

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las condiciones de conservación de frutas cortadas por la mitad en establecimientos de comercio al por menor

Número de referencia: AESAN-2022-001

Informe aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 23 de febrero de 2022

Grupo de trabajo

Antonio Valero Díaz (Coordinador), Carlos Alonso Calleja, Pablo Fernández Escámez, Carlos Manuel Franco Abuín, Sonia Marín Sillué y Gloria Sánchez Moragas

Comité Científico

Carlos Alonso Calleja Universidad de León	Carlos M. Franco Abuín Universidade de Santiago de Compostela	Sonia Marín Sillué Universitat de Lleida	Magdalena Rafecas Martínez Universitat de Barcelona
Houda Berrada Ramdani Universitat de València	Ángel Gil Izquierdo Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Francisco J. Morales Navas Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Maria del Carmen Recio Iglesias Universitat de València
Irene Bretón Lesmes Hospital Gregorio Marañón de Madrid	María José González Muñoz Universidad de Alcalá de Henares	Victoria Moreno Arribas Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Ana María Rivas Velasco Universidad de Granada
Araceli Díaz Perales Universidad Politécnica de Madrid	Isabel Hernando Hernando Universitat Politècnica de València	Silvia Pichardo Sánchez Universidad de Sevilla	Gloria Sánchez Moragas Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Pablo Fernández Escámez Universidad Politécnica de Cartagena	Esther López García Universidad Autónoma de Madrid	María del Puy Portillo Baquedano Universidad del País Vasco	Antonio Valero Díaz Universidad de Córdoba

Secretario técnico

Vicente Calderón Pascual

Gestión técnica del informe AESAN: Paula Arrabal Durán

Resumen

El Reglamento (CE) N° 852/2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios, establece que los operadores de empresas alimentarias son los principales responsables de la seguridad alimentaria. Además, estipula que los alimentos que no puedan almacenarse con seguridad a temperatura ambiente mantendrán una cadena de frío, siendo necesario establecer unos requisitos relativos a la temperatura basados en una evaluación científica de los riesgos. No obstante, se permitirán períodos limitados no sometidos al control de temperatura por necesidades prácticas de manipulación, siempre que ello no

suponga un riesgo para la salud. Por su parte, el Reglamento (CE) N° 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios, establece unos determinados criterios de seguridad y de higiene para frutas y hortalizas troceadas. Sin embargo, en la normativa europea no se establecen condiciones específicas de temperatura de conservación para estas frutas y hortalizas cortadas. En este sentido, la obligación de refrigeración puede presentar dificultades prácticas en el caso de las frutas voluminosas como, por ejemplo, melón, sandía, piña y papaya. El Comité Científico ha evaluado si es posible mantener a temperatura ambiente estas frutas voluminosas cortadas por la mitad en establecimientos de comercio al por menor durante un tiempo limitado, garantizando la seguridad de los consumidores. Para ello, han sido revisados, para cada una de las cuatro frutas, los factores asociados a la presencia y crecimiento de peligros biológicos, así como los estudios publicados sobre prevalencia de patógenos, alertas y brotes de toxiinfección alimentaria, estudios de desafío y estudios basados en modelos de microbiología predictiva. En base a la información disponible, se concluye que el almacenamiento a temperatura ambiente del melón, sandía, papaya y piña cortadas por la mitad puede suponer un riesgo sanitario ya que las condiciones fisicoquímicas son compatibles con el crecimiento de patógenos de transmisión alimentaria, como son *Salmonella* spp., *Escherichia coli* verotoxigénico o *Listeria monocytogenes*. El melón, sandía y papaya toleran el crecimiento de patógenos, mientras que la piña no permite dicho crecimiento, debido fundamentalmente a los niveles más bajos de pH. A pesar de lo anterior, el almacenamiento de la fruta cortada por la mitad a temperatura ambiente durante tiempos cortos no parece tener una influencia significativa sobre el desarrollo de patógenos de transmisión alimentaria, siempre que se acompañe de una refrigeración inmediata posterior y que el producto se consuma en un tiempo suficientemente corto. Por tanto, se pueden admitir temperaturas <25 °C durante un tiempo <3 horas en un lugar suficientemente ventilado y preservado de luz solar, seguido de un almacenamiento continuo en refrigeración a temperaturas <5 °C (en el caso de la piña, dichas condiciones se podrían reevaluar). Asimismo, se recomienda descartar para el corte las frutas con un excesivo grado de madurez, o que presenten heridas o hendiduras en su superficie. Por último, se recomienda que los establecimientos del sector sigan unas escrupulosas prácticas higiénicas, que controlen las condiciones de exposición y de conservación y que establezcan las medidas necesarias para prevenir una posible contaminación cruzada.

Palabras clave

Fruta cortada, conservación, melón, sandía, piña, papaya, microbiología predictiva, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the conservation conditions of halved fruits in retail establishments

Abstract

Regulation (EC) No. 852/2004 on the hygiene of foodstuffs, provides that food business operators

are primarily responsible for food safety. In addition, it stipulates that food that cannot be stored safely at ambient temperatures shall maintain a cold chain and temperature requirements should be established based on a scientific risk assessment. However, limited periods outside temperature control are permitted, to accommodate the practicalities of handling, provided that it does not result in a risk to health. Regulation (EC) No. 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs lays down certain safety and hygiene criteria for pre-cut fruit and vegetables. However, European legislation does not lay down specific storage temperature conditions for these pre-cut fruit and vegetables. In this regard, the obligation to refrigerate may present practical difficulties in the case of bulky fruit such as melon, watermelon, pineapple and papaya. The Scientific Committee has assessed whether it is possible to keep these bulky fruit halved in retail establishments at ambient temperature for a limited period of time, ensuring consumer safety. To this end, the factors associated with the presence and growth of biological hazards, as well as the published studies on pathogen prevalence, alerts and outbreaks of foodborne diseases, challenge studies and studies based on predictive microbiology models have been reviewed for each of the four fruits. Based on the available information, it is concluded that halved melon, watermelon, pineapple and papaya stored at ambient temperature may pose a health risk because the physico-chemical conditions are compatible with the growth of foodborne pathogens, such as *Salmonella* spp., verotoxigenic *Escherichia coli* or *Listeria monocytogenes*. Melon, watermelon and papaya tolerate the growth of pathogens, while pineapple does not allow such growth, mainly due to lower pH levels. Despite the above, the storage of halved fruit at ambient temperature for short periods does not seem to have a significant influence on the development of foodborne pathogens, provided that it is accompanied by immediate subsequent cooling and that the product is consumed in a sufficiently short time. Therefore, temperatures <25 °C can be accepted for a time of <3 hours in a sufficiently ventilated and preserved of sunlight place, followed by continuous refrigeration storage at temperatures <5 °C (in the case of pineapple, such conditions could be reevaluated). It is also recommended that fruits with an excessive degree of maturity, or with wounds or clefts on their surface, should be excluded for cutting. Finally, it is recommended that establishments in the sector follow scrupulous hygienic practices, monitor exposure and conservation conditions and put in place the necessary measures to prevent possible cross-contamination.

Key words

Halved fruit, conservation, melon, watermelon, pineapple, papaya, predictive microbiology, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*.

Cita sugerida

Comité Científico AESAN. (Grupo de Trabajo) Valero, A., Alonso, A., Fernández, P., Franco, C.M., Marín, S. y Sánchez, G. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las condiciones de conservación de frutas cortadas por la mitad en establecimientos de comercio al por menor. *Revista del Comité Científico*, 2022, 35, pp: 115-138.

1. Introducción

A nivel de la legislación europea sobre seguridad e higiene de los alimentos, el Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria (UE, 2002) recoge, en su artículo 17 sobre responsabilidades, que los explotadores de empresas alimentarias y de empresas de piensos se asegurarán, en todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución que tienen lugar en las empresas bajo su control, de que los alimentos o los piensos cumplen los requisitos de la legislación alimentaria pertinentes a los efectos de sus actividades y verificarán que se cumplen dichos requisitos.

Por su parte, el 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 (UE, 2004), recoge en su artículo 1, entre otras, varias cuestiones:

- Los operadores de empresas alimentarias son los principales responsables de la seguridad alimentaria. Los operadores garantizarán la seguridad alimentaria a lo largo de la cadena alimentaria, empezando en la producción primaria.
- Los alimentos que no puedan almacenarse con seguridad a temperatura ambiente, en particular los alimentos congelados, mantendrán una cadena de frío.
- Es necesario establecer criterios microbiológicos y requisitos relativos a la temperatura basados en una evaluación científica de los riesgos.

Además, el capítulo IX del anexo II de dicho Reglamento recoge que las materias primas, ingredientes, productos semiacabados y productos acabados que puedan contribuir a la multiplicación de microorganismos patógenos o a la formación de toxinas no deberán conservarse a temperaturas que puedan dar lugar a riesgos para la salud y, además, no deberá interrumpirse la cadena de frío. No obstante, se permitirán períodos limitados no sometidos al control de temperatura por necesidades prácticas de manipulación durante la preparación, transporte, almacenamiento, presentación y entrega de los productos alimenticios, siempre que ello no suponga un riesgo para la salud (UE, 2004).

Por su parte, el Reglamento (CE) N° 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios (UE, 2005) establece los siguientes criterios:

- Criterios de seguridad para frutas y hortalizas troceadas (listas para el consumo) durante su vida útil:
 - *Listeria monocytogenes* ≤ 100 UFC/g.
 - *Salmonella* no detectada en 25 g.
- Criterio de higiene para frutas y hortalizas troceadas (listas para el consumo) durante el proceso de elaboración: *Escherichia coli* $n=5$, $c=2$, $m=100$ UFC/g, $M=1000$ UFC/g, donde n es el número de unidades que componen la muestra y c es el número de unidades de muestreo que dan valores entre m y M .

