

PRINCIPIOS DE LA TECNOLOGÍA DE OBSTÁCULOS EN PRODUCTOS PESQUEROS

(Principles of hurdle technology in fishery products)

¹Gámez-Villazana Jordy, ²Ojeda-Ojeda Luis, ³Fernández-Molina Juan

¹Profesor Asociado de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, UNELLEZ. Coordinador del Grupo de Creación Intelectual Tecnología de Productos Cárnicos (GCITPC). Cojedes - Venezuela, Correo: jordyjavier1@gmail.com

²Profesor Titular de la Universidad de Carabobo (UC). Investigador de la Sección de Biotecnología-Agroindustrial del Instituto de Investigaciones Biomédicas Dr. “Francisco Triana” (BIOMED-UC).

³Profesor Titular (J) de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, UNELLEZ. (Ph.D. In Engineering Science). Subgerente de Publicaciones UNELLEZ-Cojedes, San Carlos, Venezuela. jjflearntubo@gmail.com

Review

Autor de correspondencia: Jordy Gámez Villazana; **Email:** jordyjavier1@gmail.com

Recibido: 15-03-2021

Aceptado: 03-04-2021

RESUMEN

Las aplicaciones de tecnologías convencionales en productos pesqueros, pueden combinarse con técnicas avanzadas y modernas de preservación de alimentos para mejorar la calidad y extender la vida útil, con el mínimo efecto en el perfil nutricional y sensorial del producto pesquero final. Esta revisión se enfoca principalmente en los aspectos básicos de la tecnología de obstáculos en productos pesqueros, presentando las barreras alternativas que se pueden aplicar en dichos productos para inhibir el crecimiento microbiano. Este artículo presenta los diferentes métodos combinados de conservación de productos pesqueros, que contribuyen a prolongar su vida útil, tales como bajas temperaturas de almacenamiento, baja actividad de agua, adición de antimicrobianos y / o antioxidantes, pH, procesamiento a alta presión con envases alternativos, películas y recubrimientos comestibles, así mismo, se hace énfasis en el curado con nitritos y nitratos en dichos productos.

Palabras clave: Obstáculos, barreras, vida útil, productos pesqueros.

SUMMARY

Applications of conventional technologies in fishery products can be combined with advanced and modern food preservation techniques to improve quality and extend shelf life, with minimal effect on the nutritional and sensory profile of the final fishery product. This review focuses on the basic principles of hurdle technology in fishery products, presenting alternative barriers that can be applied to such products to inhibit microbial growth. This article presents the different combined methods of conservation of fishery products, which contribute to prolonging their shelf life, such as low storage temperatures, low water activity, addition of antimicrobials and / or antioxidants, pH, high pressure processing with alternative packaging, films and edible coatings, likewise, emphasis is placed on curing with nitrites and nitrates in these products.

Keywords: Hurdles, barriers, shelf life, fishery products.

INTRODUCCIÓN

El pescado es un producto extremadamente perecedero, siendo la actividad microbiana la principal causa de deterioro (Mikš-Krajnik et al., 2016), inclusive bajo refrigeración (Gram y Huss, 1996), alcanzando pérdidas por el orden del 30% del pescado desembarcado / capturado por causa de la actividad microbiológica (Amos, 2007). Sin embargo, tendrían un alto valor comercial si su vida útil pudiera extenderse mediante la aplicación de tecnologías de procesamiento y / o envasado adecuadas (Tsironi, y Taoukis, 2018). No obstante, actualmente en la mayoría de los casos, el pescado y los productos pesqueros deben congelarse inmediatamente después de la cosecha, para inhibir el crecimiento microbiano y el deterioro de la calidad.

