mientras que las de pH ligeramente superior mantuvieron *Salmonella* viable durante más tiempo, especialmente a 5 °C. Una salsa no acidificada (pH 5,4) permitió su persistencia durante todo el experimento a 5 °C y 25 °C. El trabajo concluye que las salsas a base de huevo crudo deben acidificarse y mantenerse al menos 4 horas a temperatura ambiente antes de su consumo para reducir de forma drástica la forma cultivable de *Salmonella*, advirtiendo que el uso de huevo entero puede atenuar el efecto protector de la acidificación (McWhorter et al., 2020).

En relación con el almacenamiento del huevo y ovoproductos, el riesgo microbiológico dependerá de forma decisiva de las condiciones higiénicas y prácticas de manipulación durante la elaboración de las comidas preparadas, incluyéndose los tiempos y temperaturas de almacenamiento (EFSA, 2014).

Por tanto, garantizar la seguridad alimentaria comienza con la adquisición de ingredientes seguros, procedentes de proveedores fiables, y con su correcto almacenamiento. Diversas autoridades sanitarias internacionales como la EFSA, la FSANZ (*Food Standards Australia New Zealand*), la FDA (*Food and Drug Administration*), la FSAI (*Food Safety Authority of Ireland*) o el USDA-FSIS (*U.S. Department of Agriculture-Food Safety and Inspection Service*) coinciden en una serie de recomendaciones clave para minimizar el riesgo de *Salmonella* en productos elaborados con huevo crudo o ligeramente cocido:

1. Sustitución del huevo crudo: emplear alternativas más seguras en elaboraciones que no se cocinan, como ovoproductos pasteurizados o productos elaborados comercialmente (mayonesas, aliolis, salsas, etc.).
2. Controles estrictos si se utilizan huevos u ovoproductos crudos:
 - Recepción segura: utilizar únicamente huevos limpios, refrigerados, sin fisuras, con trazabilidad garantizada y dentro del periodo de consumo preferente.
 - Higiene en la manipulación: lavado de manos frecuente, uso de guantes, separación estricta entre productos crudos y cocinados, y desinfección de utensilios y superficies.
 - Control de tiempo y temperatura: conservar a ≤ 5 °C por un máximo de 24 horas o aplicar la «regla de las 2/4 horas» para productos mantenidos entre 5-60 °C.
3. Aplicación de tratamientos adicionales:
 - Acidificación: reducir el pH a $\leq 4,2$ con ingredientes como limón o vinagre, midiendo y registrando el valor como medida de seguridad.

- Tratamiento térmico eficaz: aplicar procesos como la pasteurización para garantizar la eliminación de *Salmonella*.
4. Recomendaciones específicas para postres, batidos o salsas con huevo crudo:
- Emplear huevo pasteurizado en sus diferentes presentaciones (líquido, congelado, seco o con cáscara tratada).
 - Implementar controles adicionales, como la reducción de la a_w , para limitar la proliferación microbiana.

6. Valoración del riesgo para la salud pública derivado del consumo de comidas preparadas con huevo crudo

La valoración del riesgo asociado al consumo de elaboraciones que contienen huevo crudo en el ámbito de la restauración exige integrar la información sobre prevalencia de *S. enterica* en manadas ponedoras, los mecanismos de contaminación del huevo y los factores de exposición en las fases de almacenamiento y manipulación. Tal y como se ha señalado anteriormente, los huevos y ovoproductos continúan siendo uno de los principales vehículos de transmisión de *S. Enteritidis* y, en menor medida, *S. Typhimurium*, responsables de un elevado porcentaje de los brotes de salmonelosis asociados al consumo de alimentos de origen aviar en Europa (EFSA/ECDC, 2025).

La prevalencia de *Salmonella* en gallinas ponedoras en la Unión Europea se mantiene baja, en torno al 3-4 % para cualquier serotipo, con valores del 0,3-0,5 % para los serotipos diana (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* y su variante monofásica) (EFSA, 2023) (MAPA, 2023). En España, el Programa Nacional de Control de *Salmonella* en Gallinas Ponedoras reportó una prevalencia del 0,37 % en 2023, lo que representa una reducción aproximada del 40 % respecto a 2015. A pesar de esta tendencia descendente, *S. Enteritidis* continúa siendo el serotipo predominante en las infecciones humanas asociadas al consumo de huevo, con una clara correlación entre la prevalencia en manadas y la incidencia en brotes alimentarios (Jones et al., 2022).

6.1 Contaminación interna

Tal y como se ha indicado en el apartado 3.2 del presente informe, la contaminación interna del huevo es un fenómeno de baja frecuencia, pero de alta relevancia epidemiológica. Se produce principalmente por la colonización del ovario y oviducto por *S. Enteritidis*, que puede integrarse en la albúmina y alcanzar la yema antes de la formación de la cáscara. Estudios de campo han detectado prevalencias de contaminación interna inferiores al 1 % en lotes infectados, y hasta el 3-4 % en condiciones experimentales de desafío (FAO/OMS, 2002) (Kovac et al., 2021).

El modelo cuantitativo de riesgo de EFSA (2014) estimó un aumento del riesgo relativo de enfermedad de 1,4 para comidas con huevo crudo (no cocinado) y 1,5 para comidas ligeramente cocinadas en caso de extender la fecha de consumo de 21 a 28 días. Por otro lado, el modelo de FAO/OMS (2002) situó el riesgo entre 0,2 y 4,5 casos por millón de raciones contaminadas, dependiendo de la prevalencia en origen y las condiciones de almacenamiento. En conjunto, estos modelos confirman que la magnitud del riesgo depende menos de la dosis inicial y más del tiempo y temperatura previos al consumo (Gurtler et al., 2023).

El mantenimiento de los huevos en refrigeración continua hasta el momento del cascado puede constituir una medida eficaz para limitar el crecimiento del patógeno, tal y como se ha descrito anteriormente con la aplicación de modelos de microbiología predictiva. A temperaturas $\leq 7^{\circ}\text{C}$, la multiplicación de *Salmonella* en el interior del huevo es insignificante, aunque la bacteria puede sobrevivir durante semanas (De Reu et al., 2020). La refrigeración evita la degradación de la membrana vitelina, minimiza la migración de *Salmonella* hacia la yema y reduce el riesgo de penetración trans-cáscara por condensación. Bajo este escenario, refrigeración hasta cascado y consumo inmediato, el riesgo de infección alimentaria por *S. Enteritidis* puede considerarse bajo, aunque persiste un riesgo residual, especialmente en situaciones de *pooling* de grandes volúmenes de huevo fresco sin pasteurizar, donde un único huevo contaminado podría originar un brote.

6.2 Contaminación externa

La contaminación de la superficie de la cáscara es mucho más frecuente que la contaminación interna. Diversos estudios europeos sitúan su prevalencia entre el 5 y el 24 %, dependiendo de las condiciones de producción y manipulación (De Reu et al., 2020) (Jones et al., 2022). Esta contaminación se produce fundamentalmente por deposición fecal durante la puesta, contacto con superficies contaminadas o acumulación ambiental de polvo y materia orgánica en la explotación.

En restauración, el riesgo derivado de la contaminación externa depende de la transferencia durante el cascado, especialmente cuando se rompe la cáscara sin medidas de higiene adecuadas. La refrigeración reduce el riesgo de penetración bacteriana, pero no evita la posible contaminación cruzada entre la cáscara, las manos del manipulador o los utensilios. Estudios recientes han demostrado que la transferencia de *S. Enteritidis* desde la superficie del huevo al contenido puede ocurrir en menos del 1 % de los casos con manipulación cuidadosa, pero superar el 10 % cuando existen grietas o contacto directo (FAO/OMS, 2002).

En condiciones de refrigeración hasta cascado y consumo inmediato, el riesgo asociado a contaminación exclusivamente externa puede considerarse bajo, siempre que se apliquen buenas prácticas de higiene en la manipulación: lavado de manos, separación de utensilios, eliminación de huevos sucios o con grietas, y cascado inmediato antes del uso. No obstante, en ausencia de estas prácticas, el riesgo puede ser significativo, ya que no se aplica un tratamiento térmico posterior.

6.3 Evaluación comparada del riesgo

El riesgo asociado a la contaminación interna por *S. Enteritidis* es menos frecuente pero de mayor gravedad potencial, ya que una única unidad contaminada puede generar brotes a través del *pooling*. Por contra, la contaminación externa, aunque más habitual, se encuentra estrechamente vinculada al cumplimiento de las normas higiénicas en el punto de cascado.

Los estudios de atribución de EFSA (2023) estiman que, aproximadamente, el 41 % de los brotes de salmonelosis en la Unión Europea siguen vinculados al consumo de huevo o productos derivados, pese a la mejora de los programas de control en granja. Esto evidencia la necesidad de mantener una cadena de control integrada desde la producción hasta la restauración (EFSA/ECDC, 2025).

La refrigeración hasta el cascado y el consumo inmediato reduce el riesgo a niveles bajos, pero no lo elimina completamente. El uso de ovoproductos pasteurizados en preparaciones crudas o poco cocinadas sigue siendo la única medida que garantiza la reducción del riesgo (FAO/OMS, 2002).