Sin embargo, en la normativa europea no se establecen condiciones específicas de temperatura de conservación para las frutas y hortalizas cortadas.

El *Codex Alimentarius* incluye diversos Códigos de Prácticas Higiénicas y Normas en relación con las frutas frescas, siendo los más destacados el Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003) (Codex Alimentarius, 2003) y el Código Internacional de Recomendado de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995) (Codex Alimentarius, 1995). Como Normas tenemos la de la piña (Codex Alimentarius, 1993a) y la de la papaya (Codex Alimentarius, 1993b). Dado que la piña y la papaya son frutas tropicales o subtropicales, estos Códigos y Normas presentan evidente interés (en particular en el mercado internacional).

Actualmente, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) está elaborando un proyecto de Real Decreto 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, que pretende, entre otras cuestiones, regular las condiciones de conservación de vegetales y frutas cortadas en dichos establecimientos y que se venden directamente al consumidor final.

La obligación de refrigerar vegetales o frutas cortadas o peladas o zumos no pasteurizados listos para su consumo y elaborados en el comercio al por menor a una temperatura inferior o igual a 4 °C puede presentar dificultades prácticas en el caso de la conservación de frutas voluminosas como melones, sandías u otras, cortadas por la mitad. Por ello, se ha solicitado al Comité Científico de la AESAN un informe en el que se determine si es posible mantener a temperatura ambiente frutas voluminosas (en concreto, melón, sandía, piña y papaya) cortadas por la mitad en establecimientos de comercio al por menor durante un tiempo limitado, así como almacenarlas al final de la jornada en cámaras de refrigeración, garantizando la seguridad de los consumidores, indicando asimismo cualquier otra consideración que sea necesaria.

2. Breve descripción de las características de cada tipo de fruta y principales variedades. Datos de producción y consumo

La continua promoción de dietas saludables junto con los cambios en los hábitos alimentarios en la población ha hecho incrementar en los últimos años el consumo de frutas y hortalizas. España sigue siendo el primer proveedor de frutas y hortalizas de la Unión Europea, con aproximadamente el 30 % del total comercializado en 2019. El melón y la sandía, pertenecientes a la familia de las cucurbitáceas, junto con la fresa, suponen las frutas más extendidas en España, suponiendo su producción alrededor de un 40 % de la producción total de fruta dulce (Mercasa, 2020).

El melón o *Cucumis melo* L. es el fruto de la melonera, y presenta una forma redondeada u ovalada, con cáscara lisa o reticulada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmónada o verdosa. Existen cientos de variedades de melón, que se reconocen según su forma, color, sabor, lugar de origen y mejoras genéticas. Las más conocidas y consumidas en España son Futuro, Categoría, Piel de sapo, *Tendral*, *Honey Dew*, *Galia*, *Charentais* y *Cantaloupe* (MAPA, 2021a).

Por otro lado, la sandía o *Citrullus lanatus* L. es el fruto de la sandiera que da origen a un fruto de gran tamaño, en pepónide, carnoso y jugoso (>90 % de contenido en agua) con numerosas semillas,

casi esférico, verdoso, pulpa de color rosado o rojo, y generalmente de sabor dulce (más raramente amarilla y amarga). Aunque existen más de 50 variedades de sandías, genéticamente se distinguen dos grandes grupos: sandías diploides, las cuales producen semillas negras o marrones de consistencia leñosa y que son las cultivadas tradicionalmente, y sandías triploides o sin semillas, las cuales presentan una corteza con rayas verdes y amarillas, y semillas de color blanco de consistencia no leñosa (MAPA, 2021b).

Ambos tipos de frutas son ampliamente consumidas en España (7,8 y 8,1 kg de consumo per cápita en el hogar en 2019) debido a su alto contenido en agua y baja proporción de azúcares (6 %), así como a sus apreciadas características organolépticas. En España, la producción de sandía es de 1,2 millones de toneladas, mientras que la de melón es aproximadamente un 50 % inferior (641 500 toneladas) (Mercasa, 2020).

Paralelamente, en España se van afianzando otros cultivos de frutas subtropicales como la papaya y la piña debido a su amplia demanda en el mercado.

La piña o ananá (*Ananas sativus*) es una planta de la familia de las bromeliáceas. Se trata de un fruto compuesto (formado por la unión de los frutos de varias flores alrededor de un eje carnoso), de gran tamaño, con cáscara gruesa y dura, con escamas de color marrón y que tiene en uno de sus extremos un conjunto muy vistoso de hojas verdes. Su pulpa es amarillenta, aromática y dulce con tintes ácidos. Se conocen tres variedades botánicas de piña tropical: *Sativus* (sin semillas), *Comosus* (forma semillas capaces de germinar) y *Lucidus* (permite una recolección más fácil porque sus hojas no poseen espinas). En caso de que la maduración en la planta se haya llevado a cabo de forma correcta, el contenido medio de hidratos de carbono oscila en torno a un 11 % (MAPA, 2021c). La producción de piña dio paso a unas exportaciones superiores a las 36 522 Tm en 2019, con un consumo per cápita en España de 1,9 kg (Mercasa, 2020).

Finalmente, la papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta tropical de alto valor nutritivo (principalmente rica en vitaminas A y C) que pertenece a la familia caricáceas y es la tercera más producida en España por detrás del mango y la piña. La papaya presenta forma de pera y su color varía en función del grado de madurez, desde tonos verdes a amarillo-anaranjados. En España se cultivan distintas variedades, siendo la predominante una variedad híbrida procedente de Méjico y conocida como *Intenza*. Otras variedades existentes son *Siluet*, *Sweet Sense*, *Tainung*, *BH-65* y *Caballero* (Hueso et al., 2019). Como zonas productoras en España destacan las Islas Canarias, y cada vez más las costas peninsulares del sur de España (Málaga, Granada, Almería y Murcia) donde se está desarrollando de manera novedosa el cultivo de papaya bajo invernadero, al cual se destinan unas 575 hectáreas (Mercasa, 2020). El crecimiento de la superficie de papaya en España se ha producido, por una parte, por la necesidad de buscar alternativas que contribuyan a diversificar nuestra producción agrícola e incrementar la oferta de productos a la Unión Europea y, por otra parte, por el creciente consumo que están experimentando los frutos tropicales y los excelentes resultados obtenidos con la introducción de nuevas variedades híbridas de papaya más productivas en las condiciones climatológicas de España (Almodóvar et al., 2014) (Galán, 2014).

Los productos objeto de estudio en el presente informe se corresponden con sandías, melones, piñas y papayas dispuestas de forma habitual para la venta al público cortadas por la mitad.

3. Factores asociados a la presencia y crecimiento de peligros biológicos en melón, sandía, piña y papaya

Debido a sus características fisicoquímicas, la parte interna de las frutas melón, sandía, piña y papaya puede presentar contaminación microbiana si las condiciones de cultivo, procesado y almacenamiento no están suficientemente controladas.

En 2014, el *Panel on Biological Hazards* (BIOHAZ) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) emitió una opinión sobre el riesgo asociado a patógenos en frutos comestibles de la familia de las cucurbitáceas, dulces y generalmente grandes, con semillas múltiples, incluyendo melones y sandías (EFSA, 2014). En dicho informe se identificaron algunos de los factores principales asociados a la seguridad alimentaria de estos productos. En producción primaria influyen factores ambientales, en particular la proximidad a las operaciones de cría de animales y las condiciones climáticas (por ejemplo, lluvias intensas) que aumentan la transferencia de patógenos desde sus reservorios a las plantas de melón y sandía o el acceso de animales a las zonas de cultivo. Por otra parte, también constituyen fuentes de contaminación factores como el uso de abonado orgánico no tratado o tratado insuficientemente o el uso de agua contaminada, ya sea para riego o para la aplicación de productos químicos agrícolas como plaguicidas, y la contaminación o contaminación cruzada por recolectores, manipuladores de alimentos y equipo en la cosecha o postcosecha. Finalmente, los daños mecánicos durante la cosecha y posterior manipulación suponen también un riesgo, siendo la higiene del agua de lavado y la temperatura de esta los factores que favorecen la contaminación cruzada más importantes.

La proliferación de patógenos bacterianos puede suceder como consecuencia de los retrasos en el enfriamiento del melón y la sandía desde la temperatura ambiente (20-35 °C) hasta las temperaturas recomendadas entre 10 y 14 °C, cuando las cáscaras están mojadas por las operaciones de enfriamiento o por el rocío, pueden permitir la multiplicación de patógenos transmitidos por los alimentos en la superficie de la cáscara. Las porciones comestibles de la pulpa del melón y la sandía pueden contaminarse en el proceso de corte o remoción de la cáscara porque la hoja del cuchillo puede esparcir la contaminación microbiana de la cáscara exterior del fruto a las porciones comestibles internas. Finalmente, la refrigeración adecuada en los puntos finales de venta es determinante para frenar la multiplicación bacteriana, puesto que el pH es favorable, de 5,10 a 6,70 para que la misma se produzca.

En cuanto a los peligros de origen vírico, los melones, sandías y las piñas pueden representar un riesgo potencial de contaminación por virus entéricos, en especial norovirus, ya que se cultivan en el suelo y su superficie podría potencialmente contaminarse con virus a través de aguas de riego contaminadas (FSA, 2019). La contaminación por norovirus en la superficie de estos productos puede introducirse en la pulpa de la fruta durante la manipulación y el corte. En el caso de las papayas, el riesgo es menor ya que crecen en los árboles y, por lo tanto, tienen menos probabilidades de contaminarse con norovirus a menos que sea durante su manipulación o procesado.

