



ALLIANCE™

(<https://www.globalseafood.org>).



Simulación en tiempo real de la vida útil de productos congelados de atún aleta amarilla y merluza Argentina

21 July 2025

By Ilenia Dottori , Stefania Urbani , Luigi Daidone , Arianna Bonucci , Matteo Beccerica , Roberto Selvaggini , Beatrice Sordini , Raffaella Branciari , Gianluca Veneziani , Davide Nucciarelli , Agnese Taticchi , Maurizio Servili and Sonia Esposto

Estudio se centra en el impacto de la luz y el oxígeno en productos pesqueros congelados y glaseados a lo largo del tiempo



Un estudio simula la vida útil en tiempo real de productos congelados de atún aleta amarilla y merluza Argentina. Los resultados mostraron que la diferente composición de estos pescados afecta su conservación tras el proceso de congelación y la mejora mediante el glaseado en el caso de los filetes de merluza. Fotografía de cardumen de atún aleta amarilla de Marc Taquet (CC BY 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, vía Wikimedia Commons).

Una vez capturado el pescado, el deterioro comienza muy rápidamente, siendo el rigor mortis el principal responsable. En esta etapa, la actividad metabólica de microorganismos y enzimas endógenas (autólisis) y la oxidación química de los lípidos provocan la degradación de componentes químicos y la formación de nuevos, **responsable de cambios** (<https://doi.org/10.3390/foods10040780>) en la seguridad y la calidad sensorial. La **oxidación lipídica** (<https://doi.org/10.1590/fst.32518>) es uno de los principales procesos que causan el deterioro de la calidad de los productos pesqueros, promoviendo la acumulación de radicales libres y la rancidez.

El desarrollo microbiano es el principal mecanismo de deterioro oxidativo del pescado, donde los lípidos se oxidan tanto por medios enzimáticos como no enzimáticos. Las grasas del pescado son más susceptibles a la oxidación, tanto por su mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados como por el rápido crecimiento microbiano. Las técnicas de refrigeración, ultracongelación y congelación permiten almacenar el pescado durante períodos relativamente más largos sin cambios significativos en su calidad. Sin embargo, la oxidación lipídica no se detiene durante el almacenamiento en congelador, y la refrigeración (almacenamiento a 0-4 °C) **no puede garantizar largos períodos de conservación** (<https://doi.org/10.3390/foods11081100>) del pescado. La **super-congelación** (<https://doi.org/10.3390/foods9121739>), que adopta temperaturas intermedias entre la refrigeración y la congelación, permite congelar solo entre el 5 y el 30 por ciento del agua contenida.

Con la congelación, todos los microorganismos dejan de desarrollarse, pero pueden permanecer en estado latente. De hecho, la congelación tiene un efecto bacteriostático. Para una mayor conservación de la carne, se realiza un glaseado, cubriendo los productos congelados con una fina capa de hielo (generalmente entre el 5 y el 15 por ciento, y hasta el 50 por ciento del peso del pescado). La ventaja potencial y única del recubrimiento con hielo reside en su capacidad para excluir el aire de la superficie del producto, previniendo la oxidación y, por lo tanto, prolongando su vida útil. Otra ventaja de esta tecnología es su bajo costo. En conclusión, la combinación de congelación y glaseado con hielo se encuentra actualmente entre los métodos más utilizados para conservar el pescado y los productos pesqueros en su estado natural.

Este artículo, [resumido](https://doi.org/10.3390/foods14081334) (<https://doi.org/10.3390/foods14081334>) de la [publicación original](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). (Dottori, I. et al. 2025. A Simulation of the Real-Time Shelf Life of Frozen Fish Products in a Bulk System Sale. *Foods* 2025, 14(8), 1334) – reporta sobre un estudio que simuló la vida útil en tiempo real de filetes congelados de dos tipos diferentes de pescado: atún aleta amarilla y merluza Argentina.



(<https://link.cttbl.com/aquapod>).

Configuración del estudio

Para evaluar completamente el efecto de estas condiciones, se simuló una venta normal de pescado sin envasar utilizando dos tipos de pescado con un contenido lipídico muy diferente: atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, cortado en lonchas) y merluza argentina (*Merluccius hubbsi*, cortada en filetes), simulando una venta a granel.