El análisis comparativo de la normativa y las prácticas de los Estados miembros de la Unión Europea sobre el uso de huevo crudo en restauración y en la preparación de alimentos revela una diversidad de enfoques, aunque todos se alinean con los principios generales de seguridad alimentaria establecidos en el Reglamento (CE) N° 852/2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios (UE, 2004). En la mayoría de los países, el uso de huevo crudo no está expresamente prohibido, pero se encuentra condicionado al cumplimiento de requisitos de higiene, control del origen y refrigeración, o bien se recomienda su sustitución por ovoproductos pasteurizados, especialmente en preparaciones sin tratamiento térmico.

Algunos Estados miembros, como Alemania, Dinamarca, Irlanda y Eslovaquia, aplican criterios específicos de tratamiento térmico. En Alemania, por ejemplo, los platos destinados a grupos vulnerables deben someterse a un tratamiento que garantice la eliminación de *Salmonella* o un proceso equivalente. En otros casos, se permite el uso de huevo crudo siempre que se apliquen restricciones temporales y de temperatura (como servir el alimento caliente dentro de las 2 horas posteriores a su preparación, o refrigerarlo a $\leq 7^{\circ}\text{C}$ en el caso de alimentos fríos), además de requerir un etiquetado claro con la indicación «consumir inmediatamente» para el consumo fuera del establecimiento.

En Dinamarca, la legislación permite sustituir el tratamiento térmico por procesos documentados con eficacia equivalente, y exime de esta obligación a los establecimientos que cocinen completamente los alimentos a $\geq 75^{\circ}\text{C}$ o que empleen huevos servidos de forma individual procedentes de centros de envasado autorizados. También se permite el servicio de huevos pasados por agua o fritos, siempre que exista control de proceso y trazabilidad.

Otros países, como Francia, Portugal, Austria, Rumanía o Estonia, no imponen restricciones específicas, limitándose a aplicar las normas generales de higiene y autocontrol. Sin embargo, en otros como Italia o Bélgica recomiendan expresamente el uso de huevo u ovoproductos pasteurizados para prevenir brotes de salmonelosis.

Algunos países establecen disposiciones más detalladas. Por ejemplo, en Eslovaquia se exige que los platos con huevo no completamente cocido se elaboren únicamente con huevos procedentes de granjas controladas oficialmente frente a *Salmonella*, mientras que el uso de ovoproductos para confitería establece un tratamiento térmico mínimo de $\geq 72^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos, y se prohíbe el uso de huevo crudo en *delicatessen* o salsas frías como la mayonesa, donde solo se admiten ovoproductos pasteurizados.

Por tanto, bajo el escenario de restauración planteado (huevo refrigerado hasta el cascado y consumo inmediato), el riesgo de infección alimentaria por *S. Enteritidis* en huevos con contaminación interna es bajo, mientras que el riesgo asociado a *S. Typhimurium* es residual. En el caso de contaminación exclusivamente externa, el riesgo se minimiza (aunque no se elimina) cuando se aplican prácticas higiénicas adecuadas en la manipulación, pero puede resultar significativo si se producen deficiencias en el cascado.

El riesgo cero no es alcanzable mediante la refrigeración ni a través de ninguna medida individual, dado que siempre persiste una probabilidad residual de contaminación o fallo en la manipulación. No obstante, el empleo de ovoproductos pasteurizados en las elaboraciones crudas sigue siendo la medida más eficaz para reducir el riesgo de exposición al consumidor. En consecuencia, la implementación de una estrategia de «múltiples barreras» que combine refrigeración continua, prácticas higiénicas estrictas, control del origen y proveedores, y preferencia por ovoproductos pasteurizados, representa el enfoque más eficaz y realista para minimizar, aunque nunca eliminar por completo, el riesgo de salmonelosis en el ámbito de la restauración (EFSA/ECDC, 2025).

Conclusiones del Comité Científico

La aplicación de un enfoque basado en la aplicación de modelos predictivos ha permitido cuantificar de forma precisa la probabilidad y la velocidad de crecimiento del patógeno en función de las condiciones de almacenamiento de tiempo y temperatura, pH y actividad de agua (a_w).

El análisis realizado confirma que la temperatura de almacenamiento constituye el factor determinante para la determinación de la vida útil microbiológica de comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos. En caso de un mantenimiento a temperaturas iguales o inferiores a 4 °C, el riesgo de proliferación de *Salmonella* spp. resulta insignificante incluso en productos no pasteurizados. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que el tiempo de almacenamiento de las comidas preparadas a esta temperatura debe ser el mínimo posible con objeto de evitar la proliferación de otros patógenos de transmisión alimentaria que pueden crecer a bajas temperaturas, tales como *Listeria monocytogenes*. Según las estimaciones proporcionadas por el modelo, el crecimiento de *Salmonella* spp. a 8 °C durante 24 horas es muy limitado, siendo inferior a 0,2 log UFC/g en todas las matrices evaluadas. Sin embargo, hay que tener en cuenta el impacto de posibles abusos en las condiciones de almacenamiento que pueden favorecer el crecimiento del patógeno, especialmente en matrices como tortilla, tiramisú o tartar. Por ello, es importante un control adecuado de la temperatura de conservación de las comidas preparadas a lo largo de su vida útil.

Por otro lado, se concluye que las propiedades intrínsecas de cada matriz influyen notoriamente sobre el crecimiento de *Salmonella* spp. La yema líquida y el huevo entero presentan combinaciones de pH y a_w muy favorables para el desarrollo de *Salmonella*, lo que exige un control térmico continuo y riguroso. Por el contrario, la clara líquida, gracias a su pH alcalino y a la presencia de proteínas con actividad antimicrobiana como la ovotransferrina y la lisozima, muestra una probabilidad de crecimiento prácticamente nula incluso bajo condiciones de abuso térmico. En comidas preparadas como la tortilla o el tiramisú, la combinación de ingredientes y humedad disponible incrementa el riesgo, mientras que, en el huevo curado, los valores bajos de a_w actúan como barrera natural frente a la proliferación de *Salmonella* spp., limitando el riesgo incluso en escenarios menos favorables.

Por tanto, se concluye que las condiciones de almacenamiento en refrigeración estipuladas en el Real Decreto 1086/2020 (BOE, 2020) para comidas preparadas (4 °C si su vida útil es superior a 24 horas y 8 °C si su vida útil es inferior a 24 horas) son suficientemente seguras con respecto al riesgo de proliferación de *Salmonella* spp. en alimentos elaborados con huevo crudo y sometidos a tratamiento térmico, así como en aquellos no sometidos a tratamiento térmico elaborados

con ovoproductos pasteurizados. Esta seguridad se mantiene siempre que se garantice la calidad microbiológica de partida, así como unas buenas prácticas de higiene y manipulación durante la elaboración y almacenamiento de las comidas preparadas.

Por otro lado, aunque la prevalencia de *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium* en las explotaciones de gallinas ponedoras es actualmente baja, el riesgo asociado al consumo de elaboraciones con huevo crudo no puede considerarse insignificante. La refrigeración hasta el momento del cascado constituye una medida eficaz para limitar la proliferación bacteriana, pero no elimina la posibilidad de contaminación ni de brotes si concurren fallos en la manipulación o se practican mezclas de grandes volúmenes de huevo fresco. Por tanto, el riesgo puede considerarse bajo pero no desdeñable, y debe ser gestionado mediante un sistema de control integral que garantice su permanencia dentro de los márgenes aceptables de seguridad alimentaria. En el contexto de la restauración, la conjunción de una prevalencia reducida pero persistente, junto con la alta capacidad de diseminación del patógeno y la gravedad de los casos asociados, obliga a mantener un enfoque de gestión preventiva basado en la aplicación estricta de buenas prácticas de higiene, la refrigeración continua y el uso preferente de ovoproductos pasteurizados.

Los resultados ponen de manifiesto que una estrategia de gestión basada en el control riguroso de la temperatura, el conocimiento detallado de las propiedades intrínsecas de cada matriz y el uso adecuado de modelos predictivos permite garantizar la seguridad alimentaria de las comidas preparadas a base de huevo y ovoproductos.

Agradecimientos

El Comité Científico agradece la colaboración de la Red temática ONEHEALTH4FOOD, financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, en la elaboración de este informe.

Referencias

- Abdoli, B., Khoshtaghaza, M.H., Ghomi, H., Torshizi, M.A.K., Mehdizadeh, S.A., Pishkar, G. y Dunn, I.C. (2024). Cold atmospheric pressure air plasma jet disinfection of table eggs: Inactivation of *Salmonella enterica*, cuticle integrity and egg quality. *International Journal of Food Microbiology*, 410: 110474.
- Adamant, A. (2019). Salt cured egg yolks. Disponible en: <https://practicalselfreliance.com/salt-cured-egg-yolks/> [acceso: 2-11-25].
- AESAN (2007). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación con una petición planteada por el Director Ejecutivo de la Agencia acerca del establecimiento de un criterio microbiológico para *Salmonella* en los huevos destinados al consumo directo. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 7, pp: 31-44.
- AESAN (2021). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las combinaciones tiempo-temperatura necesarias para el cocinado seguro de los alimentos y las temperaturas adecuadas para el mantenimiento en caliente y recalentamiento de las comidas preparadas. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 33, pp: 113-150.
- Afraz, M.T., Khan, M.R., Roobab, U., Noranizan, M.A., Tiwari, B.K., Rashid, M.T., Inam- ur-Raheem, M., Hashemi, S.M.B. y Aadil, R.M. (2020). Impact of novel processing techniques on the functional properties of egg products and derivatives: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 43 (12): e13568, pp: 1-18.