Por último, en relación con la posible presencia de micotoxinas, no existen estudios que refieran su presencia de forma natural en frutas como el melón, la sandía o la papaya. En el caso de la piña, un trabajo señaló la presencia de fumonisinas en el zumo y la piel de la piña (Stepień et al., 2013).

Sin embargo, sí que existen evidencias de la presencia de aflatoxinas en semillas de melón y sandía consumidas como tales (Iqbal et al., 2018), y dicha presencia generó un total de 10 notificaciones en el RASFF (*Rapid Alert System for Food and Feed*) durante 2021 (RASFF, 2021).

En base a la literatura científica, los principales factores intrínsecos que influyen sobre el posible crecimiento de patógenos durante el almacenamiento de estos productos son tradicionalmente el pH, la actividad de agua, el contenido en azúcares totales o grados Brix (°Brix), y el porcentaje de acidez, entre otros. La variedad en la composición a nivel fisicoquímico estará marcada por el grado de madurez del producto, siendo este un factor importante que influye sobre la alteración en condiciones de almacenamiento (Singh et al., 2021). Asimismo, como factores extrínsecos se encuentran las condiciones de envasado en el caso de los productos cortados y, sobre todo, la temperatura y tiempo de almacenamiento.

En relación con los factores intrínsecos, los productos objeto de estudio presentan en general un contenido en agua >90 % y un pH interno variable dependiendo del tipo de fruta y variedad. En líneas generales, valores de pH ácido suelen afectar al crecimiento y supervivencia de patógenos de transmisión alimentaria. En el caso de los melones, puede oscilar entre 5,78 y 6,67 para las variedades *Cantaloupe*, *Honey Dew*, *Cassava*, o melón Persa; y para el caso de la sandía, el pH puede oscilar entre 5,18-5,60 (EFSA, 2014). En el caso de la piña, pueden encontrarse niveles de pH más ácidos (3,2-4,0) (Ma et al., 2016), mientras que la papaya se considera un producto de baja acidez, con valores de pH superiores a 4,60 (Penteado y Leitao, 2004).

Otros factores asociados al posible crecimiento de patógenos los constituyen los fenómenos de formación de biopelículas en superficies de trabajo y su transferencia al producto. Abeyundara et al. (2017) estudiaron el crecimiento y formación de biopelículas de *L. monocytogenes* sobre pulpa de melón variedad *Cantaloupe* en varias superficies de trabajo. Las conclusiones obtenidas fueron que la formación de biopelículas y transferencia desde superficies de caucho, polipropileno o poliuretano se ven favorecidas a altos niveles de contaminación y altas temperaturas. Durante la manipulación en punto de venta, la posible transferencia de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en la corteza de las frutas hacia el interior de las mismas durante el proceso de cortado constituye una fuente de contaminación en estos productos. Especialmente, el corte a partir de frutas contaminadas en su parte externa, junto con la utilización de equipos y/o utensilios contaminados, condiciones de manipulación deficientes, presencia de heridas en la corteza de las frutas o contaminación cruzada debido a la mezcla con otras frutas, son los factores más frecuentemente asociados a la aparición de brotes de toxiinfección alimentaria (Bowen et al., 2006) (Hanning et al., 2009). En este sentido, Ukuku y Fett (2002) estudiaron el comportamiento de *L. monocytogenes* inoculada en la superficie de la corteza de melones variedad *Cantaloupe* así como la eficiencia de tratamientos de lavado y desinfección con objeto de reducir la transferencia microbiana desde la parte externa hacia el interior de la pieza. A pesar de que a 4 °C no hubo crecimiento del microorganismo, *L. monocytogenes* fue capaz de sobrevivir durante tiempos prolongados de almacenamiento (15 días), presentando un crecimiento evidente a temperaturas de 8 y 20 °C. No obstante, la competición con la microbiota presente en estas frutas tiene una importante influencia sobre el desarrollo de patógenos (Carlin et al., 1996) relacionada con la disponibilidad de nutrientes. A modo de ejemplo, se puede

decir que una concentración elevada de microorganismos presentes de forma natural en el producto puede retrasar la fase exponencial y disminuir el crecimiento de *L. monocytogenes* (Koseki, 2015).

4. Principales patógenos asociados a la contaminación de melones, sandías, piñas y papayas. Estudios de prevalencia publicados

Los patógenos más prevalentes en las frutas melón, sandía, piña y papaya son bacterias que contaminan el producto durante la producción primaria o por contaminación cruzada, y que poseen potencial para crecer durante la postcosecha. Entre ellas, *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *Bacillus cereus* y *E. coli* son las más prevalentes, como se describe a continuación.

La bibliografía más reciente sobre presencia de bacterias patógenas en frutas frescas como las que son objeto del presente informe muestra resultados relativamente variables dependiendo del país o región en la que se llevan a cabo. De este modo, podemos señalar algunos trabajos como el de John et al. (2017), quienes reportaron una presencia de un 75 % de muestras contaminadas con *Salmonella* en un pequeño número de muestras de sandía y de papaya compradas en Nigeria lo cual pone de manifiesto la alta posibilidad de contaminación por este patógeno, si bien ninguna estaba contaminada con *Listeria*. Valores altos de presencia de *Salmonella* similares a los de John et al. (2017) son señalados en otros países como Filipinas, encontrándose hasta un 33 % de incidencia (Piano y Castillo-Israel, 2019). Jang et al. (2021) estudiaron en Corea del Sur, en cortes de frutas frescas (incluyendo piña, sandía y melón), entre otros peligros, *E. coli* (incluyendo también *E. coli* O157:H7), *Staphylococcus aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. y *B. cereus*.

En 2018, un estudio en melón variedad *Cantaloupe* comercializado en Estados Unidos, en el que se analizaron 1075 muestras, mostró una prevalencia de *Salmonella* del 0,19 % (0,02-0,67 %) y una prevalencia de *L. monocytogenes* del 0 % (0-0,34 %) (Zhang et al., 2018). Un estudio reciente en Canadá no detectó presencia de *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Shigella* ni *Campylobacter* en ninguna de las 1788 muestras analizadas de melones, sandías o papayas cortadas y presentadas en los puntos de venta en refrigeración. Sin embargo, sí que se detectó *L. monocytogenes* con una prevalencia de 0,62 % (0,34-1,10 %). Los datos específicos para melón variedad *Cantaloupe*, sandía, melón verde y papaya fueron: 0,72 % (0,31-1,66 %), 15 % (0,03-0,86 %), 1 % (0,39-2,54 %) y 3,03 % (0,54-15,32 %) (Zhang et al., 2020).

En otros países no pertenecientes a la Unión Europea existen algunas publicaciones referentes a *Salmonella*, mostrando una prevalencia mediana de los diferentes estudios de 0,5-0,8 %, siendo el máximo porcentaje de muestras contaminadas un 55 % en un estudio en Méjico. La mayoría de los datos existentes corresponden a melones (particularmente de América del Norte y Central). Algunos de los estudios muestran el resultado del muestreo de la superficie de melones, que, a diferencia de otros alimentos de origen no animal (*Food of Non-Animal Origin*, FoNAO) (por ejemplo, bayas y tomates), no es consumida, aunque puede originar un riesgo de contaminación cruzada de las partes comestibles internas durante el corte o por daños en el fruto (EFSA, 2014).

Por otro lado, en los Estados miembros de la Unión Europea no existe un seguimiento de rutina para detectar la presencia de *Salmonella*, y hay pocos datos a nivel de publicaciones científicas. Los estudios disponibles sobre la presencia y niveles de bacterias entéricas como *E. coli* en melones y sandías son igualmente limitados (EFSA, 2014).

En 2018 se publicó un estudio en Alemania en el cual se evaluó la contaminación microbiana de la corteza y la pulpa de 147 melones provenientes del comercio internacional (Esteban-Cuesta et al., 2018). En la corteza se encontraron *Salmonella* spp., *E. coli* y aislados del grupo *B. cereus* (1,4 %, 0,7 % y 42,9 %, respectivamente) y en la pulpa (0,7 %, 1,4 % y 4,7 %, respectivamente). Se aisló *Clostridium perfringens* de la cáscara de 7 melones, mientras que no se detectó en ningún caso *L. monocytogenes*. Se concluyó que los melones que ya han sido cortados, ya sea en mitades o en trozos más pequeños, siempre deben almacenarse refrigerados a temperaturas de 4 °C o inferiores para evitar el crecimiento de microorganismos patógenos en la etapa de venta minorista (Esteban-Cuesta et al., 2018).

Graça et al. (2017) estudiaron la calidad microbiológica de 160 muestras de frutas (incluyendo piña, melón, sandía y papaya) mínimamente procesadas en el sur de Portugal, incluyendo, además del estudio de los recuentos de varios indicadores microbianos, la investigación de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella*, sin haber encontrado estos patógenos en ninguna de las muestras.

En España, el Informe de Análisis de Datos de Zoonosis de la AESAN de 2019 (AESAN, 2019), en el cual se presentan los resultados analíticos de las muestras tomadas durante 2019 por las comunidades autónomas, reportaba que hubo un total de 2 positivos en 385 muestras analizadas (es decir, el 0,52 %) para el caso de *L. monocytogenes*. En el caso de *Salmonella*, fueron detectados 10 positivos sobre 387 muestras (2,58 %). Para *E. coli* VTEC o *Campylobacter*, si bien el número de muestras analizadas fue netamente inferior, no se hallaron muestras de frutas positivas.

Los anteriores estudios demuestran que la contaminación de la pulpa de estas frutas con microorganismos oportunistas y patógenos transmitidos por los alimentos es posible, no siendo solo la corteza la que presenta un riesgo de infección por numerosos microorganismos, sino que también la pulpa puede estar contaminada, y ponen de manifiesto la necesidad de controlar su crecimiento posterior.