Se aplicó un tratamiento de glaseado a todas las muestras al inicio y, durante el período de almacenamiento de 60 días, el glaseado se reaplicó a intervalos regulares en la mitad de las muestras (glaseadas), mientras que la otra mitad no se volvió a glasear (control). Para evaluar los cambios en la calidad de ambos productos, se determinaron el índice de peróxidos (IP), el nitrógeno básico volátil total (NBVT), las aminas biogénas y la composición volátil cada veinte días.

Para obtener información detallada sobre el diseño experimental, las muestras de pescado, las condiciones de almacenamiento, la recolección y el análisis de las muestras, consulte la publicación original.

Resultados y discusión

Mediante el análisis estadístico multivariante, fue posible distinguir entre las muestras de merluza y atún según su tiempo de almacenamiento, así como los diferentes tratamientos a los que se sometieron (con o sin re-aplicación del glaseado).

El Análisis de Componentes Principales (PCA; una técnica utilizada para enfatizar la variación y establecer patrones sólidos en un conjunto de datos) aplicado a los resultados de nuestro análisis de las muestras de merluza (Fig. 1) explicó el 93 por ciento de la varianza total, con tres componentes principales significativos (80, 8 y 5 por ciento, respectivamente). El gráfico de puntuación relativa de los

dos primeros componentes principales muestra una separación de las muestras según el tiempo de almacenamiento a lo largo del primer componente (de izquierda a derecha del gráfico) y una diferenciación de los filetes según el tratamiento (glaseado vs. control) a lo largo del segundo componente (de abajo a arriba del gráfico). La capa de hielo glaseado impide la entrada de aire a la superficie del producto, reduciendo así la tasa de oxidación.

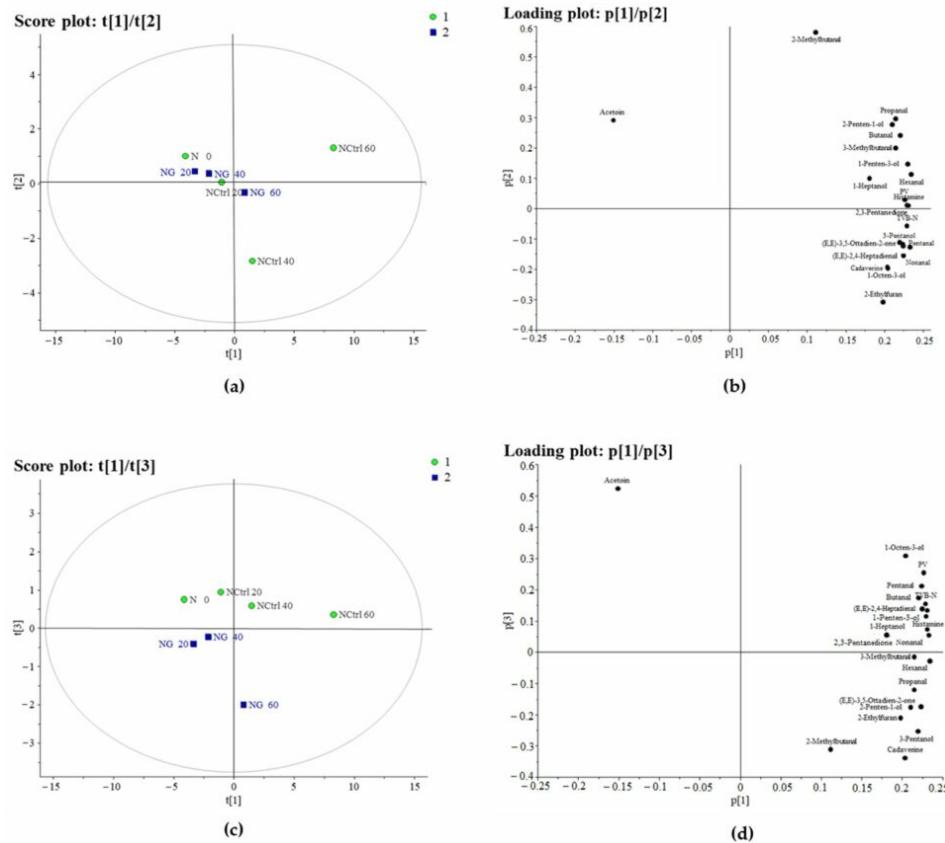


Fig. 1: (a) Gráficos de puntuación (t_1/t_2) y (b) de carga (p_1/p_2) del primer y segundo componente principal (que explican el 80 y el 8 por ciento, respectivamente) del modelo PCA, construido con las muestras de merluza. (c) Gráficos de puntuación (t_1/t_3) y (d) de carga (p_1/p_3) del primer y tercer componente principal (que explican el 80 y el 5 por ciento, respectivamente) del modelo PCA, construido con las muestras de merluza. Los puntos verdes representan las muestras de control, mientras que los cuadrados azules representan las muestras glaseadas.