- Alabdeh, M., Lechevalier, V., Nau, F., Gautier, M., Cochet, M.-F., Gonnet, F., Jan, S. y Baron, F. (2011). Role of incubation conditions and protein fraction on the antimicrobial activity of egg white against *Salmonella* Enteritidis and *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection*, 74, pp: 24-31.
- Andino, A. y Hanning, I. (2015). *Salmonella enterica*: Survival, Colonization, and Virulence Differences among Serovars. *The Scientific World Journal*, 2015: 520179, pp: 1-16.
- Archer, E.W., Chisnall, T., Tano-Debrah, K., Card, R.M., Duodu, S. y Kunadu, A.P.H. (2023). Prevalence and genomic characterization of *Salmonella* isolates from commercial chicken eggs retailed in traditional markets in Ghana. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1283835, pp: 1-11.
- Baek, S.H., Lim, C.G., Park, J.I., Seo, Y.B. y Nam, I.S. (2024). Investigation of *Salmonella* Enteritidis growth under varying temperature conditions in liquid whole egg: proposals for smart management technology for safe refrigerated storage. *Foods*, 13 (19): 3106, pp: 1-12.
- Bajagai, Y.S., Alsemgeest, J., Moore, R.J., Van, T.T. y Stanley, D. (2020). Phytogetic products, used as alternatives to antibiotic growth promoters, modify the intestinal microbiota derived from a range of production systems: an in vitro model. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, pp: 10631-10640.
- Baños, A., Bañón, S., Díaz, P. y Jordán, M.J. (2012). Modeling the shelf life of beef stored under high-oxygen modified atmosphere packaging using an accelerated test and microbial and physicochemical indicators. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, pp: 142-148.
- Baranyi, J. y Tamplin, M. (2004). ComBase: A Common Database on Microbial Responses to Food Environments. *Journal of Food Protection*, 67 (9), pp: 1834-1840.
- Baron, F., Gautier, M. y Brule, G. (1997). Factors involved in the inhibition of growth of *Salmonella* Enteritidis in liquid egg white. *Journal of Food Protection*, 60, pp: 1318-1323.
- Baron, F., Nau, F., Guérin-Dubiard, C., Bonnassie, S., Gautier, M., Andrews, S.C. y Jan, S. (2016). Egg white versus *Salmonella* Enteritidis! A harsh medium meets a resilient pathogen. *Food Microbiology*, 53 (Pt B), pp: 82-93.
- Baron, F., Cochet, M.-F., Alabdeh, M., Guérin-Dubiard, C., Gautier, M., Nau, F., Andrews, S.C., Bonnassie, S. y Jan, S. (2020). Egg-white proteins have a minor impact on the bactericidal action of egg white toward *Salmonella* Enteritidis at 45 °C. *Frontiers in Microbiology*, 8 (11): 584986, pp: 1-17.
- Ben-Porat, N., Ohayon, A., Rosenberg, T., Musa, A., Petersen, E. y Mills, E. (2024). Utilizing nutrient type compounds as anti-bacterial compounds: arginine and cysteine inhibit *Salmonella* survival in egg white. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12: 1404218, pp: 1-15.
- Bermudez-Aguirre, D. y Niemira, B.A. (2023). Effect of nisin, EDTA, and abuse temperature on the growth of *Salmonella* Typhimurium in liquid whole egg during refrigerated storage. *Food Research International*, 174 (Pt 1): 113568, pp: 1-10.
- Billah, M.M. y Rahman, M.S. (2024). *Salmonella* in the environment: A review on ecology, antimicrobial resistance, sea-food contaminations, and human health implications. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 13: 100407, pp: 1-12.
- BOE (1991). Real Decreto 1254/1991, de 2 de agosto, por el que se dictan normas para la preparación y conservación de la mayonesa de elaboración propia y otros alimentos de consumo inmediato en los que figure el huevo como ingrediente. BOE N° 185 de 3 de agosto de 1991, pp: 25741-25742.
- BOE (2020). Real Decreto 1086/2020, de 9 de diciembre, por el que se regulan y flexibilizan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones de la Unión Europea en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios y se regulan actividades excluidas de su ámbito de aplicación. BOE N° 322 de 10 de diciembre de 2020, pp: 112779-112816.
- BOE (2022). Real Decreto 1021/2022, de 13 de diciembre, por el que se regulan determinados requisitos en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios en establecimientos de comercio al por menor. BOE N° 305 de 21 de diciembre de 2022, pp: 178650-178671.
- Bradshaw, J.G., Shah, D.B., Forney, E. y Madden, J.M. (1990). Growth of *Salmonella enteritidis* in yolk of shell eggs from normal and seropositive hens. *Journal of Food Protection*, 53 (12), pp: 1033-1036.

- Cardoso, M.J., Nicolau, A.I., Borda, D., Nielsen, L., Maia, R.L., Møretø, T., Ferreira, V., Knøchel, S., Langsrud, S. y Teixeira, P. (2021). *Salmonella* in eggs: From shopping to consumption-A review providing an evidence-based analysis of risk factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20 (3), pp: 2716-2741.
- Carrique-Mas, J.J. y Davies, R.H. (2008). Bacteriological detection of *Salmonella enteritidis* in eggs: A review. *Revue Scientifique et Technique*, 27 (3), pp: 657-664.
- Carstens, C.K., Salazar, J.K., y Darkoh, C. (2019). Multistate Outbreaks of Foodborne Illness in the United States Associated With Fresh Produce From 2010 to 2017. *Frontiers in Microbiology*, 10: 2667, pp: 1-15.
- Cassat, J.E. y Skaar, E.P. (2013). Iron in infection and immunity. *Cell Host & Microbe*, 13 (5), pp: 509-519.
- Chang, Y.H. (2000). Prevalence of *Salmonella* spp. in poultry broilers and shell eggs in Korea. *Journal of Food Protection*, 63 (5), pp: 655-658.
- Cheng, D., Li, F., Li, J., Bai, S., Wang, Y., Ma, X., Li, M., An, X., Song, L., Ma, F., Zhao, B. y Tong, Y. (2023). Isolation and genomic analysis of a novel bacteriophage IME278 infecting *Enterobacter hormaechei* and its biocontrol potential on pork. *Microbial Pathogenesis*, 174: 105876.
- Cochet, M.F., Baron, F., Bonnassie, S., Jan, S., Leconte, N., Jardin, J., Briard-Bion, V., Gautier, M., Andrews, S.C., Guérin-Dubiard, C. y Nau, F. (2021). Identification of new antimicrobial peptides that contribute to the bactericidal activity of egg white against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis at 45 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69 (7), pp: 2118-2128.
- ComBase (2025). A Web Resource for Quantitative and Predictive Food Microbiology. Disponible en: <https://www.combase.cc/index.php/en/> [acceso: 1-09-25].
- Crump, J.A., Sjölund-Karlsson, M., Gordon, M.A., y Parry, C.M. (2015). Epidemiology, Clinical Presentation, Laboratory Diagnosis, Antimicrobial Resistance, and Antimicrobial Management of Invasive *Salmonella* Infections. *Clinical Microbiology Reviews*, 28 (4), pp: 901-937.
- D'Aoust, J.Y. (1989). *Salmonella*. En libro: *Foodborne Bacterial Pathogens*. Nueva York. M. Dekker, Inc., pp: 327-445.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Messens, W., Heyndrickx, M., Uyttendaele, M. y Herman, L. (2020). *Salmonella* contamination in the production chain of shell eggs: A review. *Food Research International*, 137, pp: 109-118.
- Dieterich, W., Schink, M., y Zopf, Y. (2018). Microbiota in the gastrointestinal tract. *Medical Sciences*, 6 (4): 116, pp: 1-15.
- Djordjević, J., Bošković, M., Starčević, M., Ivanović, J., Karabasil, N., Dimitrijević, M., Lazić, I.B. y Baltić, M.Ž. (2018). Survival of *Salmonella* spp. in minced meat packaged under vacuum and modified atmosphere. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49 (3), pp: 607-613.
- Donalson, L.M., Kim, W.K., Chalova, V.I., Herrera, P., Woodward, C.L., McReynolds, J.L., Kubena, L.F., Nisbet, D.J. y Ricke, S.C. (2007). In vitro anaerobic incubation of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium and laying hen cecal bacteria in poultry feed substrates and a fructooligosaccharide prebiotic. *Anaerobe*, 13, pp: 208-214.
- Ebel, E. y Schlosser, W. (2000). Estimating the annual fraction of eggs contaminated with *Salmonella enteritidis* in the United States. *International Journal of Food Microbiology*, 61 (1), pp: 51-62.
- EFSA (2007). Report of the Task Force on Zoonoses Data Collection on the Analysis of the baseline study on the prevalence of *Salmonella* in holdings of laying hen flocks of *Gallus gallus*. *EFSA Journal*, 97, pp: 1-85.
- EFSA (2014). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific Opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. *EFSA Journal*, 12 (7): 3782, pp: 1-147.
- EFSA (2023). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Scientific Opinion on *Salmonella* control in poultry populations. *EFSA Journal*, 21 (7): e08123.
- EFSA/ECDC (2019). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria/Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades. The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 17 (12): 5926, pp: 1-276.
- EFSA/ECDC (2022). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria/Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades. The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 20 (12): 7666, pp: 1-273.