5. Alertas y brotes de toxiinfección alimentaria asociados a melón, sandía, papaya y piña

5.1 Informes RASFF (*Rapid Alert System for Food and Feed*) y CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*)

En el RASFF no se ha producido ninguna alerta asociada a melón, sandía, piña o papaya en los últimos años. Tan solo se ha identificado una alerta asociada a semillas de melón contaminadas por *Salmonella* (RASFF, 2022).

El ECDC (*European Centre for Disease Prevention and Control*) y la EFSA publicaron en 2021 una evaluación rápida de 1 brote de toxiinfección causada por *S. Braenderup* ST22. Se vinculó supuestamente a melones *Galía* importados de fuera de la Unión Europea. Se produjeron un total de 348 casos confirmados, con 68 hospitalizaciones y ningún fallecido (ECDC/EFSA, 2021).

Por su parte, el CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) informó en 2018 y 2019 de 2 brotes de toxiinfección causados por *S. Adelaide* y por *S. Carrau* respectivamente, asociados al consumo de melón precortado (CDC, 2018, 2019). Hubo un total de 77 casos con 36 hospitalizaciones en el de 2018 (CDC, 2018) y de 137 casos, con 38 hospitalizaciones en el de 2019 (CDC, 2019). Se investigaron mediante evidencias epidemiológicas y de trazabilidad.

En 2017, el CDC también notificó 2 brotes por *Salmonella* en Estados Unidos asociados al consumo

de papaya (frutos enteros) (CDC, 2017a, 2017b). En uno de ellos se produjeron 220 casos, con 68 hospitalizaciones y 1 muerte, debidas a las cepas asociadas al brote en 23 Estados distintos, que fueron: *S. Thompson* (144 casos), *S. Kiambu* (54), *S. Agona* (12), *S. Gaminara* (7), o *S. Senftenberg* (3) (CDC, 2017a). En un segundo brote, asociado a *S. Anatum*, se produjeron 20 casos, 5 hospitalizaciones y 1 muerte (CDC, 2017b). Se identificaron cepas presentes en frutos de papaya que coincidieron con las de personas enfermas por secuenciación del genoma completo (*Whole Genome Sequencing*, WGS).

También se identificó 1 brote causado por *L. monocytogenes* en 2011, asociado al consumo de melones variedad *Cantaloupe* comercializados enteros, dando lugar a 147 casos, con 143 hospitalizaciones y 33 muertes (CDC, 2011).

5.2 Literatura científica

En Europa se produjo 1 brote causado por *S. Newport* que afectó a Reino Unido, Irlanda y Alemania en 2011. Se confirmaron 63 casos causados por esta cepa. En un análisis realizado en Reino Unido, se identificó la misma cepa de *S. Newport* en sandía lista para su consumo, que procedía de Brasil, lo que se confirmó por WGS. Un total de 27 de 47 casos confirmados confirmaron haber consumido sandía (Byrne et al., 2014).

En 2014 se publicó un estudio de Estados Unidos, utilizando los datos de la CDC sobre brotes de transmisión alimentaria durante 1973 hasta 2011. En ese periodo se describieron 34 brotes debido al consumo de melón, siendo *Salmonella* el principal patógeno asociado (56 %) seguido de norovirus, responsable de un 15 % de los brotes (Walsh et al., 2014).

En Brasil se publicaron en 2014 los brotes de toxiinfección alimentaria asociados con frutas y productos vegetales, y se describe 1 brote asociado a sandía/col, si bien no se estableció el agente etiológico (Eliás et al., 2018).

En 2019 se publicó un trabajo que analizaba de forma detallada los brotes de toxi-infección por *Salmonella* en Estados Unidos debidos a papayas importadas en 2017, mencionados en la sección anterior y en el que aparece la información actualizada una vez finalizada la investigación de los mismos. Se puso de manifiesto que se trató de 4 brotes que afectaron a varios Estados y se realizaron test en papayas de distintos productores de Méjico. Se determinó que se produjeron un total de 4 brotes y se identificaron distintas cepas de *Salmonella* en 4 granjas productoras. El estudio permitió establecer la fuente de los brotes y prevenir la aparición de nuevos casos (Hassan et al., 2019).

6. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la seguridad microbiológica de melón, sandía, papaya y piña cortados

Por lo descrito en los anteriores apartados, es evidente que la alteración de las frutas objeto de estudio está influenciada por una serie de factores ambientales intrínsecos, extrínsecos y de procesado los cuales son relevantes para la determinación de la vida útil de estos productos.

Una de las herramientas para el cálculo de lo que se denomina vida útil segura reside en la determinación del potencial de crecimiento (δ) de los principales patógenos de transmisión alimentaria el cual se define como la diferencia en términos logarítmicos entre los niveles de contaminación al final del almacenamiento y al inicio del mismo. La determinación de dicho potencial de crecimiento

está basada en la realización de estudios de desafío o *challenge tests* (Behrsing et al., 2003) (Abadías et al., 2012) (Fajar Falah et al., 2015). En estos estudios se combina la información procedente del posible crecimiento microbiano con la evolución de ciertos factores fisicoquímicos para el cálculo de la vida útil, considerando asimismo la aparición de alteraciones en la calidad del producto. Debido a que las condiciones de pH y actividad de agua (a_w) pueden permitir el crecimiento de patógenos, la seguridad alimentaria de este tipo de frutas cortadas por la mitad depende especialmente de las condiciones de almacenamiento en el punto de venta. La mayor parte de estudios de desafío realizados con patógenos entéricos se han centrado en la influencia de la temperatura, junto con otros factores como el tipo de producto, composición gaseosa o combinaciones de pH y a_w . Las conclusiones alcanzadas en dichos estudios se relacionan con que la temperatura es el factor limitante para permitir el desarrollo microbiano, aunque la velocidad de crecimiento de determinados patógenos depende de las características fisicoquímicas del producto, que a su vez pueden diferir en función de su grado de madurez, así como del lugar donde se desarrolla la contaminación (corteza, piel o pulpa).

La mayoría de los estudios encontrados en la bibliografía se refieren al melón cortado, especialmente perteneciente a las variedades *Cantaloupe* y *Honey Dew*, debido fundamentalmente a su asociación con brotes de toxiinfección alimentaria. Behrsing et al. (2003) comprobaron el comportamiento de *S. Salford*, *E. coli* y *Listeria innocua* tras el almacenamiento a varias condiciones de temperatura/tiempo de refrigeración (8-12 °C/1-7 días). Entre otros resultados, destacaron la importancia del nivel de inoculación en la capacidad de crecimiento de *L. innocua* durante el almacenamiento, ya que incluso los niveles más bajos de contaminación (10^3 UFC/g) se relacionaron con un crecimiento superior a 2 log UFC/g tras un almacenamiento de 7 días, mientras que *S. Salford* y *E. coli* no presentaron crecimiento. Este hecho indica que los recuentos encontrados en este tipo de productos, siendo habitualmente bajos, no permitirían el desarrollo de la población microbiana de *Salmonella* spp. y *E. coli* en refrigeración. Sin embargo, cabe destacar que un almacenamiento en refrigeración no impide el crecimiento de *Listeria* en melón cortado, dada su naturaleza psicrotrofa. Luciano et al. (2022) encontraron que el melón presentó el crecimiento más rápido de *L. monocytogenes* en comparación con otros tipos de frutas cortadas (mango y papaya) tanto a 4 como a 8 °C, incrementándose la población entre 0,78 y 1,19 log UFC/g tras 7 días de almacenamiento. A temperaturas de 16 °C, el incremento de los niveles de *L. monocytogenes* fue superior a 5 log UFC/g tras un almacenamiento de 10 días.

En el caso de las sandías, la composición fisicoquímica es similar a la del melón, teniendo en cuenta un mismo grado de madurez de ambos productos (pH: 5,50-5,87; °Brix: 10,25-11,25; acidez (%): 1,55-1,99; azúcares totales (%): 7,76-8,20), por lo que en un principio se podría pensar que el comportamiento microbiano se asemejaría en las condiciones de almacenamiento anteriormente mencionadas. Sin embargo, Penteadó y Leitao (2004) constataron que el crecimiento de *L. monocytogenes* en un rango de temperaturas de almacenamiento de entre 10 y 30 °C fue superior en melón con incrementos de entre 0,04-0,35 log UFC/hora, mientras que, para la sandía, dichos incrementos estuvieron comprendidos entre 0,02-0,30 log UFC/hora. La explicación a este hecho puede derivarse de otros factores no contemplados en estos estudios o las pequeñas variaciones en algunos parámetros fisicoquímicos que pueden dar lugar a un crecimiento microbiano superior en el caso del melón.

Existen algunos estudios donde se evalúa el crecimiento de patógenos entéricos en papaya cortada, considerada igualmente como fruta de baja acidez ($\text{pH} > 4,60$). Algunos estudios de desafío elaborados sobre esta fruta cortada, a pesar de ser más escasos que los realizados sobre melón, muestran un crecimiento de *L. monocytogenes* a temperaturas de refrigeración, aunque no es tan ostensible como en los otros dos tipos de frutas debido a su valor más bajo de pH. Penteado y Leitao (2004) encontraron que el microorganismo crece aproximadamente 1 log UFC/g en 4 horas a 30 °C, mientras que una reducción de la temperatura a 20 °C presenta un crecimiento 5 veces inferior. Sin embargo, Luciano et al. (2022) obtuvieron incrementos en papaya cortada de entre 0,78 y 1,19 log UFC/g durante el almacenamiento a 4 y 8 °C, aunque en este último estudio los valores de pH del fruto fueron superiores a 5,40, lo que produce un ambiente favorable para el crecimiento de *L. monocytogenes* (Colás-Medà et al., 2017). De hecho, Zhang et al. (2020) reportan una mayor prevalencia de patógenos de transmisión alimentaria en frutas con un $\text{pH} > 5$ (melón, sandía, papaya) en comparación con otras frutas más ácidas como la piña.