El modelo PCA para el atún (Fig. 2) explica el 95 por ciento de la varianza total, con tres componentes principales significativos (cada uno explica el 80, el 8 y el 7 por ciento, respectivamente). El gráfico de puntuación del primer y segundo componente principal mostró una distribución de las muestras según el grado de conservación (de izquierda a derecha del gráfico de puntuación), independientemente del tratamiento al que se sometieron. A medida que aumentaba la duración del almacenamiento, aumentaba el contenido de varios compuestos relacionados con la descomposición del pescado.

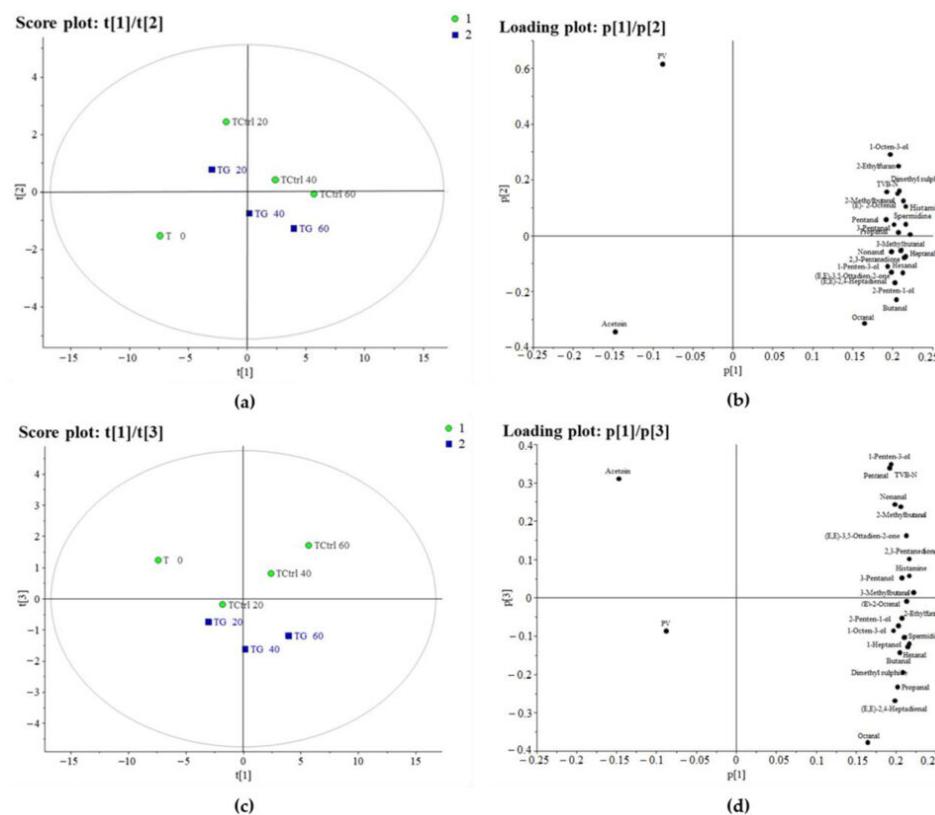


Fig. 2: (a) Gráficos de puntuación (t_1/t_2) y (b) de carga (p_1/p_2) del primer y segundo componente principal (que explican el 80 y el 8 por ciento, respectivamente) del modelo de PCA, construido con muestras de atún. (c) Gráficos de puntuación (t_1/t_3) y (d) de carga (p_1/p_3) del primer y tercer componente principal (que explican el 80 y el 7 por ciento, respectivamente) del modelo de PCA, construido con muestras de atún. Los puntos verdes representan las muestras de control, mientras que los cuadrados azules representan las muestras glaseadas.

En general, estos resultados preliminares sugieren que el proceso de glaseado, además de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, podría influir positivamente en las características de calidad de ambos pescados a lo largo de su vida útil. Por lo tanto, se realizaron análisis adicionales para evaluar la evolución de varios parámetros.