- EFSA/ECDC (2024). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria/Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades. The European Union One Health 2023 Zoonoses report. *EFSA Journal*, 22 (12): e9106, pp: 1-201.
- EFSA/ECDC (2025). European Union One Health Zoonoses Report 2024. *EFSA Journal*, 23 (2): e08321, pp: 1-191.
- Eid, S., Nasef, S.A. y Erfan, A.M. (2015). Multidrug resistant bacterial pathogens in eggs collected from backyard chickens. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 61 (144), pp: 87-103.
- Elmonir, W., Abdeltawab, D., El-Sharkawy, H. y Zahran, R.N. (2023). Serotypes diversity, virulence, and antimicrobial resistance of non-typhoidal *Salmonella* isolates in commercial and backyard egg production systems in Egypt. *Pakistan Journal of Zoology*, 56 (4), pp: 1799-1807.
- El-Prince, E., Hussein, M.F. y Abd El-Rahman, A.M. (2019). Incidence of *Salmonella* species in table eggs and some egg-based products. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 9 (1), pp: 1-7
- Europa Press (2019). El Tribunal de Justicia Europeo allana el camino para los fagos naturales contra la *Listeria*. Disponible en: <https://www.europapress.es/comunicados/internacional-00907/noticia-comunicado-tribunal-justicia-europeo-allana-camino-fagos-naturales-contra-listeria-20191023171320.html> [acceso: 1-09-25].
- FAO/OMS (2002). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Organización Mundial de la Salud. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens: Interpretative summary. Disponible en: <https://www.fao.org/4/y4393e/y4393e07.htm> [acceso: 1-09-25].
- Fenollar, A., Doménech, E., Ferrús, M.A. y Jiménez-Belenguer, A. (2019). Risk characterization of antibiotic resistance in bacteria isolated from backyard, organic, and regular commercial eggs. *Journal of Food Protection*, 82 (3), pp: 422-428.
- Ferrari, R.G., Rosario, D.K.A., Cunha-Neto, A., Mano, S.B., Figueiredo, E.E.S. y Conte-Junior, C.A. (2019). World-wide epidemiology of *Salmonella* serovars in animal-based foods: A meta-analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 85 (14): e00591-19, pp: 1-21.
- Ferreira, V., Cardoso, M.J., Magalhães, R., Maia, R., Neagu, C., Dumitraşcu, L., Nicolau, A.I. y Teixeira, P. (2020). Occurrence of *Salmonella* spp. in eggs from backyard chicken flocks in Portugal and Romania - Results of a preliminary study. *Food Control*, 113: 107180.
- Feye, K.M., Anderson, K.L., Scott, M.F., McIntyre, D.R. y Carlson, S.A. (2016). Inhibition of the virulence, antibiotic resistance, and fecal shedding of multiple antibiotic-resistant *Salmonella* Typhimurium in broilers fed Original XPC™. *Poultry Science*, 95, pp: 2902-2910.
- Franciosa, G., Pourshaban, M., Gianfranceschi, M., Gattuso, A., Fenicia, L., Ferrini, A.M., Mannoni, V., De Luca, G. y Aureli, P. (1999). *Clostridium botulinum* spores and toxin in mascarpone cheese and other milk products. *Journal of Food Protection*, 62 (8), pp: 867-871.
- Giacometti, F., Bonilauri, P., Colombari, G., Bardasi, L. y Serraino, A. (2022). Prevalence and enumeration of *Bacillus cereus* in tiramisù: A qPCR approach for microbial risk assessment. *Food Control*, 141: 109206.
- Government of South Australia (2022). Egg food safety. Disponible en: <https://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/public+content/sa+health+internet/public+health/food+safety+for+businesses/food+safety+issues/egg+food+safety> [acceso: 2-11-25].
- Grant, A., Parveen, S., Schwarz, J., Hashem, F. y Vimini, B. (2017). Reduction of *Salmonella* in ground chicken using a bacteriophage. *Poultry Science*, 96 (8), pp: 2845-2852.
- Guillén, S., Marcén, M., Álvarez, I., Mañás, P. y Cebrián, G. (2021). Influence of the initial cell number on the growth fitness of *Salmonella* Enteritidis in raw and pasteurized liquid whole egg, egg white, and egg yolk. *Foods*, 10: 1621, pp: 1-13.
- Guillén, S. y Cebrián, G. (2022). Relationship between iron bioavailability and *Salmonella* Typhimurium fitness in raw and pasteurized liquid whole egg. *Food Microbiology*, 104: 104008, pp: 1-12.
- Guillén, S., Domínguez, L., Mañás, P., Álvarez, I., Carrasco, E. y Cebrián, G. (2024). Modelling the low temperature growth boundaries of *Salmonella* Enteritidis in raw and pasteurized egg yolk, egg white and liquid whole egg: Influence of the initial concentration. *International Journal of Food Microbiology*, 414: 110619, pp: 1-11.

- Gumudavelli, V., Subbiah, J., Thippareddi, H. y Froning, G. (2007). Dynamic Predictive Model for Growth of *Salmonella* Enteritidis in Egg Yolk. *Journal of Food Science*, 72 (7): M254-M262.
- Gurtler, J.B., Smelser, A.M. y Schneider, K.R. (2023). Temperature-dependent survival of *Salmonella* in shell eggs and egg products. *Food Microbiology*, 113: 104211.
- Hansen-Wester, I., Stecher, B. y Hensel, M. (2002). Analyses of the evolutionary distribution of *Salmonella* translocated effectors. *Infection and Immunity*, 70, pp: 1619-1622.
- Hawkins, C.L. y Davies, M.J. (2001). Hypochlorite-induced damage to nucleosides: formation of chloramines and nitrogen-centered radicals. *Chemical Research in Toxicology*, 14 (8), pp: 1071-1081.
- He, Y., Yuan, J., Khan, I.M., Zhang, L., Ma, P. y Wang, Z. (2023). Research progress of aptasensor technology in the detection of foodborne pathogens. *Food Control*, 153: 109891.
- He, J., Wong, C.W.Y., Schultze, D.M. y Wang, S. (2024). Inactivation of *Salmonella* enteritidis in liquid egg yolk and egg white using bacteriophage cocktails. *Current Research in Food Science*, 8: 100703, pp: 1-12.
- Holck, A.L., Liland, K.H., Drømtorp, S.M., Carlehö, G.M. y McLeod, A. (2018). Comparison of UV-C and pulsed UV light treatments for reduction of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and enterohemorrhagic *Escherichia coli* on eggs. *Journal of Food Protection*, 81 (1), pp: 6-16.
- Horev, B., Sela, S., Vinokur, Y., Gorbatshevich, E., Pinto, R. y Rodov V. (2012). The effects of active and passive modified atmosphere packaging on the survival of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium on washed romaine lettuce leaves. *Food Research International*, 45, pp: 1129-1132.
- Howard, Z.R., O'Bryan, C.A., Crandall, P.G. y Ricke, S.C. (2012). *Salmonella* Enteritidis in shell eggs: Current issues and prospects for control. *Food Research International*, 45 (2), pp: 755-764.
- Hu, Z.Y., Balay, D., Hu, Y., McMullen, L.M. y Gänzle, M.G. (2019). Effect of chitosan, and bacteriocin - Producing *Carnobacterium maltaromaticum* on survival of *Escherichia coli* and *Salmonella* Typhimurium on beef. *International Journal of Food Microbiology*, 290, pp: 68-75.
- Humphrey, T.J. (1994). Contamination of egg shell and contents with *Salmonella enteritidis*: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 21 (1-2), pp: 31-40.
- Indiarto, R., Irawan, A.N. y Subroto, E. (2023). Meat Irradiation: A comprehensive review of its impact on food quality and safety. *Foods*, 12 (9): 1845, pp: 1-28.
- Issenhuth-Jeanjean, S., Roggentin, P., Mikoleit, M., Guibourdenche, M., de Pinna, E., Nair, S., Fields, P.I., y Weill, F.X. (2014). Supplement 2008–2010 (no. 48) to the White-Kauffmann-Le Minor scheme. *Research in Microbiology*, 165 (7), pp: 526-530.
- Johnson, R., Mylona, E. y Frankel, G. (2018). Typhoidal *Salmonella*: Distinctive virulence factors and pathogenesis. *Cellular Microbiology*, 20 (9): e12939.
- Jones, D.R., Gast, R.K., Anderson, K.E., Guraya, R. y Holt, P.S. (2022). Persistence of *Salmonella* Enteritidis and Typhimurium in laying hens and shell eggs. *Poultry Science*, 101 (4): 101843, pp: 1759-1762.
- Jung, H.-R. y Lee, Y.J. (2024). Prevalence and characterization of non-typhoidal *Salmonella* in egg from grading and packing plants in Korea. *Food Microbiology*, 120: 104464.
- Kang, H., Loui, C., Clavijo, R.I., Riley, L.W. y Lu, S. (2006). Survival characteristics of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken egg albumen. *Epidemiology and Infection*, 134 (5), pp: 967-976.
- Kang, M.S., Park, J.H. y Kim, H.J. (2021). Predictive modeling for the growth of *Salmonella* spp. in liquid egg white and application of scenario-based risk estimation. *Microorganisms*, 9: 486, pp: 1-12.
- Keerthirathne, T., Ross, K., Fallowfield, H. y Whiley, H. (2016). A review of temperature, pH, and other factors that influence the survival of *Salmonella* in mayonnaise and other raw egg products. *Pathogens*, 5: 63, pp: 1-11.
- Keerthirathne, T.P., Ross, K., Fallowfield, H. y Whiley, H. (2019). The combined effect of pH and temperature on the survival of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and implications for the preparation of raw egg mayonnaise. *Pathogens*, 8 (4): 218, pp: 1-10.