En general, las tecnologías de procesamiento poscosecha tienen como objetivo superar la corta vida útil del pescado fresco para mejorar la comercialización y optimizar la utilización de recursos. Para la conservación de pescados se han utilizado varios métodos tradicionales de conservación (por ejemplo, congelación, marinado, enlatado, salazón, ahumado, entre otros.), que permiten controlar el crecimiento de microorganismos (MO) y retrasar el deterioro de los productos

pesqueros. El procesamiento no térmico se ha introducido como una alternativa al tratamiento térmico de los alimentos que afecta negativamente las características de calidad del producto, incluso con un leve aumento de temperatura (Albertos et al., 2017; Chotphruethipong, Aluko y Benjakul, 2019; Tsironi *et al.*, 2019). Sin embargo, los métodos de conservación en pescados y productos pesqueros, principalmente se han usado de forma separada, y sólo algunas veces combinados, en vista que es complejo, ya que cada uno de los factores aplicados tiene un nivel óptimo que influye en los microorganismos, no obstante, este nivel apropiado de los factores puede tener un efecto perjudicial sobre otros parámetros de calidad, por ejemplo, apariencia, color, sabor y olor y, por tanto, afectar a la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

La tecnología de obstáculos aboga por la combinación deliberada y apropiada de técnicas de conservación nuevas y existentes para establecer una serie de factores conservantes (obstáculos) que los microorganismos no pueden superar (Leistner, 2004). La aplicación de este concepto (también conocido como procesos

combinados, conservación combinada o tecnología de barrera) ha demostrado ser un gran éxito, ya que la combinación inteligente de vallas asegura la estabilidad y seguridad microbianas, así como las propiedades sensoriales, nutritivas y económicas de un producto.

En cualquier caso, la selección de los obstáculos adecuados para un producto alimenticio específico es de gran importancia. Por ejemplo, se debe considerar que la resistencia al calor de las bacterias aumenta a valores bajos de actividad de agua (*aw*) y disminuye cuando están presentes algunos conservantes, o que los productos a base de carne fermentada pueden considerarse seguros y estables si los valores de *aw* y pH están dentro de un

rango apropiado. Así mismo, la combinación de nuevos obstáculos con los convencionales muestra un gran potencial para preservar aún más la calidad y extender la vida útil de los productos alimenticios (Erkmen y Bozoglu, 2016).

En base a lo mencionado, la presente revisión tiene como objetivo presentar los aspectos básicos de la tecnología de obstáculos que se pueden aplicar en productos pesqueros, para inhibir el crecimiento microbiano y así extender su vida útil, con el mínimo efecto en el perfil nutricional y sensorial del producto final. Al mismo tiempo, el artículo tiene como objetivo ofrecer a los investigadores una comprensión preliminar del estado del arte de la tecnología de obstáculos.

Aspectos básicos de la tecnología de obstáculos en alimentos

Los peligros ocultos y el conocimiento insuficiente sobre las amenazas transmitidas por los alimentos a los seres humanos hacen que la seguridad alimentaria sea un tema importante. En los países desarrollados, se ha informado que el porcentaje de personas que padecen enfermedades transmitidas por alimentos cada año es tan alto como el 30%, lo que refuerza la necesidad de garantizar alimentos seguros (Mandal *et al.*, 2020). En este sentido, la industria alimentaria está aumentando sus esfuerzos para mejorar la seguridad alimentaria en todo el mundo, y por tanto muchos investigadores han reorientado su enfoque hacia la ciencia de los alimentos para adaptarse a los problemas y encontrar soluciones viables (Khan *et al.*, 2017). En este particular, la preservación de alimentos implica exponer a los microorganismos a un ambiente hostil a fin de inhibir su crecimiento, acortar su supervivencia o causar su muerte.

En este orden de ideas, la estabilidad y seguridad microbiana de la mayoría de los alimentos se basa en la combinación de varios

obstáculos (Berk, 2018), que no deberían ser vencidos por los microorganismos. Por esta razón, es necesario tener en cuenta la influencia de los diferentes métodos de preservación en la fisiología y el comportamiento de los microorganismos. En primer lugar, la homeostasis de los MO es un fenómeno clave que merece mucha atención, ya que si es alterada por factores conservantes (obstáculos) en los alimentos, no son capaces de multiplicarse, es decir, permanecen en la fase de retraso o incluso morir, antes de que se restablezca la homeostasis (Gould, 2000). De igual forma, el agotamiento metabólico de los MO es otro fenómeno de importancia práctica, que puede provocar la “autoesterilización” de los alimentos (Leistner, 2000), y es que el agotamiento se acelera cuando se aplican múltiples obstáculos y esto puede aumentar las demandas de energía para mantener la homeostasis en condiciones de estrés, lo que resulta en daño celular microbiano (Erkmen y Bozoglu, 2016). Así mismo, cuando un MO es sometido a reacciones de estrés