En referencia a la piña cortada, los estudios apuntan a una mayor acidez (6,18 g de ácido cítrico/l) y pH inferior (3,59) al resto de frutas, lo cual impide el desarrollo microbiano tanto a temperaturas de refrigeración como ambiente de patógenos como *E. coli* O157:H7 (Abadías et al., 2012). Asimismo, en las condiciones ensayadas, se produjo una mayor inactivación en las frutas envasadas en atmósfera modificada a temperatura de refrigeración, mientras que a temperatura ambiente la población microbiana se mantuvo constante. Este hecho se confirma en otros estudios, como el desarrollado por Huang et al. (2019) donde se obtuvo un descenso de las poblaciones de *L. monocytogenes* y *S. enterica* en piña cortada a temperaturas constantes de 8 y 12 °C durante 7 días de almacenamiento.

Otros estudios publicados evalúan el comportamiento en condiciones no isotermas simulando un escenario de almacenamiento a temperaturas de abuso seguido de una refrigeración posterior de la fruta cortada. Las conclusiones a las que apuntan los citados estudios se orientan hacia que el impacto de estas condiciones de abuso sobre el crecimiento de *Salmonella* spp. o *L. monocytogenes* está influenciado por el almacenamiento a temperaturas de refrigeración durante un tiempo prolongado tras la exposición a condiciones de abuso de tiempo y temperatura. En este sentido, Huang et al. (2019) ensayaron un almacenamiento a 35 °C durante 2 horas seguido de una refrigeración a 4 °C durante 7 días en melón cortado variedad *Cantaloupe* y *Honey Dew*, así como en sandía y piña cortadas. Los resultados mostraron un comportamiento similar para ambos patógenos al obtenido tras un almacenamiento isoterma a 4 °C durante 7 días, con un ligero crecimiento de *L. monocytogenes* al final del almacenamiento (<1 log UFC/g) y una supervivencia de *Salmonella* spp. a lo largo de dicho periodo. En un estudio similar, Ukuku y Sapers (2007) estudiaron el comportamiento de *Salmonella* spp. en melón (variedad *Cantaloupe* y *Honey Dew*) y sandía cortados durante el almacenamiento en refrigeración tras una exposición a 22 °C durante 5 horas. Si bien la refrigeración produjo un leve descenso de la población microbiana (1 log UFC/g), el almacenamiento durante un periodo superior a 3 horas a temperatura ambiente puede aumentar la proliferación de *Salmonella* spp. en este tipo de productos, comprometiendo pues, su seguridad. Por último, las oscilaciones de temperatura a lo largo de un periodo corto de tiempo producen un deterioro significativo de la calidad del producto manifestándose en pérdida de color, y reblandecimiento de la textura (Huang et al., 2015).

En cualquiera de los casos se asume, por tanto, que las características fisicoquímicas asociadas al melón, sandía y papaya (pH, acidez, contenido en azúcares, etc.) favorecen en mayor medida el crecimiento de patógenos de transmisión alimentaria, por lo que debe limitarse el tiempo de almacenamiento a temperaturas de abuso para garantizar su seguridad. En el caso de la piña cortada se ha demostrado que no existe información suficiente en la literatura científica que muestre un crecimiento de patógenos bacterianos de transmisión alimentaria durante el almacenamiento en punto de venta o a nivel doméstico. De los estudios realizados en condiciones no isotermas asumiendo distintos escenarios de abuso, se deduce que la exposición de estos productos durante un periodo superior a 3 horas a temperatura ambiente puede comprometer en gran medida su seguridad, recomendándose pues, que dicho periodo sea inferior y que siempre se acompañe de una refrigeración posterior a temperaturas inferiores a 5 °C, límite establecido igualmente por la FDA (*Food and Drug Administration*) para alimentos de origen vegetal (FDA, 2008).

7. Modelos de microbiología predictiva

En los últimos años se han publicado numerosos estudios basados en la utilización de modelos de predicción o microbiología predictiva, que permiten una estimación más precisa del comportamiento microbiano en función de una serie de factores ambientales en condiciones controladas (Pérez-Rodríguez y Valero, 2013). Los modelos predictivos constituyen pues, herramientas útiles para los operadores de la industria alimentaria, así como para la autoridad sanitaria a la hora de poder predecir la vida útil en condiciones razonablemente previsibles de almacenamiento y distribución.

Actualmente, existen una serie de guías y documentos técnicos para la realización de estudios de desafío y modelos predictivos en alimentos listos para el consumo principalmente enfocados a *L. monocytogenes* (Fang et al., 2013). En relación con las frutas y hortalizas, existen publicaciones referentes a estudios de microbiología predictiva en este tipo de productos, principalmente en melón y sandía (Danyluk et al., 2014) (Huang et al., 2019), y siendo más escasos en piña y papaya (Ma et al., 2016). En la Tabla 1, se resumen los principales estudios del comportamiento de patógenos de transmisión alimentaria en melón, sandía, piña y papaya basados en modelos predictivos.

Tabla 1. Modelos de microbiología predictiva disponibles para melón, sandía, papaya y piña cortados

Producto	Parte del producto	Factores	Patógeno(s)	Modelo utilizado	Referencia
Melón variedades <i>Cantaloupe</i> y <i>Honey Dew</i> , sandía	Corteza, pulpa	T °C (4-25)*	<i>L. monocytogenes</i>	Secundario: raíz cuadrada	Danyluk et al. (2014)
Melón variedad <i>Cantaloupe</i>	Pulpa	T °C (4-25)	<i>Salmonella</i> spp.	Secundario: raíz cuadrada	Li et al. (2013)

Tabla 1. Modelos de microbiología predictiva disponibles para melón, sandía, papaya y piña cortados

Producto	Parte del producto	Factores	Patógeno(s)	Modelo utilizado	Referencia
Papaya	Piel y pulpa	T °C (4-21), HR % (55-90)**, índice madurez % (0-75)	<i>Salmonella</i> spp.	Primario: Baranyi y Roberts/lineal	Singh et al. (2021)
Piña	Pulpa	T °C (4-28)	<i>Salmonella</i> spp.	Primario: Baranyi y Roberts; Secundario: raíz cuadrada	Ma et al. (2016)
Melón amarillo canario	Corteza, pulpa	T °C (5-35)	<i>S. enterica</i>	Primario: Baranyi y Roberts; Secundario: raíz cuadrada	Scolforo et al. (2017)
Melón, sandía y papaya	Pulpa	T °C (10-30)	<i>L. monocytogenes</i>	Primario: lineal	Penteado y Leitao (2004)
Melón variedad <i>Cantaloupe</i>	Pulpa	T °C (4-43)	<i>L. monocytogenes</i>	Primario: logístico; Secundario: modelo cardinal, Arrhenius	Fang et al. (2013)
Melón variedad <i>Cantaloupe</i>	Pulpa	T °C (5-25)	<i>L. monocytogenes</i>	Primario: Baranyi y Roberts	Salazar et al. (2017)
Melón variedades <i>Cantaloupe</i> y <i>Honey Dew</i> ; sandía; piña	Pulpa y extracto	T °C (4-12) + 35 °C/2 horas	<i>S. enterica</i> , <i>L. monocytogenes</i>	Primario: no determinado	Huang et al. (2019)

*T °C= temperatura en grados centígrados, **HR %= porcentaje de humedad relativa.

En la mayoría de los casos los modelos predictivos están basados en la consideración de la temperatura de almacenamiento como factor fundamental para el estudio del comportamiento microbiano. Otros factores tales como pH o a_w no se incluyen generalmente en los modelos ya que ambos factores presentan valores que son compatibles con el crecimiento microbiano (a excepción de la piña), no observándose una influencia significativa de los mismos bajo unas condiciones de madurez comercial.

La tipología de modelos que se recoge de forma más amplia en la bibliografía, son los de tipo raíz cuadrada, en un rango que abarca desde temperaturas de refrigeración hasta condiciones de tempe-

ratura ambiente. Este tipo de modelos asumen una relación lineal entre la raíz de la tasa máxima de crecimiento microbiana y la temperatura, en condiciones subóptimas de crecimiento. Además, incluyen un parámetro, denominado T_{min} , que se define como la temperatura mínima teórica por debajo de la cual no existiría crecimiento del microorganismo (Ratkowsky y Ross, 1995). Por tanto, estos modelos permiten realizar predicciones del comportamiento microbiano a distintas condiciones de tiempo y temperatura. En el caso de las frutas cortadas, existen modelos predictivos desarrollados sobre corteza, piel y pulpa tanto de melones, sandías, piñas y papayas. Para la estimación del posible crecimiento a lo largo del periodo de almacenamiento, se han tenido en cuenta aquellos modelos desarrollados en pulpa, ya que se corresponden con un escenario más desfavorable desde un punto de vista de seguridad alimentaria.