- Kim, Y.-J., Moon, H.-J., Lee, S.-K., Song, B.-R., Lim, J.-S., Heo, E.-J., Park, H.-J., Wee, S.-H. y Moon, J.-S. (2018). Development and validation of predictive model for *Salmonella* growth in unpasteurized liquid eggs. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38, pp: 442-450.
- Kovac, J., Miller, R.A., Carroll, L.M., Melendez, D. y Wiedmann, M. (2021). Understanding and controlling *Salmonella* Enteritidis contamination in egg production systems. *Frontiers in Microbiology*, 12: 679612, pp: 1157-1163.
- Kurtz, J.R., Goggins, J.A. y McLachlan, J.B. (2017). *Salmonella* infection: Interplay between the bacteria and host immune system. *Immunology Letters*, 190, pp: 42-50.
- Kusmider, E.A., Sebranek, J.G., Lonergan, S.M. y Honeyman, M.S. (2002). Effects of carbon monoxide packaging on color and lipid stability of irradiated ground beef. *Journal of Food Science*, 67 (9), pp: 3463-3468.
- Lamichhane, B., Mawad, A.M.M., Saleh, M., Kelley, W.G., Harrington, P.J. 2nd, Lovestad C.W., Amezcua, J., Sarhan, M.M., El Zowalaty, M.E., Ramadan, H., Morgan, M. y Helmy, Y.A. (2024). Salmonellosis: An overview of epidemiology, pathogenesis, and innovative approaches to mitigate the antimicrobial resistant infections. *Antibiotics*, 13 (1): 76, pp: 1-51.
- Laptev, G.Y., Yildirim, E.A., Ilin, L.A., Filippova, V.A., Kochish, I.I., Gorfunkel, E.P., Dubrovin, A.V., Brazhnik, E.A., Narushin, V.G., Novikova, N.I., Novikova, O.B., Donyashev, T.P., Smolensky, V.I., Surai, P.F., Griffin, D.K. y Romanov, M.N. (2021). Effects of essential oils-based supplement and *Salmonella* infection on gene expression, blood parameters, cecal microbiome, and egg production in laying hens. *Animals*, 11 (2): 360, pp: 1-34.
- Latimer, H.K., Marks, H.M., Coleman, M.E., Schlosser, W.D., Golden, N.J. y Ebel, E.D. (2008). Evaluating the effectiveness of pasteurization for reducing human illnesses from *Salmonella* spp. in egg products: results of a quantitative risk assessment. *Foodborne Pathogens and Disease*, 5, pp: 59-68.
- Lee, H., Park, J.H., Park, Y.K. y Kim, H.J. (2021). Mathematical Modeling for the Growth of *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* in Cake at Fluctuating Temperatures. *Applied Sciences*, 11 (6): 2475, pp: 1-9.
- Legros, J., Jan, S., Bonnassie, S., Gautier, M., Croguennec, T., Pezennec, S., Cochet, M.-F., Nau, F., Andrews, S.C. y Baron, F. (2021). The role of ovotransferrin in egg-white antimicrobial activity: A review. *Foods*, 10: 823, pp: 1-21.
- Li, L., Chousalkar, K.K., Jenkins, C., Jennison, A. y McWhorter, A.R. (2025). The culturability of acid-tolerant *Salmonella* in mayonnaise, a raw egg-based sauce. *International Journal of Food Microbiology*, 429: 11100, pp: 1-12.
- Li, L., Cepeda, J., Subbiah, J., Froning, G., Juneja, V.K. y Thippareddi, H. (2017). Dynamic predictive model for growth of *Salmonella* spp. in scrambled egg mix. *Food Microbiology*, 64, pp: 39-46.
- Li, P., Sun, Z., Ma, M., Jin, Y. y Sheng, L. (2018). Effect of microwave-assisted phosphorylation modification on the structural and foaming properties of egg white powder. *LWT*, 97, pp: 151-156.
- Li, W., Li, H., Zheng, S., Wang, Z., Sheng, H., Shi, C., Shi, X., Niu, Q. y Yang, B. (2020a). Prevalence, serotype, antibiotic susceptibility, and genotype of *Salmonella* in eggs from poultry farms and marketplaces in Yangling, Shaanxi province, China. *Frontiers in Microbiology*, 11: 1482, pp: 1-11.
- Li, Y., Yang, X., Zhang, H., Jia, H., Liu, X., Yu, B., Zeng, Y., Zhang, Y., Pei, X. y Yang, D. (2020b). Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* in the commercial eggs in China. *International Journal of Food Microbiology*, 325: 108623.
- Little, C.L., Walsh, S., Hucklesby, L., Surman-Lee, S., Pathak, K., Gatty, Y., Greenwood, M., De Pinna, E., Threlfall, E.J., Maund, A. y Chan, C.-H. (2007). Survey of *Salmonella* contamination of non-United Kingdom-produced raw shell eggs on retail sale in the northwest of England and London, 2005 to 2006. *Journal of Food Protection*, 70 (10), pp: 2259-2265.
- Liu, Y.F., Oey, I., Bremer, P., Silcock, P., Carne, A. y McConnell, M. (2019). Pulsed electric fields treatment at different pH enhances the antioxidant and anti-inflammatory activity of ovomucin-depleted egg white. *Food Chemistry*, 276, pp: 164-173.
- Lock, J.L. y Board, R.G. (1995). The fate of *Salmonella enteritidis* PT4 in home-made mayonnaise prepared from artificially inoculated eggs. *Food Microbiology*, 12, pp: 181-186.

- Lopes, S.M., da Silva, D.C. y Tondo, E.C. (2020). Effect of curing and heat treatments on the *Salmonella* survival and physicochemical properties of chicken egg yolk. *Food Research International*, 137: 109680, pp: 1-7.
- Machado, S., Carmo, D. y César, E. (2020). Effect of curing and heat treatments on the *Salmonella* survival and physicochemical properties of chicken egg yolk. *Food Research International*, 137: 109680, pp: 1-7.
- Mahmud, T., Hassan, M.M., Alam, M., Khan, M.M., Bari, M.S. e Islam A. (2016). Prevalence and multidrug-resistant pattern of *Salmonella* from the eggs and egg-storing trays of retail markets of Bangladesh. *International Journal of One Health*, 2, pp: 7-11.
- MAPA (2023). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Informe del Consumo Alimentario en España. Informe anual del Programa Nacional de Control de *Salmonella* en Gallinas Ponedoras.
- McWhorter, A.R., Sexton, M. y Chousalkar, K.K. (2020). The effects of varied food acid ratios and egg components on *Salmonella* Typhimurium culturability from raw egg-based sauces. *Food Microbiology*, 92: 103555.
- Meng, C., Wang, F., Xu, C., Liu, B., Kang, X., Zhang, Y., Jiao, X. y Pan, Z. (2025). Prevalence and transmission of *Salmonella* collected from farming to egg processing of layer production chain in Jiangsu Province, China. *Poultry Science*, 104 (2), pp: 1-9.
- Michaelsen, A.R., Sebranek, J.G. y Dickson, J.S. (2006). Effects of microbial inhibitors and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* Typhimurium and on quality attributes of injected pork chops and sliced cured ham. *Journal of Food Protection*, 69 (11), pp: 2671-2680.
- Moore, M.M., Nucci, M.J., Madson, S.M., Wagley, G.S., Keys, C.E., Brown, E.W., McQuiston, J.R. y Fields, P.I. (2019). Evaluation of a bead-based *Salmonella* molecular serotyping method for *Salmonella* isolated from food and environmental samples. *Journal of Food Protection*, 82 (11), pp: 1973-1987.
- Moosavy, M., Basti, A.A., Misaghi, A., Salehi, T.Z., Abbasifar, R., Mousavi, H.A.E., Alipour, M., Razavi, N.E., Gandomi, H. y Noori, N. (2008). Effect of Zataria multiflora Boiss. essential oil and nisin on *Salmonella* Typhimurium and *Staphylococcus aureus* in a food model system and on the bacterial cell membranes. *Food Research International*, 41 (10), pp: 1050-1057.
- Muñoz, A., Dominguez-Gasca, N., Jimenez-Lopez, C. y Rodriguez-Navarro, A.B. (2015). Importance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell *Salmonella* contamination in chicken eggs. *Food Control*, 55, pp: 31-38.
- Musgrove, M.T., McQuestin, O.J., Tamplin, M. y Kelley, L.C. (2009). Growth and Survival of Antibiotic-Resistant *Salmonella* Typhimurium DT104 in Liquid Egg Products. *Journal of Food Protection*, 72 (9), pp: 1992-1996.
- Naderi, N., House, J.D., Pouliot, Y. y Doyen, A. (2017). Effects of high hydrostatic pressure processing on hen egg compounds and egg products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (4), pp: 707-720.
- Nair, D.V., Kiess, A., Nannapaneni, R., Schilling, W. y Sharma, C.S. (2015). The combined efficacy of carvacrol and modified atmosphere packaging on the survival of *Salmonella*, *Campylobacter jejuni* and lactic acid bacteria on turkey breast cutlets. *Food Microbiology*, 49, pp: 134-141.
- Napoleoni, M., Ceschia, S., Mitri, E., Beneitez, E.E., Silenzi, V., Staffolani, M., Rocchegiani, E., Blasi, G. y Gurian E. (2024). Identification of *Salmonella* serogroups and distinction between typhoidal and non-typhoidal *Salmonella* based on ATR-FTIR spectroscopy. *Microorganisms*, 12 (11): 2318, pp: 1-17.
- Newell, D.G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., Opsteegh, M., Langelaar, M., Threlfall, J., Scheutz, F., van der Giessen, J. y Kruse, H. (2010). Food-borne diseases-the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. *International Journal of Food Microbiology*, 139 (Supplement): S3-S15.
- Nielsen, L. y Knöchel, S. (2020). Inactivation of *Salmonella* strains in acidified broth and raw egg yolk as a function of pH and acid type. *Food Microbiology*, 92: 103574.
- Nychas, G.J. y Tassou, C.C. (1996). Growth/survival of *Salmonella* Enteritidis on fresh poultry and fish stored under vacuum or modified atmosphere. *Letters in Applied Microbiology*, 23 (2), pp: 115-119.