o la exposición simultánea de diferentes tensiones requerirá la síntesis de varias proteínas de choque de estrés, que consumen mucha energía, o al menos mucho más protectoras, que a su vez pueden hacer que los microorganismos se agoten metabólicamente (Leistner, 2000), y finalmente se introduce el concepto de preservación de alimentos multiobjetivos (multitarget), en el cual se logra un efecto sinérgico si los obstáculos en un alimento golpean, al mismo tiempo, diferentes objetivos (por ejemplo, membrana celular, ADN, sistemas enzimáticos, pH, aw, POR, entre otros) dentro de las células microbianas y, por lo tanto, perturban la homeostasis de los microorganismos, que durante el intento de supervivencia, usan toda su energía y mueren (Leistner, 2000).

La tecnología de barrera, es de gran importancia para la preservación de alimentos dado que en un producto estable las barreras controlan los procesos de deterioro, intoxicación y fermentación no deseados. Así mismo, las complejas interacciones entre estos obstáculos, son significativas para la estabilidad microbiana de los alimentos (De la Fuente y Barboza, 2010). El concepto de tecnología de obstáculos es bastante antiguo y se ha utilizado con éxito en muchos países para la conservación suave pero eficaz de los alimentos. Esta tecnología de métodos combinados, permite mejoras en la seguridad y calidad mediante una combinación inteligente de obstáculos que aseguran la estabilidad y seguridad microbiana, así como propiedades nutritivas satisfactorias (Leistner, 2000). Los obstáculos más importantes utilizados en la conservación de alimentos son la temperatura (alta o baja), baja actividad de agua (aw), la acidez (pH), el potencial redox (POR), vacío, humo, conservantes (por ejemplo, nitrito, sorbato, benzoato, sulfito, entre otros) y microorganismos competitivos (por ejemplo, bacterias del ácido láctico, BAL). Sin embargo, según Leistner (2000), se han descrito más de 60 obstáculos potenciales

para los alimentos, que mejoran la estabilidad y / o calidad de los productos, y la lista de posibles obstáculos para la conservación de alimentos es extensa.

Como se ha mencionado, la tecnología de obstáculo es un método para lograr el control o la eliminación de patógenos presentes en los alimentos para entregar productos seguros y estables, pero la eficiencia de este método se incrementa combinando más de un enfoque de proceso. Estos enfoques actúan como obstáculos que los patógenos deben superar para sobrevivir en el entorno alimentario. El uso de la combinación correcta de obstáculos puede garantizar la seguridad, estabilidad y calidad microbianas de los productos alimenticios. Cada obstáculo tiene como objetivo eliminar, inactivar o al menos inhibir los microorganismos no deseados. Dependiendo del tipo de patógenos y su virulencia, la intensidad de los obstáculos se puede ajustar individualmente para satisfacer las preferencias del consumidor de una manera económicamente sensata, sin comprometer la seguridad del producto. El concepto de tecnología de obstáculos encaja bien con la tendencia actual del consumidor y, como tal, ha ganado mucha popularidad con respecto a la aplicación práctica y la investigación (Mukhopadhyay y Gorris, 2014).

La tecnología de obstáculo se utiliza tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo para la preservación eficaz de los alimentos. Anteriormente, la tecnología de obstáculos, se usaba empíricamente sin mucho conocimiento de los principios rectores. Desde hace varios años, la aplicación inteligente de la tecnología de obstáculos se volvió más frecuente, debido a que los principios de los factores conservantes de los alimentos más importantes, y sus interacciones, se hicieron más conocidas (Leistner, 2000).