Uno de los estudios más completos se corresponde con el de Danyluk et al. (2014), donde evaluaron el comportamiento de *L. monocytogenes* en melones cortados de las variedades *Cantaloupe* y *Honey Dew*, junto con sandía, a diferentes temperaturas de almacenamiento (4-25 °C). Las predicciones generadas por el modelo en estas frutas cortadas para *L. monocytogenes* basadas en los incrementos en unidades logarítmicas frente al tiempo quedan representadas en la Figura 1. Se puede comprobar que el microorganismo es capaz de crecer 0,5 log en un tiempo inferior a 2 horas, independientemente de la temperatura de almacenamiento. A medida que aumenta la temperatura, el crecimiento es superior, ya que la población microbiana se incrementa durante 3 horas de almacenamiento en 1 log a 5,5 °C, y en 2 log, a 23,5 °C. Dada su capacidad de crecimiento a bajas temperaturas, los autores observaron un incremento de 4 log tras un almacenamiento a 5 °C durante 15 días. De igual forma, Fang et al. (2013) estudiaron el comportamiento de distintas cepas de *L. monocytogenes* inoculadas sobre melón *Cantaloupe*, observando crecimiento a temperaturas inferiores a 4 °C. Por tanto, se deduce que el almacenamiento en refrigeración no impide el crecimiento de *L. monocytogenes* en este tipo de productos (Salazar et al., 2017).

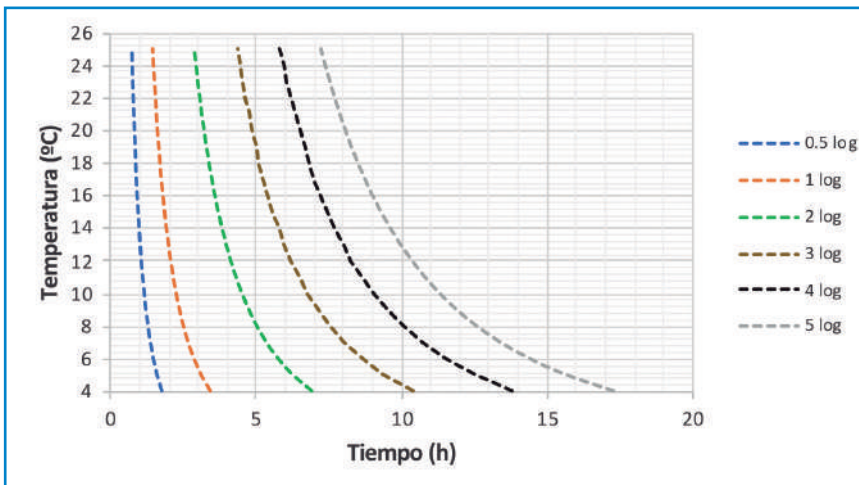


Figura 1. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre el incremento en unidades logarítmicas de *Listeria monocytogenes* en pulpa de melón y sandía cortados. Basado en las predicciones del modelo de Danyluk et al. (2014).

Sin embargo, como se ha descrito anteriormente en el informe, la mayor parte de las alertas notificadas para las frutas cortadas objeto de estudio están relacionadas con *Salmonella* spp. Este patógeno no puede crecer a temperaturas de refrigeración, aunque prolifera rápidamente en aquellos alimentos conservados a mayor temperatura, siempre y cuando las condiciones fisicoquímicas permitan su crecimiento. Li et al. (2013) publicaron un modelo tipo raíz cuadrada para *Salmonella* y *E. coli* O157:H7 considerando el mismo rango de temperatura y tipos de frutas que el estudio de Danyluk et al. (2014). Las predicciones del modelo para *Salmonella* spp., se muestran en la Figura 2. Se puede comprobar como a temperaturas <6 °C, *Salmonella* spp. no crece en este tipo de productos, mientras que un periodo de almacenamiento de 3 horas a 6,68 °C; 9,90 °C y 22,70 °C produce un incremento de la población de 0,5; 1 y 2 log, respectivamente. Scoloro et al. (2017) obtuvieron resultados similares en un estudio elaborado sobre melón amarillo canario, donde a temperaturas superiores a 20 °C, el crecimiento de *S. enterica* y *L. monocytogenes* fue entre 2-2,5 veces superior que a 15 °C, tanto en pulpa como en la corteza del fruto.

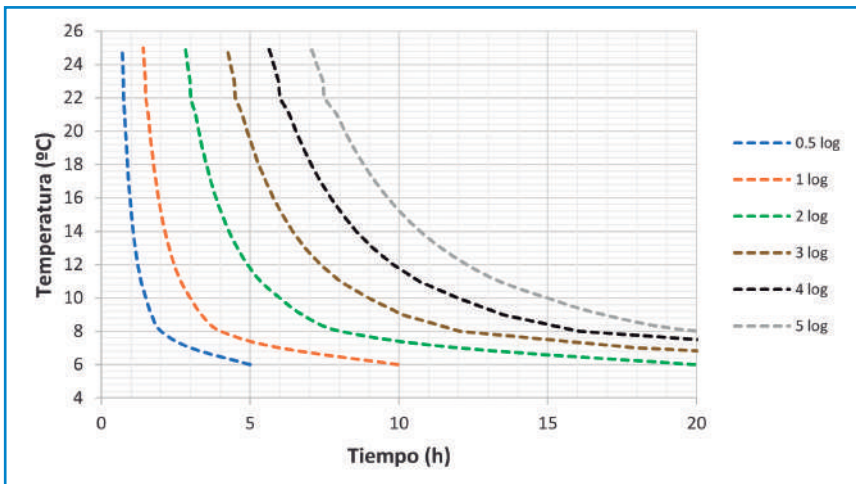


Figura 2. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre el incremento en unidades logarítmicas de *Salmonella* spp. en pulpa de melón y sandía cortados. Basado en las predicciones del modelo de Li et al. (2013).

Comparando la velocidad de crecimiento de *Salmonella* spp. y *L. monocytogenes* se observa que, en las condiciones de almacenamiento habituales para este tipo de frutas, *L. monocytogenes* crece más rápidamente, tal y como se observa en la Figura 3. No obstante, a temperatura ambiente (>20 °C), el crecimiento es muy similar, alcanzando ambas poblaciones niveles elevados en un tiempo relativamente corto, tal y como se ha comentado anteriormente.

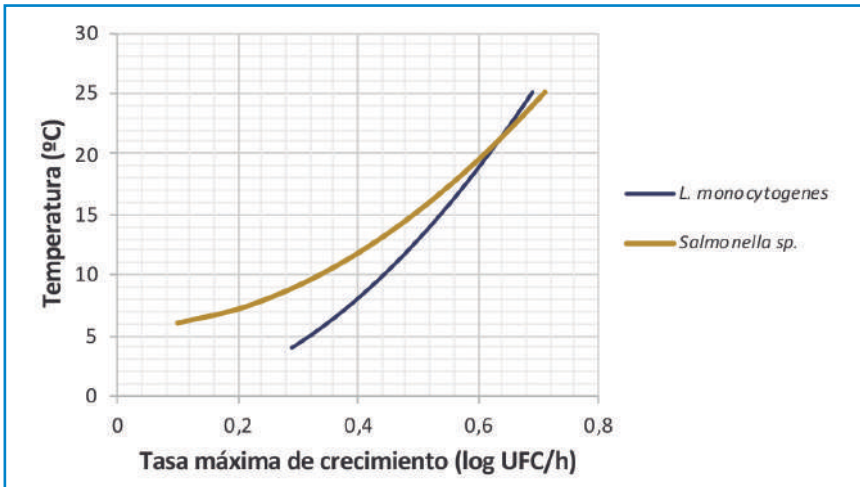


Figura 3. Relación entre la tasa máxima de crecimiento (log UFC/g) y la temperatura de almacenamiento para *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes* en pulpa de melón y sandía cortados. Basado en las predicciones de los modelos de Danyluk et al. (2014) y Li et al. (2013).

Otros factores no habitualmente considerados en los modelos predictivos son el índice de madurez de los frutos, o el contenido en azúcares o sólidos solubles totales. En el caso de algunos estudios elaborados en papaya cortada, se ha comprobado que el índice de madurez está directamente relacionado con el crecimiento de *Salmonella* spp. (Singh et al., 2021), tal y como se observa en la Figura 4. Dicho crecimiento se ve a su vez favorecido por el almacenamiento a temperaturas y condiciones de humedad relativa más elevadas.

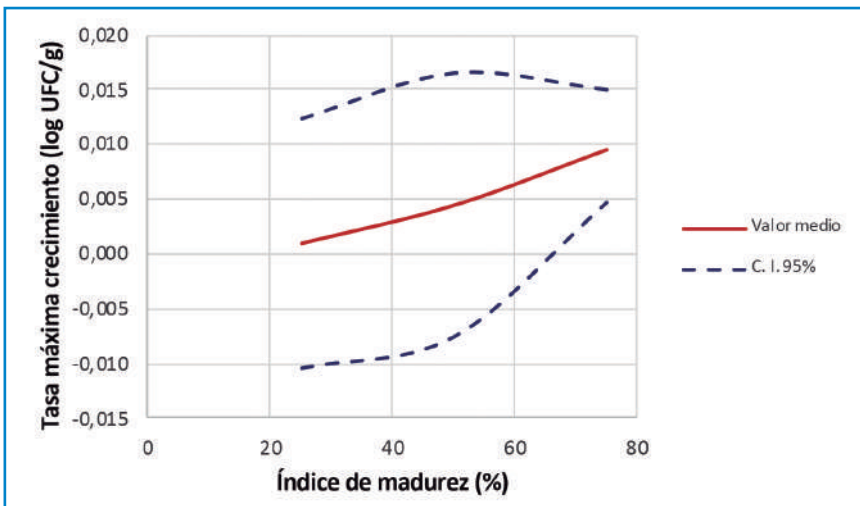


Figura 4. Relación entre la tasa máxima de crecimiento de *Salmonella* spp. y el índice de madurez de papaya cortada y almacenada a 21 °C/90 % de humedad relativa. Basado en los parámetros de tasa máxima de crecimiento procedentes del estudio de Singh et al. (2021).