- Ohtsuka, K., Yanagawa, K., Takatori, K. y Hara-Kudo, Y. (2005). Detection of *Salmonella enterica* in naturally contaminated liquid eggs by loop-mediated isothermal amplification, and characterization of *Salmonella* isolates. *Applied and Environmental Microbiology*, 71 (11), pp: 6730-6735.
- OMS (2015). Organización Mundial de la Salud. Estimaciones de la carga mundial de las enfermedades transmitidas por los alimentos: sinopsis (Informe FERG 2007–2015). Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-FOS-15.02> [acceso: 1-09-25].
- Osaili, T.M., Hasan, F., Dhanasekaran, D.K., Obaid, R.S., Al-Nabulsi, A.A., Ayyash, M., Karam, L., Savvaidis, I.N. y Holley, R. (2021). Effect of active essential oils added to chicken tawook on the behaviour of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157: H7 during storage. *International Journal of Food Microbiology*, 337, 108947.
- Palumbo, M.S., Beers, S.M., Bhaduri, S. y Palumbo, S.A. (1995). Thermal resistance of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* in liquid egg yolk and egg yolk products. *Journal of Food Protection*, 58, pp: 960-966.
- Park, S.H., Kim, H.J., Cho, W.H., Kim, J.H., Oh, M.H. y Kim, S.H., Lee, B.K., Ricke, S.C. y Kim, H.Y. (2009). Identification of *Salmonella enterica* subspecies I, *Salmonella enterica* serovars Typhimurium, Enteritidis and Typhi using multiplex PCR. *FEMS Microbiology Letters*, 301, pp: 137-146.
- Park, J.H., Kang, M.S., Park, K.M., Lee, H.Y., Ok, G.S., Koo, M.S., Hong, S.I. y Kim, H.J. (2020). A dynamic predictive model for the growth of *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* in fresh egg yolk and scenario-based risk estimation. *Food Control*, 118: 107421.
- Pelyuntha, W. y Vongkamjan, K. (2023). Control of *Salmonella* in chicken meat by a phage cocktail in combination with propionic acid and modified atmosphere packaging. *Foods*, 12 (22): 4181, pp: 1-14.
- Perales, I. y Audicana, A. (1989). The role of hens' eggs in outbreaks of salmonellosis in north Spain. *International Journal of Food Microbiology*, 8, pp: 175-180.
- PhageEU (2025). European Parliament recognizes the role of bacteriophages in fight against AMR. Disponible en: <https://phageurope.eu/2023/06/02/european-parliament-recognizes-the-role-of-bacteriophages-in-fight-against-amr/> [acceso: 1-09-25].
- Pin, C., Avendaño-Pérez, G., Cosciani-Cunico, E., Gómez, N., Gounadakic, A., Nychas, G.J., Skandamis, P. y Barker, G. (2011). Modelling *Salmonella* concentration throughout the pork supply chain by considering growth and survival in fluctuating conditions of temperature, pH and a_w . *International Journal of Food Microbiology*, 145, pp: S96-S102.
- Pittia, P. y Antonello, P. (2015). Safety by control of water activity: drying, smoking, and salt or sugar addition. En libro: *Regulating safety of traditional and ethnic foods*. Elsevier Inc, pp: 7-28.
- Porrero, M.C., García, M., Cubillo, I., Rivero, E., Herrera, L., Marino, E., Sánchez, E., Iñigo, S., García, M., Vilas, F., Domínguez, L. y Moreno, M.A. (2006). Salmonelosis y huevos. *Profesión Veterinaria*, 1, pp: 28-32.
- Presser, K., Ratkowsky, D. y Ross, T. (1997). Modelling the growth rate of *Escherichia coli* as a function of pH and lactic acid concentration. *Applied Environmental Microbiology*, 63, pp: 2355-2360.
- Pryles, J. (2020). How to make soft cured egg yolk. Disponible en: <https://jesspryles.com/recipe/soft-cured-egg-yolk/> [acceso: 1-09-25].
- RASFF (2025). Rapid Alert System for Food and Feed. Disponible en: https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=SearchByKeyword&orderby=product_category&orderDir=desc/ [acceso: 1-09-25].
- Ross (1996). Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. *The Journal for the Applied Bacteriology*, 81 (5), pp: 501-508.
- Sakha, M.Z. y Fujikawa, H. (2013). Prediction of *Salmonella* Enteritidis growth in pasteurized and unpasteurized liquid egg products with a growth model. *Biocontrol Science*, 18 (2), pp: 89-93.
- Sant'Ana, A.S., Landgraf, M., Destro, M.T. y Franco, B.D. (2013). Growth potential of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat lettuce and collard greens packaged under modified atmosphere and in perforated film. *Journal of Food Protection*, 76 (5), pp: 888-891.

- Sasaki, Y., Tsujiyama, Y., Asai, T., Noda, Y., Katayama, S. y Yamada, Y. (2011). *Salmonella* prevalence in commercial raw shell eggs in Japan: a survey. *Epidemiology and Infection*, 139 (7), pp: 1060-1064.
- Shivaprasad, H.L. (2000). Fowl typhoid and pullorum disease. *Revue Scientifique et Technique*, 19 (2), pp: 405-424.
- Singh, S., Yadav, A.S., Singh, S.M. y Bharti, P. (2010). Prevalence of *Salmonella* in chicken eggs collected from poultry farms and marketing channels and their antimicrobial resistance. *Food Research International*, 43 (8), pp: 2027-2030.
- Singh, A., Korasapati, N.R., Juneja, V.K., Subbiah, J., Froning, G., y Thippareddi, H. (2011). Dynamic Predictive Model for the Growth of *Salmonella* spp. in Liquid Whole Egg. *Journal of Food Science*, 76 (3), pp: M225-M232.
- Sivanandy, P., Yuk, L.S., Yi, C.S., Kaur, I., Ern, F.H.S. y Manirajan, P. (2025). A systematic review of recent outbreaks and the efficacy and safety of drugs approved for the treatment of *Salmonella* infections. *IJID Regions*, 14: 100516, pp: 1-7.
- Sodagari, H.R., Mohammed, A.B., Wang, P., O'Dea, M., Abraham, S., Robertson, I. y Habib, I. (2019). Non-typhoidal *Salmonella* contamination in egg shells and contents from retail in Western Australia: Serovar diversity, multilocus sequence types, and phenotypic and genomic characterizations of antimicrobial resistance. *International Journal of Food Microbiology*, 308: 108305.
- Solís, D., Cordero, N., Quezada-Reyes, M., Escobar-Astete, C., Toro, M., Navarrete, P. y Reyes-Jara, A. (2023). Prevalence of *Salmonella* in eggs from conventional and cage-free egg production systems and the role of consumers in reducing household contamination. *Foods*, 12 (23): 4300, pp: 1-13.
- Sukumaran, A.T., Nannapaneni, R., Kiess, A. y Sharma, C.S. (2016). Reduction of *Salmonella* on chicken breast fillets stored under aerobic or modified atmosphere packaging by the application of lytic bacteriophage preparation SalmoFreshTM. *Poultry Science*, 95 (3), pp: 668-675.
- Sun, X., Xue, F., Cong, C., Murtaza, B., Wang, L., Li, X., Li, S. y Xu, Y. (2024). Characterization of two virulent *Salmonella* phages and transient application in egg, meat and lettuce safety. *Food Research International*, 190: 114607.
- Syamili, S., Ramesh, K.S. y Revathi, S. (2023). *Salmonella* Infection in poultry: A review on the pathogen and control strategies. *Microorganisms*, 11: 2814, pp: 1-27.
- Tirloni, E., Rossi, M., Bernardi, C. y Stella, S. (2024). Microbiological and physicochemical profile of Italian steak tartare and predicting growth potential of *Listeria monocytogenes*. *Heliyon*, 10 (4): e25642, pp: 1-9.
- UE (2023). Reglamento Delegado (UE) 2023/2465 de la Comisión, de 17 de agosto de 2023, por el que se completa el Reglamento (UE) N° 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a las normas de comercialización de los huevos y por el que se deroga el Reglamento (CE) N° 589/2008 de la Comisión. DO L 2465 de 8 de noviembre de 2023, pp: 1-17.
- UE (2004). 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.
- USDA/FSIS (2013). U.S. Department of Agriculture-Food Safety and Inspection Service. The Nationwide Microbiological Baseline Data Collection Program: Raw Liquid Eggs BASELINE Survey (RLEBS). Disponible en: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/Baseline-Raw-Liquid-Eggs_0.pdf [acceso: 1-09-25].
- Valero, A., Cejudo, M. y García-Gimeno, R.M. (2014). Inactivation kinetics for *Salmonella* Enteritidis in potato omelet using microwave heating treatments. *Food Control*, 43, pp: 175-182.
- Watler, S., Toka, F.N., Lardé, H., Johnson, A. y Butaye, P. (2024). Epidemiology of *Salmonella enterica* subspecies enterica serotypes, isolated from imported, farmed and feral poultry in the Cayman Islands. *Frontiers in Veterinary Science*, 11: 1331916, pp: 1-14.
- Wilson, M.W. (2007). Survey of retail eggs for *Salmonella*. Disponible en: https://ndhadeliver.natlib.govt.nz/delivery/DeliveryManagerServlet?dps_pid=IE765232 [acceso: 1-09-25].
- Xu, H., Zhang, W., Zhang, K., Zhang, Y., Wang, Z., Wei, Z. y Li, Q. (2021). Characterization of *Salmonella* serotypes prevalent in asymptomatic people and patients. *BMC Infectious Diseases*, 21: 632, pp: 1-9.