Tecnología de Obstáculos en productos pesqueros

El desarrollo de las condiciones de deterioro en el pescado y sus productos se debe a la combinación de fenómenos autolíticos, químicos y microbiológicos (Huss, 1998), por lo cual deben manipularse adecuadamente desde la captura hasta el procesamiento o hasta que llegue al consumidor (García, 2010). Ciertamente, el pescado y sus productos son altamente nutritivos, ya que contienen una alta cantidad de proteínas y ácidos grasos insaturados, sin embargo, desde el punto de vista químico está presente la trimetilamina (TMA) y el nitrógeno básico volátil total (TVB-N) como

principales factores responsables del deterioro de la calidad durante el almacenamiento y mantenimiento de la frescura, por causa de enzimas endógenas (Prabhakar, Vatsa, Srivastav y Pathak, 2020). En cuanto a la carga microbiana, la microflora natural se adapta fácilmente a las bajas temperaturas como resultado del menor choque térmico bacteriano desde la temperatura natural hasta el rango de temperatura de conservación. En este sentido, es necesario aplicar tecnologías de obstáculos a los productos pesqueros para alargar la vida útil (Figura 1).

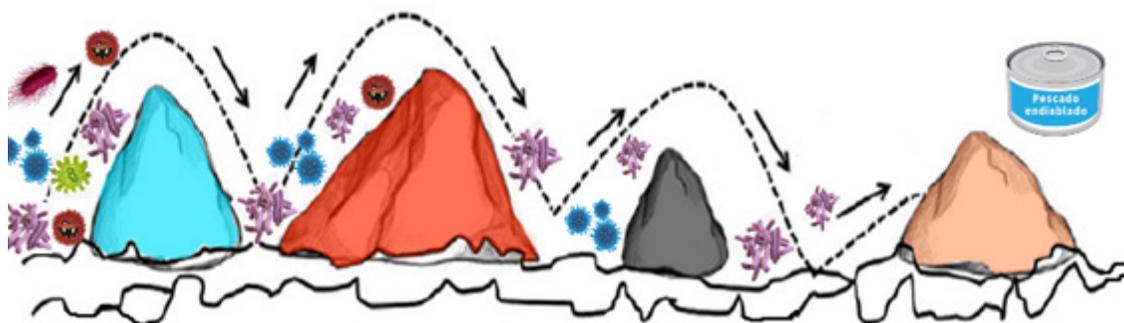


Figura 1. Combinación de obstáculos durante el proceso de elaboración de un producto pesquero. Fuente: Elaboración propia.

Generalmente, los productos pesqueros se encuentran en un rango de a_w entre 0,6 y 0,95. En este caso, la a_w es el principal obstáculo para la estabilidad y seguridad microbiana. Los productos pesqueros se estabilizan mediante obstáculos adicionales, como el tratamiento térmico, los conservantes, el pH y la microflora competitiva, entre otros. Por ejemplo, en la preparación de alimentos de humedad intermedia, se elimina algo de agua del alimento fresco y la disponibilidad del resto de agua para el crecimiento microbiano puede reducirse aún más mediante la adición de solutos adecuados (humectantes). La producción

de alimentos con la aplicación combinada de agentes antimicrobianos y antimicóticos adecuados puede permitir el almacenamiento de alimentos durante largos períodos a temperatura ambiente, disminuyendo el costo de conservación y el consumo de energía (especialmente si la a_w final es al menos inferior a 0,85). En productos pesqueros con valores de a_w superiores a 0,85, el pH juega un papel importante en el control de organismos de descomposición. A pH igual a 5,0 o inferior, se inhibe el crecimiento microbiano, excepto en el caso de cepas deseables como *Lactobacillus*.