De todos los estudios reportados en el presente informe, se desprende que los modelos predictivos estiman un crecimiento significativo de *L. monocytogenes* y *Salmonella* spp. en melón, sandía y papaya cortadas, mientras que en la piña cortada no se observaría un crecimiento a lo largo del almacenamiento. Sin embargo, hay que tener en cuenta algunas limitaciones que presentan los modelos predictivos a la hora de describir el comportamiento microbiano en estos productos.

En primer lugar, la mayor parte de los estudios consideran niveles de inoculación elevados que no se corresponden en la mayoría de los casos con la contaminación real que pueden presentar estos productos (Salazar et al., 2017). Luciano et al. (2022) consideraron niveles bajos de inoculación de *L. monocytogenes* (1-4 células/muestra) en estudios donde se inoculan bajos niveles en pulpa de melón, mango y papaya, aunque las condiciones de almacenamiento fueron a temperatura constante durante 10 días, lo cual tampoco sería extrapolable al objetivo del presente informe, donde se evalúan escenarios a distintas temperaturas. Existen publicaciones que aseguran que no hay una diferencia significativa en el comportamiento microbiano en el caso de que la fruta cortada se mantenga a temperatura ambiente durante un tiempo corto, seguido de una inmediata refrigeración, y el almacenamiento a temperatura constante de refrigeración (Huang et al., 2019).

Por último, un aspecto importante para considerar es la existencia de una fase de latencia o adaptación de los microorganismos, que es especialmente relevante a temperaturas de refrigeración. Mientras que algunos estudios postulan que el crecimiento microbiano es inmediato y, por tanto, no existiría fase de adaptación (Fang et al., 2013), en otros sí se tiene en cuenta esta fase y la consideran para el desarrollo de los modelos predictivos (Scolforo et al., 2017).

Por tanto, las predicciones basadas en el uso de modelos predictivos hay que tomarlas con la debida cautela, ya que las condiciones en las que se han desarrollado los estudios no siempre son extrapolables a casos reales, siendo necesario un conocimiento previo para la correcta interpretación de los resultados.

Conclusiones del Comité Científico

En base a la información disponible y resultados mostrados en el presente informe se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El almacenamiento a temperatura ambiente del melón, sandía, papaya y piña cortadas por la mitad puede suponer un riesgo sanitario ya que las condiciones fisicoquímicas (pH, actividad de agua, sólidos solubles totales, disponibilidad de nutrientes, etc.) son compatibles con el crecimiento de patógenos de transmisión alimentaria, como son *Salmonella* spp., *E. coli* verotoxigénico o *L. monocytogenes*.
- Existen unas diferencias en el comportamiento microbiano en función del tipo de producto, siendo el melón, sandía y papaya aquellos que toleran el crecimiento de patógenos, mientras que la piña no permite dicho crecimiento, debido fundamentalmente a los niveles más bajos de pH.
- Además de la temperatura, hay estudios que apuntan a que el índice de madurez y condiciones de almacenamiento postcosecha (temperatura y humedad relativa) influyen sustancialmente sobre el crecimiento microbiano durante el almacenamiento en punto de venta.
- A pesar de lo mencionado anteriormente, el almacenamiento de la fruta cortada por la mitad a temperatura ambiente durante tiempos cortos no parece tener una influencia significativa sobre el desarrollo de patógenos de transmisión alimentaria, siempre que se acompañe de una refri-

- geración inmediata posterior y que el producto se consuma en un tiempo suficientemente corto.
- Se concluye que, en función de la información recopilada, con el objeto de flexibilizar las condiciones de almacenamiento en punto de venta de melón, sandía, papaya y piña cortadas por la mitad, se pueden admitir, ya que no suponen un riesgo microbiológico significativo, temperaturas <25 °C durante un tiempo <3 horas en un lugar suficientemente ventilado y preservado de luz solar, seguido de un almacenamiento continuo en refrigeración a temperaturas <5 °C. En el caso de la piña, dichas condiciones se podrían re-evaluar en caso de disponer de estudios complementarios al respecto lo suficientemente representativos.
 - Para minimizar el riesgo sanitario que puedan suponer estas prácticas, se recomienda descartar para el corte las frutas con un excesivo grado de madurez, o que presenten heridas o hendiduras en su superficie, ya que pueden ser foco de contaminación.
 - Se recomienda que los establecimientos del sector, independientemente del volumen de ventas, sigan unas escrupulosas prácticas higiénicas, muy especialmente en lo relativo a los instrumentos de corte y, en general, a todos los utensilios utilizados (por ejemplo, realizando una adecuada limpieza y desinfección de los mismos). Además, deben controlarse las condiciones de exposición y de conservación (por ejemplo, manteniendo los alimentos alejados de fuentes de luz solar y fuentes de calor, y registrando adecuadamente la temperatura de almacenamiento), y establecerse las medidas necesarias para prevenir una posible contaminación cruzada. El sector de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas dispone de Guías y Códigos muy útiles en este contexto (FEPEX, 2010).

Referencias

- Abadías, M., Alegre, I., Oliveira, M., Altisent, R. y Viñas, I. (2012). Growth potential of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions. *Food Control*, 27, pp: 37-44.
- Abeyundara, P.D.A. (2017). Growth and Biofilm Formation by *Listeria Monocytogenes* and *Salmonella* Spp. In *Cantaloupe* Extracts on Four Food-Contact Surfaces at 22 °C and 10 °C [tesis doctoral]. Mississippi State University. Disponible en: <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/2447> [acceso: 11-01-22].
- AESAN (2019). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe de análisis de datos de Zoonosis. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/control_oficial/2019_Informe_AESAN_Analisis_Datos_Zoonosis.pdf [acceso: 11-01-22].
- Almodóvar, A.F., Hueso, J.J. y Cuevas, J. (2014). Crecimiento y fenología de cultivares de papaya en invernaderos en el Sureste español. *Revista de Fruticultura*, 37, pp: 28-39.
- Behrsing, J., Jaeger, J., Horlock, F., Kita, N., Franz, P. y Premier, R. (2003). Survival of *Listeria innocua*, *Salmonella salford* and *Escherichia coli* on the surface of fruit with inedible skins. *Postharvest Biology and Technology*, 29, pp: 249-256.
- Bowen, A., Fry, A., Richards, G. y Beauchat, L. (2006). Infections associated with cantaloupe consumption: a public health concern. *Epidemiology and Infection*, 134 (4), pp: 675-685.
- Byrne, L., Fisher, I., Peters, T., Mather, A., Thomson, N., Rosner, B., Bernard, H., McKeown, P., Cormican, M., Cowden, J., Aiyedun, V. y Lane, C. (2014). A multi-country outbreak of *Salmonella* Newport gastroenteritis in Europe associated with watermelon from Brazil, confirmed by whole genome sequencing: October 2011 to January 2012. *Euro Surveill*, 19 (31), pp: 6-13.
- Carlin, F., Nguyen-The, C. y Morris, C.E. (1996). Influence of background microflora on *Listeria monocytogenes* on

- minimally processed fresh broad-leaved endive (*Cichorium endivia* var. *latifolia*). *Journal of Food Protection*, 59, pp: 698-703.
- CDC (2011). Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of Listeriosis Linked to Whole Cantaloupes from Jensen Farms, Colorado (FINAL UPDATE). Disponible en: <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/cantaloupes-jensen-farms/index.html> [acceso: 11-01-22].
- CDC (2017a). Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of Salmonella Infections Linked to Imported Maradol Papayas (Final Update). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/kiambu-07-17/index.html> [acceso: 11-01-22].
- CDC (2017b). Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of *Salmonella* Anatum Infections Linked to Imported Maradol Papayas (Final Update). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/anatum-9-17/index.html> [acceso: 11-01-22].
- CDC (2018). Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of *Salmonella* Adelaide Infections Linked to Pre-Cut Melon (Final Update). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/adelaide-06-18/index.html> [acceso: 11-01-22].
- CDC (2019). Centers for Disease Control and Prevention. Outbreak of *Salmonella* Infections Linked to Pre-Cut Melons (Final Update). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/carrau-04-19/index.html> [acceso: 11-01-22].
- Codex Alimentarius (1993a). Norma para la piña. CODEX STAN 182-1993. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ar/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B182-1993%252FCXS_182s.pdf [acceso: 11-01-22].
- Codex Alimentarius (1993b). Norma para la papaya. CODEX STAN 183-1993. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B183-1993%252FCXS_183s.pdf [acceso: 11-01-22].
- Codex Alimentarius (1995). Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas. CAC/RCP 44-1995. Disponible en: https://www.fao.org/ag/agn/cdfruits_es/others/docs/CAC-RCP44-1995.PDF [acceso: 11-01-22].
- Codex Alimentarius (2003). Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas. CAC/RCP 53-2003. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B53-2003%252FCXC_053s.pdf [acceso: 11-01-22].
- Colás-Medà, P., Viñas, I., Oliveira, M., Anguera, M., Serrano, J.C.E. y Abadias, M. (2017). Exposure to minimally processed pear and melon during shelf life could modify the pathogenic potential of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology*, 62, pp: 275-281.
- Danyluk, M., Friedrich, L.M. y Schaffner, D.W. (2014). Modeling the growth of *Listeria monocytogenes* on cut cantaloupe, honeydew and watermelon. *Food Microbiology*, 38, pp: 52-55.
- ECDC/EFSA (2021). Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades/Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Joint ECDC-EFSA rapid outbreak assessment. Multi-country outbreak of *Salmonella* Braenderup ST22, presumed to be linked to imported melons. Disponible en: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/ROA_S_Braenderup-ST22_UI-719_2021.pdf [acceso: 11-01-22].
- EFSA (2014). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. BIOHAZ Panel. Scientific Opinion on the risk posed by pathogens in food of non-animal origin. Part 2 (*Salmonella* in melons). *EFSA Journal*, 12 (10): 3831, pp: 1-77.
- Elias, S.O., Decol, L.T. y Tondo, E.C. (2018). Foodborne outbreaks in Brazil associated with fruits and vegetables: 2008 through 2014. *Food Quality and Safety*, 2, pp: 173-181.
- Esteban-Cuesta, I., Drees, N., Ulrich, S., Stauch, P., Sperner, B., Schwaiger, K., Gareis, M. y Gottschalk, C. (2018). Endogenous microbial contamination of melons (*Cucumis melo*) from international trade: an underestimated risk for the consumer? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (13), pp: 5074-5081.
- Fajar Falah, M.A., Nadine, M.D. y Suryandono, A. (2015). Effects of Storage Conditions on Quality and Shelf-life of Fresh-cut Melon (*Cucumis melo* L.) and Papaya (*Carica papaya* L.). *Procedia Food Science*, 3, pp: 313-322.