- Yang, Y., Geveke, D.J., Brunkhorst, C.D., Sites, J.E., Geveke, N.J. y Tilman, E.D. (2019). Optimization of the radio frequency power, time and cooling water temperature for pasteurization of *Salmonella* Typhimurium in shell eggs. *Journal of Food Engineering*, 247, pp: 130-135.
- Yüceer, M. y Caner, C. (2020). The effects of ozone, ultrasound and coating with shellac and lysozyme–chitosan on fresh egg during storage at ambient temperature - Part II: Microbial quality, eggshell breaking strength and FT-NIR spectral analysis. *International Journal of Food Science & Technology*, 55 (4), pp: 1629-1636.
- Zhou, S., Sheen, S., Pang, Y.H., Liu, L. y Yam, K.L. (2013). Antimicrobial effects of vapor phase thymol, modified atmosphere, and their combination against *Salmonella* spp. on raw shrimp. *Journal of Food Science*, 78 (5), pp: M725-M730.
- Zhou, S., Sheen, S., Pang, Y.H., Liu, L. y Yam, K.L. (2015). Modeling the impact of vapor thymol concentration, temperature, and modified atmosphere condition on growth behavior of *Salmonella* on raw shrimp. *Journal of Food Protection*, 78 (2), pp: 293-301.

Anexo I

Datos de crecimiento de *Salmonella* utilizados en el modelo de microbiología predictiva para la validación de las condiciones de almacenamiento de huevos y ovoproductos