Los productos pesqueros con alto contenido de humedad son productos similares a frescos mínimamente procesados, en el cual la a_w del producto final es superior a 0,9 y mayormente estos alimentos se refrigeran o congelan. No obstante, mantener baja temperatura en la cadena de frío consume mucha energía y exige altos costos de inversión. También es evidente que las fluctuaciones de temperatura que ocurren en la cadena de frío real pueden afectar significativamente la calidad y la estabilidad restante de estos productos en cualquier etapa de la cadena de suministro de alimentos. Por lo tanto, además de la baja temperatura, se deben aplicar obstáculos adicionales para preservar la calidad y extender la vida útil de los productos pesqueros con alto contenido de humedad (Erkmen y Bozoglu, 2016).

Por otro lado, niveles de a_w ligeramente bajos, se pueden lograr mediante la aplicación de un procesamiento de deshidratación osmótica en filetes o pulpa de pescado (Tsironi, Salapa y Taoukis, 2009; Tsironi, y Taoukis, 2014). En este caso, la a_w final que se alcanza es aproximadamente 0,95 o un poco menor, puede inhibir el crecimiento de *Pseudomonas spp*, el factor de deterioro predominante para el pescado refrigerado y empacado aeróbicamente (Neumever, Ross, y McMeekin, 1997).

Del mismo modo, el pH de los productos pesqueros puede reducirse, mediante la incorporación de agentes como glucona- δ -lactona en la solución osmótica (Tsironi, y Taoukis, 2012). Este es un obstáculo adicional que actúa de forma sinérgica a la baja a_w y a la temperatura de almacenamiento refrigerado, lo que retrasa aún más el crecimiento microbiano y extiende la vida útil. Por otro lado, se ha informado de un efecto sinérgico similar que genera la incorporación del compuesto antimicrobiano natural carvacrol (el principal compuesto activo del orégano), nisina, extractos de plantas u otros

antimicrobianos en la solución osmótica usada para el tratamiento osmótico de filetes o pulpa de pescado (Tsironi, y Taoukis, 2010; Tsironi, y Taoukis, 2012; Sofra, Tsironi, y Taoukis, 2018). Estos procesos mínimos son económicos y energéticamente eficientes en la inhibición significativa del crecimiento microbiano y pueden proporcionar a los productos alimenticios una vida útil prolongada sin afectar significativamente las propiedades sensoriales iniciales (Erkmen y Bozoglu, 2016). Aunque se ha reportado que la incorporación de carvacrol, en altas concentraciones, en la formulación de un producto pesquero puede afectar negativamente el olor y el sabor del producto (Tsironi, y Taoukis, 2012).

Otro de los obstáculos adecuados usados para la conservación de pescado y productos pesqueros son las películas y recubrimientos comestibles con componentes activos. Estos empaques mejoran el período de almacenamiento de estos productos al evitar la pérdida de humedad y la acumulación de purga; retrasar el deterioro microbiano y restringir el crecimiento de microorganismos patógenos; relentizar la oxidación de lípidos, proteínas y pigmentos; y prolongar el período en el que los productos son aceptables sensorialmente. Además, los agentes activos también pueden mejorar las características sensoriales y de calidad de los productos pesqueros envasados. En este sentido, las películas y revestimientos comestibles tienen un futuro prometedor en la conservación y envasado de pescado y productos derivados (Umaraw *et al.*, 2020).

También se puede usar Altas Presiones Hidrostáticas (APH) en productos pesqueros mínimamente procesados, ya que es una tecnología eficaz en la conservación de alimentos. Sin embargo, se ha reportado que se pueden observar cambios en la apariencia, textura y composición química en la pulpa de pescado, cuando se aplican APH en

condiciones muy severas (Alves de Oliveira et al., 2017). El procesamiento a alta presión ha sido combinado con ahumado en frío (correspondiente a un método de tratamiento térmico suave para pescado) por Erkan *et al.*, (2011) y Gudbjornsdottir et al., (2010), con el fin de extender la vida útil sin el uso de un tratamiento térmico intenso que afectaría el perfil sensorial y el valor nutricional de los productos pesqueros.