- Fang, T., Liu, Y. y Huang, L. (2013). Growth kinetics of *Listeria monocytogenes* and spoilage microorganisms in fresh-cut cantaloupe. *Food Microbiology*, 34, pp: 174-181.
- FDA (2008). U.S. Food and Drug Administration. Guidance for Industry: Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables. Disponible en: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-guide-minimize-microbial-food-safety-hazards-fresh-cut-fruits-and-vegetables#ch8> [acceso: 21-12-21].
- FEPEX (2010). Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas. Guía de Buenas Prácticas de Producción de IV Gama v2. FEPEX, Madrid.
- FSA (2019). Food Standards Agency. Technical Report: Review of Quantitative Risk Assessment of foodborne norovirus transmission. Disponible en: https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/technical-report-review-of-quantitative-risk-assessment-of-norovirus-transmission_0.pdf [acceso: 11-01-22].
- Galán, V. (2014). Frutales tropicales y subtropicales: Platanera, papaya y piña tropical. En libro: *La fruticultura del siglo XXI en España*. Cuevas, J. y Hueso, J.J. (coordinadores). Fundación Cajamar, Caja Rural, pp: 381-402.
- Graça, A., Esteves, E., Nunes, C., Abadias, M. y Quintas, C. (2017). Microbiological quality and safety of minimally processed fruits in the Marketplace of southern Portugal. *Food Control*, 73, pp: 775-783.
- Hanning, I.B., Nutt, J.D. y Ricke, S.C. (2009). Salmonellosis outbreaks in the United States due to fresh produce: sources and potential intervention measures. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6 (6), pp: 635-648.
- Hassan, R., Whitney, B., Williams, D.L., Holloman, K., Grady, D., Thomas, D., Omoregie, E., Lamba, K., Leeper, M. y Gieraltowski, L. (2019). Multistate outbreaks of *Salmonella* infections linked to imported Maradol papayas—United States, December 2016–September 2017. *Epidemiology and Infection*, 147, e265, pp: 1-8.
- Huang, J., Luo, Y. y Nou, X. (2015). Growth of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut cantaloupe under different temperature abuse scenarios. *Journal of Food Protection*, 78, pp: 1125-1131.
- Huang, J., Luo, Y., Zhou, B., Zheng, J. y Nou, X. (2019). Growth and survival of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut produce and their juice extracts: Impacts and interactions of food matrices and temperature abuse conditions. *Food Control*, 100, pp: 300-304.
- Hueso, J.J., Salinas, I., Pinillos, V. y Cuevas, J. (2019). Papaya greenhouse cultivation in south-east Spain. *Acta Horticulturae*, 1250, pp: 1-6.
- Iqbal, S.Z., Mehmood, Z., Asi, M.R., Shahid, M., Sehar, M. y Malik, N. (2018). Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in nuts, dry fruits, and nuty products. *Journal of Food Safety*, 38 (4), pp: e12462.
- Jang, A-Ra., Han, A., Lee, S., Jo, S., Song, H., Kim, D. y Sun-Young, L. (2021). Evaluation of microbiological quality and safety of fresh-cut fruit products at retail levels in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 30 (10), pp: 1393-1401.
- John, G.E., Lennox, J.A., Johnson, J.T., Peters, H. y Umoafia, G.E. (2017). *Salmonella* and *Listeria* Associated with Street Vended Watermelon and PawPaw sold in Calabar Metropolis. *Journal of Advances in Microbiology*, 5 (4), pp: 1-6.
- Koseki, A. (2015). Modelling the spread of pathogen contamination in fresh produce. En libro: *Advances in Microbial Food Safety*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Sofos, J. (Editor). Woodhead Publishing, pp: 220-237.
- Li, D., Friedrich, L.M., Danyluk, M., Harris, L. y Schaffner, D.W. (2013). Development and validation of a mathematical model for growth of pathogens in cut melons. *Journal of Food Protection*, 76 (6), pp: 953-958.
- Luciano, W.A., Griffin, S., Targino de Souza, G., Alvarenga, V., Valdramidis, V. y Magnani, M. (2022). Growth behavior of low populations of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut mango, melon and papaya under different storage temperatures. *Food Microbiology*, 102, pp: 103930.
- Ma, C., Li, J. y Zhang, Q. (2016). Behavior of *Salmonella* spp. on fresh-cut tropical fruits. *Food Microbiology*, 54, pp: 133-141.

- MAPA (2021a). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Material vegetal: Melón. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=2202> [acceso: 13-12-21].
- MAPA (2021b). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Material vegetal: Sandía. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=2233> [acceso: 13-12-21].
- MAPA (2021c). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Material vegetal: Piña. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/pi%C3%B1a_tcm30-103044.pdf [acceso: 13-12-21].
- Mercasa (2020). Alimentación en España 2020. 23ª edición. Disponible en: https://www.mercasa.es/media/publicaciones/281/AEE_2020_web.pdf [acceso: 5-12-21].
- Penteado, A.L. y Leitao, M.F. (2004). Growth of *Salmonella enteritidis* in melon, watermelon and papaya pulp stored at different times and temperatures. *Food Control*, 15 (5), pp: 369-373.
- Pérez-Rodríguez, F. y Valero, A. (2013). Predictive microbiology in foods. En libro: *Springer Briefs in Food, Health, and Nutrition Series*. Springer, New York 978-1-4614-5519-6.
- Piano, A.M.P. y Castillo-Israel, K.A.T. (2019). Physico-chemical quality and microbial safety evaluation of ready-to-eat fresh-cut watermelon and pineapple sold in Imus, Cavite, Philippines. *Food Research*, 1-5, eISSN: 2550-2166.
- RASFF (2021). Rapid Alert System for Food and Feed. Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> [acceso: 5-12-21].
- RASFF (2022). Rapid Alert System for Food and Feed. Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> [acceso: 16-02-22].
- Ratkowsky, T.A. y Ross, T. (1995). Modelling the bacterial growth/no growth interface. *Letters in Applied Microbiology*, 20, pp: 29-33.
- Salazar, J.K., Sahu, S.N., Hildebrandt, I.M., Zhang, L., Qi, Y., Liggins, G., Datta, A.R. y Tortorello, M.L. (2017). Growth Kinetics of *Listeria monocytogenes* in Cut Produce. *Journal of Food Protection*, 80, pp: 1328-1336.
- Scolforo, C.Z., Bairros, J.V., Rezende, A.C.B., Silva, B.S., Alves, R.B.T., Costa, D.S., Andrade, N.J., Sant'Ana, A.S. y Pena, W.E.L. (2017). Modeling the fate of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* in the pulp and on the outer rind of Canary melons (*Cucumis melo* (Indorus Group)). *LWT - Food Science and Technology*, 77, pp: 290-297.
- Singh, A., Rahman, M.A., Sharma, R. y Yemmireddy, V. (2021). Papaya ripeness and post-harvest storage conditions affect growth, survival and death kinetics of *Salmonella* and spoilage organisms. *Postharvest Biology and Technology*, 181, pp: 111659.
- Stępień, Ł., Koczyk, G. y Waśkiewicz, A. (2013). Diversity of *Fusarium* species and mycotoxins contaminating pineapple. *Journal of Applied Genetics*, 54 (3), pp: 367-380.
- UE (2002). Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. DO L 31 de 1 de febrero de 2002, pp: 1-24.
- 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.
- UE (2005). Reglamento (CE) N° 2073/2005 de la Comisión. De 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. DO L 338 de 22 de diciembre de 2005, pp: 1-26.
- Ukuku, D.O. y Fett, W.F. (2002). Effectiveness of chlorine and nisin-EDTA treatments of whole melons and fresh-cut pieces for reducing native microflora and extending shelf-life. *Journal of Food Safety*, 22, pp: 231-253.

- Ukuku, D.O. y Sapers, G.M. (2007). Effect of time before storage and storage temperature on survival of Salmonella inoculated on fresh-cut melons. *Food Microbiology*, 24, pp: 288-295.
- Walsh, K.A., Bennett, S.D., Mahovic, M. y Gould, L.H. (2014). Outbreaks associated with cantaloupe, watermelon, and honeydew in the United States, 1973-2011. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11 (12), pp: 945-952.
- Zhang, G., Chen, Y., Hu, L., Melka, D., Wang, H., Laasri, A., Brown, E.W., Strain, E., Allard, M., Bunning, V.K., Parish, M., Musser, S.M. y Hammack, T.S. (2018). Survey of foodborne pathogens, aerobic plate counts, total coliform counts, and *Escherichia coli* counts in leafy greens, sprouts, and melons marketed in the United States. *Journal of Food Protection*, 81 (3), pp: 400-411.
- Zhang, H., Yamamoto, E., Murphy, J. y Locas, A. (2020). Microbiological safety of ready-to-eat fresh-cut fruits and vegetables sold on the Canadian retail market. *International Journal of Food Microbiology*, 335, 108855.