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
1	Yema de huevo	No	16	6,2	-	S. Enteritidis, Cepa(s): C398 19299-521	0,0875	-	-	-
2	Yema de huevo	No	37	6,2	-	S. Enteritidis, Cepa(s): C398 19299-521	-	-	-	-
3	Yema de huevo	No	37	6,2	-	S. Enteritidis, Cepa(s): C398 19299-521	0,627	-	-	-
4	Natillas	Sí	7,9	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	0,00194	76,8	9,3	-
5	Natillas	Sí	7,9	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	0,0055	76,8	9,3	-
6	Natillas	Sí	12	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	0,0177	76,8	9,3	-
7	Natillas	Sí	12	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	0,00511	76,8	9,3	-
8	Natillas	Sí	19	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	0,124	76,8	9,3	-
9	Natillas	Sí	19	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	0,11	76,8	9,3	-
10	Natillas	Sí	25	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	-	76,8	9,3	-
11	Natillas	Sí	25	6,6	0,98	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592SN+ P125678SN+ P167627NS+ P167807SN+	-	76,8	9,3	-
12	Natillas	Sí	8	6,7	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0195	-	-	0,3
13	Natillas	Sí	8	6,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,00838	-	-	-
14	Natillas	Sí	8	6,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,011	-	-	-
15	Natillas	Sí	8	6,7	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0207	-	-	0,3
18	Quiche	Sí	8	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,00835	-	-	1,1
19	Quiche	Sí	8	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,00617	-	-	1,1
20	Natillas	Sí	12	6,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0452	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
21	Natillas	Sí	12	6,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0461	-	-	-
22	Natillas	Sí	12	6,7	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0349	-	-	0,3
23	Natillas	Sí	12	6,7	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,035	-	-	0,3
26	Quiche	Sí	12	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0244	-	-	1,1
27	Quiche	Sí	12	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0237	-	-	1,1
28	Natillas	Sí	25	6,9	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,271	-	-	-
29	Natillas	Sí	18	6,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0947	-	-	-
30	Natillas	Sí	18	6,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0974	-	-	-
31	Natillas	Sí	18	6,7	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0921	-	-	0,3
32	Natillas	Sí	18	6,7	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0897	-	-	0,3
33	Quiche	Sí	18	6	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0864	-	-	-
34	Quiche	Sí	18	6	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,117	-	-	-
35	Quiche	Sí	18	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0942	-	-	1,1
36	Quiche	Sí	18	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,0699	-	-	1,1
37	Natillas	Sí	25	6,9	-	-	-	-	-	-
38	Natillas	Sí	25	6,9	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,234	-	-	0,3
39	Natillas	Sí	25	6,9	0,998	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,231	-	-	0,3
40	Quiche	Sí	25	6	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,261	-	-	-
41	Quiche	Sí	25	6	-	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,277	-	-	-
42	Quiche	Sí	25	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,143	-	-	1,1
43	Quiche	Sí	25	6	0,994	S. Enteritidis, Cepa(s): P125592 P125678	0,156	-	-	1,1
44	Yema de huevo	No	17,5	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,102	-	-	-
45	Yema de huevo	No	10	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0229	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
49	Yema de huevo	No	10	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0271	-	-	-
54	Huevo entero (superficie de la yema)	No	17,5	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0167	-	-	-
56	Yema de huevo	No	17,5	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0833	-	-	-
58	Huevo entero (superficie de la yema)	No	17,5	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0333	-	-	-
59	Albúmina	No	17,5	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	-	-	-	-
60	Yema de huevo	No	17,5	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0521	-	-	-
62	Huevo entero (superficie de la yema)	No	25	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0354	-	-	-
64	Yema de huevo	No	25	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0375	-	-	-
66	Huevo entero (superficie de la yema)	No	25	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	0,0479	-	-	-
67	Albúmina	No	25	-	-	S. Enteritidis, Serotipo(s): PT8	-	-	-	-
111	Huevo entero líquido	Sí	10	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0553	-	-	-
112	Huevo entero líquido	Sí	10	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0254	-	-	-
114	Yema azucarada	Sí	10	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,019	-	10	-
115	Yema azucarada	Sí	10	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0256	-	10	-
116	Huevo entero líquido	Sí	10	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0262	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
120	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	-	-	-	-
121	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	-	-	-	-
122	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0184	-	-	-
123	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0173	-	-	-
124	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0625	-	10	-
125	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0658	-	10	-
126	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0479	-	10	-
127	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0484	-	10	-
128	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0848	-	-	-
133	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0918	-	-	-
134	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0882	-	-	-
135	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,071	-	-	-
136	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,098	-	-	-
137	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,088	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
138	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0622	-	-	-
139	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,181	-	-	-
140	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0144	-	-	-
141	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,102	-	-	-
142	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0246	-	-	-
143	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0214	-	-	-
144	Yema azucarada	Sí	30	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0682	-	10	-
145	Yema azucarada	Sí	30	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,111	-	10	-
153	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,112	-	-	-
154	Yema azucarada	Sí	30	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,143	-	10	-
155	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,169	-	-	-
156	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,25	-	-	-
157	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,239	-	-	-
158	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,467	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
159	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0595	-	-	-
160	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0471	-	-	-
161	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	-	-	-	-
162	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,2	-	-	-
163	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,387	-	10	-
164	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,234	-	10	-
165	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,539	-	10	-
166	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,473	-	10	-
169	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,88	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,539	-	10	-
170	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,88	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,473	-	10	-
177	Yema de huevo	No	37	7,9	-	S. Enteritidis, Cepa(s): E40	0,47	-	-	-
178	Yema de huevo	No	37	9	-	S. Enteritidis, Cepa(s): E40	-	-	-	-
179	Yema de huevo	No	37	6,6	-	S. Enteritidis, Cepa(s): E40	0,478	-	-	-
180	Yema de huevo	No	37	8,7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): E40	-	-	-	-
181	Yema de huevo	No	10	6,4	-	S. Enteritidis, Cepa(s): E40	0,0313	-	-	-
182	Yema de huevo	No	10	6,4	-	S. Enteritidis, Cepa(s): E40	0,0287	-	-	-
183	Albúmina	No	10	7,6	-	S. Typhimurium, Cepa(s): FRI-S9	0,0234	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
184	Yema de huevo	No	25	6,4	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>Cepa(s)</i> : E40	0,166	-	-	-
185	Yema de huevo	No	25	6,4	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>Cepa(s)</i> : E40	0,188	-	-	-
186	Albúmina	No	25	7,6	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>Cepa(s)</i> : E40	0,152	-	-	-
187	Albúmina	No	25	7,6	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>Cepa(s)</i> : E40	0,23	-	-	-
188	Yema de huevo	No	25	6,4	-	<i>S. Typhimurium</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S9	0,158	-	-	-
189	Yema de huevo	No	25	6,4	-	<i>S. Typhimurium</i>	0,188	-	-	-
190	Albúmina	No	25	7,6	-	<i>S. Typhimurium</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S9	0,136	-	-	-
191	Albúmina	No	25	7,6	-	<i>S. Typhimurium</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S9	0,186	-	-	-
192	Yema de huevo	No	25	6,4	-	<i>S. Heidelberg</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S13	0,146	-	-	-
193	Yema de huevo	No	25	6,4	-	<i>S. Heidelberg</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S13	0,23	-	-	-
194	Albúmina	No	25	7,6	-	<i>S. Heidelberg</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S13	0,146	-	-	-
195	Albúmina	No	25	7,6	-	<i>S. Heidelberg</i> , <i>Cepa(s)</i> : FRI-S13	0,166	-	-	-
196	Huevo entero líquido	No	10	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,0184	-	-	-
197	Huevo entero líquido	No	15	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,0688	-	-	-
198	Huevo entero líquido	No	20	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,112	-	-	-
199	Huevo entero líquido	No	25	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,198	-	-	-
200	Huevo entero líquido	No	30	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,28	-	-	-
201	Huevo entero líquido	No	35	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,388	-	-	-
202	Huevo entero líquido	No	37	-	-	<i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. blockley</i> , <i>S. Heidelberg</i>	0,597	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
203	Huevo entero líquido	No	39	-	-	S. Enteritidis, S. Enteritidis, S. Typhimurium, S. blockley, S. Heidelberg	0,521	-	-	-
216	Albúmina	Sí	10	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,00258	-	-	-
217	Albúmina	Sí	10	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,00533	-	-	-
218	Albúmina	Sí	10	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,00237	-	-	-
219	Huevo entero líquido	Sí	10	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0263	-	-	-
220	Huevo entero líquido	Sí	10	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0277	-	-	-
221	Yema azucarada	Sí	10	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0281	-	10	-
222	Yema azucarada	Sí	10	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,029	-	10	-
223	Yema azucarada	Sí	10	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0262	-	10	-
224	Huevo entero líquido	Sí	10	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0276	-	-	-
228	Albúmina	Sí	15	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0131	-	-	-
229	Albúmina	Sí	15	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0105	-	-	-
230	Albúmina	Sí	15	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0113	-	-	-
231	Yema azucarada	Sí	15	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0682	-	10	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
232	Yema azucarada	Sí	15	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,072	-	10	-
233	Yema azucarada	Sí	15	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0642	-	10	-
234	Huevo entero líquido	Sí	15	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,106	-	-	-
236	Huevo entero líquido	Sí	15	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,103	-	-	-
239	Huevo entero líquido	Sí	15	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,099	-	-	-
240	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,195	-	-	-
241	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,175	-	-	-
242	Huevo entero líquido	Sí	20	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,19	-	-	-
243	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0274	-	-	-
244	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0253	-	-	-
245	Albúmina	Sí	20	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0318	-	-	-
246	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,165	-	10	-
247	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,161	-	10	-
248	Yema azucarada	Sí	20	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,164	-	10	-
252	Huevo entero líquido	Sí	25	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,453	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
253	Huevo entero líquido	Sí	25	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,45	-	-	-
254	Huevo entero líquido	Sí	25	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,446	-	-	-
255	Albúmina	Sí	25	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0295	-	-	-
256	Albúmina	Sí	25	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0521	-	-	-
257	Albúmina	Sí	25	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0474	-	-	-
258	Yema azucarada	Sí	25	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,346	-	10	-
259	Yema azucarada	Sí	25	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,336	-	10	-
260	Yema azucarada	Sí	25	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,33	-	10	-
264	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,605	-	-	-
265	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,574	-	-	-
266	Huevo entero líquido	Sí	30	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,579	-	-	-
267	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0467	-	-	-
268	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0431	-	-	-
269	Albúmina	Sí	30	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0257	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
270	Yema azucarada	Sí	30	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,44	-	10	-
271	Yema azucarada	Sí	30	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,43	-	10	-
272	Yema azucarada	Sí	30	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,428	-	10	-
276	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,863	-	-	-
277	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,844	-	-	-
278	Huevo entero líquido	Sí	37	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,844	-	-	-
279	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0332	-	-	-
280	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,0327	-	-	-
281	Albúmina	Sí	37	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,022	-	-	-
282	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,502	-	10	-
283	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,508	-	10	-
284	Yema azucarada	Sí	37	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10-TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,519	-	10	-
300	Huevo al vapor	Sí	18	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,189	-	-	1
301	Huevo revuelto	Sí	18	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,212	-	-	1
302	Huevo al vapor	Sí	18	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,195	-	-	-
303	Huevo al vapor	Sí	18	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,222	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
304	Huevo al vapor	Sí	18	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,192	-	-	-
305	Huevo revuelto	Sí	18	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,0692	-	-	1
306	Huevo revuelto	Sí	18	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,156	-	-	1
307	Huevo revuelto	Sí	18	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,085	-	-	1
308	Huevo al vapor	Sí	22	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,317	-	-	-
309	Huevo revuelto	Sí	22	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,206	-	-	1
310	Huevo al vapor	Sí	22	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,273	-	-	-
311	Huevo al vapor	Sí	22	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,287	-	-	-
312	Huevo al vapor	Sí	22	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,266	-	-	-
313	Huevo revuelto	Sí	22	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,0767	-	-	1
314	Huevo revuelto	Sí	22	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,157	-	-	1
315	Huevo revuelto	Sí	22	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,148	-	-	1
316	Huevo al vapor	Sí	37	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	-	-	-	-
317	Huevo revuelto	Sí	37	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,607	-	-	1
318	Huevo al vapor	Sí	37	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,708	-	-	-
319	Huevo al vapor	Sí	37	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,515	-	-	-
320	Huevo al vapor	Sí	37	-	-	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,373	-	-	-
321	Huevo revuelto	Sí	37	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,551	-	-	1
322	Huevo revuelto	Sí	37	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,471	-	-	1
323	Huevo revuelto	Sí	37	-	0,995	S. anatum, S. Enteritidis, S. Stanley	0,39	-	-	1
367	Huevo entero líquido	Sí	20	7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,102	-	-	-
369	Huevo entero líquido	Sí	20	7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,114	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
370	Huevo entero líquido	Sí	20	7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0535	-	-	-
371	Huevo entero líquido	Sí	20	7	-	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0993	-	-	-
372	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,992	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,103	-	-	1,5
373	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,992	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,102	-	-	1,5
374	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,992	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,211	-	-	1,5
375	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,992	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0922	-	-	1,5
376	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,992	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,118	-	-	1,5
377	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,983	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0726	-	-	3
378	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,983	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,025	-	-	3
379	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,983	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0311	-	-	3
380	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,983	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0163	-	-	3
381	Huevo entero líquido	Sí	20	7	0,983	S. Enteritidis, Cepa(s): ADRIANIE-1119590	0,0193	-	-	3
382	Cáscara de huevo	No	10	9	-	S. pullorum	0,0271	-	-	-
383	Cáscara de huevo	No	20	9	-	S. pullorum	-	-	-	-
384	Cáscara de huevo	No	20	7	-	S. pullorum	0,0583	-	-	-
385	Yema de huevo	No	45	-	-	S. Enteritidis, Cepa(s): MG03835 MG04498 MG07928 MB00617 MB00629	0,424	-	-	-
386	Yema de huevo	No	45	-	-	S. Enteritidis, Cepa(s): MG03835 MG04498 MG07928 MB00617 MB00629	0,587	-	-	-

ID	Matriz	Pasteurizado	Temperatura (°C)	pH	Actividad de agua (a _w)	Serotipos	Tasa máxima de crecimiento (log UFC/g/h)	Humedad (%)	Azúcares (%)	NaCl (%)
389	Huevo entero líquido	Sí	42	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,54	-	-	-
390	Huevo entero líquido	Sí	42	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,507	-	-	-
391	Albúmina	Sí	42	8,9	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,304	-	-	-
393	Yema azucarada	Sí	42	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,911	-	10	-
394	Yema azucarada	Sí	42	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,84	-	10	-
397	Huevo entero líquido	Sí	42	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,439	-	-	-
400	Huevo entero líquido	No	41	-	-	S. Enteritidis, S. Typhimurium, S. blockley, S. Heidelberg	0,523	-	-	-
401	Huevo entero líquido	No	43	-	-	S. Enteritidis, S. Enteritidis, S. Typhimurium, S. blockley, S. Heidelberg	0,287	-	-	-
402	Huevo entero líquido	Sí	42	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,987	-	-	-
403	Huevo entero líquido	Sí	42	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	1,0207	-	-	-
404	Huevo entero líquido	Sí	42	7,8	-	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,96	-	-	-
408	Yema azucarada	Sí	42	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,797	-	10	-
409	Yema azucarada	Sí	42	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,772	-	10	-
410	Yema azucarada	Sí	42	6,5	0,98	S. Typhimurium, Cepa(s): 10 TX (aves de corral) 7470C-1 (cerdos)	0,737	-	10	-