Otra de las tecnologías no térmicas empleada en el procesamiento de alimentos son los campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI). Los CEP AI constituyen una de las tecnologías más prometedoras para la conservación de los alimentos. La pasteurización con CEP AI involucra la utilización de pulsos eléctricos de alto voltaje en el alimento colocado entre dos electrodos. El tratamiento se realiza a temperatura ambiente o por debajo de ésta, en milésimas de segundos, y las pérdidas de energía por calor son minimizadas. Esta tecnología es considerada superior al tratamiento térmico convencional, debido a que reduce grandemente los cambios que ocurren en las propiedades sensoriales (sabor, color), y físicas (textura, viscosidad). Fernandez-Molina *et al.* (2001). Los CEP AI también pueden ser utilizados en los productos pesqueros tanto frescos como secos para aumentar las propiedades de retención de agua. (Gómez *et al.*, 2019).

Por otra parte, el curado en productos pesqueros es una opción viable como tecnología de obstáculos contra el desarrollo microbiano. Los nitritos y nitratos se han utilizado para la conservación de productos cárnicos tradicionales debido a su eficaz acción antimicrobiana contra *Clostridium botulinum* y, en menor grado, también contra otras bacterias. También previene el crecimiento y germinación de esporas del *C. botulinum* en productos envasados al vacío (Flores y Toldrá, 2021). En este sentido, se

puede utilizar soluciones de curado para enlatados de pescados, por ejemplo: filetes de pescados curados-ahumados, conserva cárnica tipo jamón endiablado, conserva cárnica tipo jamón cocido, entre otras. Sin duda alguna, al utilizar estas soluciones curantes con la presencia de nitritos, nitratos y ascorbatos, se prolonga la vida útil de dichos productos pesqueros debido a su acción como conservantes, y además se desarrollan características deseables como el aroma, color, sabor, textura y la inhibición de la oxidación (Honikel, 2008; Sindelar y Milkowski, 2011; Majou y Christieans, 2018), aunque en los productos pesqueros el desarrollo del color característico de curado, no es el fuerte, en base a la baja presencia de mioglobina en la mayoría de las especies de pescados.

Además, al usar los nitritos y nitratos como tecnología de barrera en productos pesqueros tiene como ventajas que no afecta la actividad de las enzimas musculares, como las aminopeptidasas y lipasas, que intervienen en el desarrollo de la calidad (Motilva y Toldrá, 1993; Majon y Christieans, 2018). Así mismo, los compuestos intermedios reactivos resultantes del nitrito, especialmente el NO junto con las especies reactivas de oxígeno, pueden reaccionar mediante N-nitrosilación, S-nitrosilación, formación de disulfuro y peroxidación de lípidos, con moléculas y estructuras microbianas, dañando el ADN y proteínas de las mismas, incluidas enzimas lipídicas. En este particular, Fang (1997), indicó que la generación de peroxinitrito (ONOO-) a partir de la reacción del óxido nítrico con el anión superóxido o con el peróxido de hidrógeno presente en los tejidos cárnicos, es capaz de dañar las células patógenas microbianas aumentando el estrés oxidativo. Al mismo tiempo, la adición de ascorbato de sodio en los productos cárnicos curados, aumenta la velocidad y la extensión del curado, aumenta la síntesis de peroxinitrito y, por lo tanto, aumenta el estrés oxidativo y mejora la actividad antimicrobiana del nitrito.

CONSIDERACIONES FINALES

La tecnología de obstáculos en la conservación de productos pesqueros puede proporcionar resultados significativos y viables. La aplicación combinada de obstáculos suaves no solo puede inhibir eficazmente el crecimiento microbiano, a través de las reacciones de estrés, sino que también permite la preservación de los parámetros sensoriales del producto pesquero objetivo, en comparación con la aplicación de un único factor conservante pero más intenso. La aplicación de obstáculos en los productos pesqueros conlleva a efectos sinérgicos, antagonista y aditivos. Por esta razón, la selección de los obstáculos adecuados para un producto pesquero específico es de gran importancia, por lo que debería complementarse con herramientas de microbiología predictiva que permita

estudiar el comportamiento de los diferentes microorganismos ante la combinación de diferentes niveles de barreras.

En general, se pueden utilizar diferentes métodos de conservación u obstáculos combinados durante el procesamiento de los productos pesqueros para prolongar la vida útil, tales como baja temperatura de almacenamiento, el calentamiento, los conservantes, el pH, la microflora competitiva, adición de antimicrobianos y / o antioxidantes, baja actividad de agua, procesamiento a alta presión con envases alternativos, como atmósferas modificadas, películas y recubrimientos comestibles con componentes activos, curado con nitritos y nitratos, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albertos, I; Martin-Diana, A; Cullen, P; Tiwari, B; Ojha, S; Bourke, P. et al. (2017). Effects of dielectric barrier discharge (DBD) generated plasma on microbial reduction and quality parameters of fresh mackerel (*Scomber scombrus*) fillets. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 44 , pp. 117-122.
- Alves de Oliveira, F; Cabral-Neto, Otávio; Rodrigues dos Santos, L.M; Rocha-Ferreira, E.H; Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66 (August): Pages 1-19. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.014>.
- Amos, B. (2007). Analysis of quality deterioration at critical steps/points in fish handling in Uganda and Iceland and suggestions for improvement. United Nations University, Uganda. Recuperado de: <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/amos06prf.pdf>
- Berk, Z. (2018). Capítulo 16 - Deterioro y conservación de los alimentos. *Ingeniería y tecnología de procesos alimentarios (tercera edición)*. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, páginas 395-398. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812018-7.00016-6>
- Chotphruethipong, L. Aluko, R.E. Benjakul, S. (2019). Effect of pulsed electric field-assisted process in combination with porcine lipase on defatting of seabass skin. *Journal of Food Science*, 84 (7) , pp. 1799-1805.
- De la Fuente, N.M. y Barboza, J.E. (2010). Inocuidad y bioconservación de alimentos. *Revista Acta Universitaria*, 20 (1): 43-52.

- DOI: 10.15174/au.2010.76 Recuperado de: <file:///D:/ActaUniversitaria2010.pdf>
- Erkan, N; Üretener, G; Alpas, H; Selçuk, A; Özden, Ö; Buzrul, S. (2011). The effect of different high pressure conditions on the quality and shelf life of cold smoked fish. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12 (2): 104-110.
- Erkmen, O; Bozoglu, T.F. (2016). Food microbiology: Principles into practice. Chapter 9: Food preservation by combination of techniques (hurdle technology). (1st ed.), John Wiley & Sons, Ltd.
- Fang, F.C. (1997). Perspectives series: host/pathogen interactions. Mechanisms of nitric oxide-related antimicrobial activity. *The Journal of Clinical Investigation*, 99: 2818-2825.
- Fernandez-Molina, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V, y Swanson, B. G. (2001). Tecnologías emergentes para la conservación de alimentos sin calor *Arbor CLXVIII*, 661 (Enero 2001), 155-170 pp. Recuperado de: <http://arbor.revistas.csic.es>
- Flores, M. y Toldrá, F. (2021). Chemistry, safety, and regulatory considerations in the use of nitrite and nitrate from natural origin in meat products - Invited review. *Meat Science*, 171(January): 108272. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108272>
- García, M.A. (2010). Aprovechamiento integral de la cachama (*Colossoma Macropomum*). Nota Científica en la revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos *Agrollanía Volumen 7*: 13-18.
- Gómez, B., Munekata, P.E.S., Gavahian, M., Barba J.F., Martí-Quijal F.J., Bolumar, T., Bastianello Campagnol, P.C., Tomasevic, I., Lorenzo, J.M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. *Food Res Int.* doi: 10.1016/j.foodres.2019.04.047, Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31285034/>
- Gould, G.W. (2000). Induced tolerance of microorganisms to stress factors. En Alzaromra, S.M; Tapia, M.S; López-Malo, A. (Eds). *Processed fruit and vegetables. Fundamental Aspects and Applications.* Springer. India, pp 29-42.
- Gram, L. y Huss, H. (1996) Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33 (1): 121-137.
- Gudbjornsdottir, B; Jonsson, A; Hafsteinsson, H; Heinz, V. (2010). Effect of high-pressure processing on *Listeria* spp. and on the textural and microstructural properties of cold smoked salmon.
- Honikel, K.O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products *Meat Science*, 78: 68-76.
- Huss, H. H. (1998). Assurance of seafood quality. *FAO/ Fisheries Technical Paper.* N° 334.
- Khan, I; Nkufi-Tango, C; Miskeen, S; Lee, B; Hwan-Oh, D. (2017). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control*, 73 (B): 1426-1444. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.010>
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55: 181-186. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00161-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00161-6)
- Leistner, L. 2004. Hurdle Technology. *Encyclopedia of meat sciences.* Pages 640-647. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00173-2>
-

- Leistner, L. Gorris, L.G.M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology*, 6: 41-46.
- Majou, D. Christeians, S. (2018). Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. *Meat Science*, 145: 273-284.
- Mandal, R; Shi, Y; Singh, A; Yada, R.Y; Pratap-Singh, A. (2020). Food Safety and Preservation. *Encyclopedia of Gastroenterology (Second Edition)*: Pages 467-479. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.65904-4>
- Motilva, M.-J. y Toldrá, F. (1993). Effect of curing agents and water activity on pork muscle and subcutaneous adipose tissue lipolytic activity. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 196: 228-232.
- Mikš-Krajnik, M; Yoon, Y.J; Ukuku, D.O; Yuk, H.G. (2016). Volatile chemical spoilage indexes of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) stored under aerobic conditions in relation to microbiological and sensory shelf lives. *Food Microbiol.*, 53: 182-191.
- Mukhopadhyay y Gorris, (2014). Hurdle Technology. *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)*: Pages 221-227. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00166-X>
- Neumeyer, K. Ross, T. McMeekin. T.A. (1997). Development of a predictive model to describe the effects of temperature and water activity on the growth of spoilage pseudomonas. *International Journal of Food Microbiology*, 38 , pp. 45-54.
- Prabhakar, P.K; Vatsa, S; Srivastav, P.P; y Pathak, S.S. (2020). A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food Research International*, 133 (Julio): 109157.
- Sindelar, J.J. y Milkowski, A.L. (2011). Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: A review of curing and examining the risk/benefit of its use. *American meat science association (AMSA)*. (White Paper Series. 3).
- Sofra, C. Tsironi, T. Taoukis, P.S. (2018). Modeling the effect of pre-treatment with nisin enriched osmotic solution on the shelf life of chilled vacuum packed tuna. *Journal of Food Engineering*, 216, pp. 125-131
- Tsironi, T; Anjos, L; Pinto, P.I.S; Dimopoulos, G; Santos, S; Santa, C. et al. (2019). High pressure processing of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets and tools for flesh quality and shelf life monitoring. *Journal of Food Engineering*, 262, pp. 83-91.
- Tsironi, T.N. Salapa, I. Taoukis, P. S. (2009). Shelf life modelling of osmotically treated chilled gilthead seabream fillets. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10 , pp. 23-31.
- Tsironi, T.N; Taoukis. P.S. (2014). Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish fillets. *Journal of Food Engineering*, 123 (1): 188-192.
- Tsironi, T.N; Taoukis. P.S. (2012). Shelf-life extension of gilthead seabream fillets by osmotic treatment and antimicrobial agents. *Journal of Applied Microbiology*, 112 (2): 316-328
- Tsironi, T.N; Taoukis. P.S. (2010). Modeling microbial spoilage and quality of gilthead seabream fillets: Combined effect of osmotic pre-treatment, modified atmosphere packaging and nisin on shelf life. *Journal of Food Science*, 75 (4): 243-251.

Umaraw, P; Munekata, P.E.S; Verma, A.K.
Barba, F.J; Singh, V.P; Kumar, P; Lorenzo,
J.M. (2020). Edible films/coating with
tailored properties for active packaging
of meat, fish and derived products.
Trends in Food Science & Technology,
98(April):10-24. Recuperado de: [https://
doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032)