El índice de peróxidos es un parámetro para determinar el grado de oxidación lipídica, incluso en productos pesqueros. Durante el almacenamiento de un producto congelado, la oxidación lipídica es más lenta y, por lo tanto, se forman menos productos de oxidación. En el pescado, esto también depende del contenido lipídico inicial, la temperatura y la duración del almacenamiento. Los peróxidos se utilizan para medir los productos primarios de la oxidación lipídica, en particular los hidroperóxidos. Estos se descomponen reduciendo el índice de peróxido y generando una amplia variedad de moléculas de control de aldehídos.

Nuestro análisis mostró un aumento de estas moléculas durante la exposición a los productos analizados. El índice de peróxido aumentó significativamente inicialmente en ambos pescados, pero después de 40 días de almacenamiento, disminuyó significativamente en el atún, lo que indica la producción de compuestos de oxidación secundaria. En la merluza, después de 60 días, se observó una diferencia significativa entre las muestras glaseadas y las de control. Por el contrario, no se observó ninguna diferencia significativa en el atún, probablemente como consecuencia de la gruesa capa de glaseado inicial (20 por ciento) sobre las muestras de control, sometiéndolas así a condiciones de exposición muy similares a las de las muestras glaseadas.

El nitrógeno básico volátil total (TVB-N) es un índice de descomposición que determina la frescura del pescado; el límite legal es de 35 mg por 100 gramos. La producción de TVB-N está relacionada con el metabolismo de las bacterias de descomposición y la actividad de enzimas endógenas que degradan proteínas y compuestos nitrogenados no proteicos, generando compuestos volátiles de control de amoníaco (NH_3) y otros compuestos.

Ninguno de los productos, glaseados ni restaurados, superó los límites legales de TVB-N (<35 mg por 100 gramos) ni de histamina (<100 mg/kg), pero se mantuvo muy por debajo de estos límites. El contenido de TVB-N aumentó en ambos productos, pero no de forma significativa, ya que la actividad microbiana se inhibió a temperaturas de congelación. No se observaron diferencias significativas entre las muestras glaseadas y las de control en ambos pescados. Esto podría atribuirse a que, en un producto almacenado en congelado, la actividad microbiana y enzimática se minimiza. Durante la conservación en congelado, la frescura del pescado puede disminuir debido al lento crecimiento microbiano y a la actividad enzimática en los tejidos musculares.

La actividad microbiana es responsable de la producción de **aminas biógenas** (https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1_1), como la histamina, la cadaverina, la tiramina y la putrescina. Algunos factores que influyen en la actividad microbiana y enzimática son la temperatura, el pH, la actividad del agua y la disponibilidad de oxígeno. La combinación de estos factores puede ser responsable de la variabilidad del contenido de aminas biógenas. La prevención de la formación de aminas biógenas en el pescado crudo se basa principalmente en la refrigeración rápida tras la captura y el posterior almacenamiento a temperaturas heladas, así como en buenas prácticas de manipulación e higiene a bordo de los buques. Se puede utilizar hielo, hielo líquido o agua de mar refrigerada mecánicamente para enfriar el pescado después de la cosecha. Una de las aminas biógenas más importantes es la histamina, y en la UE el límite legal es de 100 mg/kg.

Se encontró histamina en ambos peces, mientras que cadaverina se encontró en la merluza y espermidina en el atún. Las aminas biógenas, en particular la histamina, aumentaron significativamente en ambos peces durante el ensayo de 60 días. En particular, en la merluza, se observó una diferencia significativa entre las muestras glaseadas y las de control. En el atún, los niveles de histamina fueron superiores a los de la merluza, pero no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de control y las glaseadas. Los valores de histamina alcanzados al final del ensayo se situaron por debajo del límite legal. El glaseado desempeñó un papel fundamental en la inhibición de la formación de histamina. La producción de aminas biógenas puede estar relacionada con la composición de la carne del pescado, lo que explica por qué las aminas encontradas en las dos especies de pescado evaluadas aquí no fueron las mismas, excepto en el caso de la histamina, cuyos valores fueron muy diferentes.

Los compuestos volátiles pueden generarse por reacciones enzimáticas, oxidación lipídica o acción microbiana. La acción de los microorganismos es irrelevante durante el almacenamiento a temperatura de congelación; sin embargo, la congelación no puede prevenir la oxidación lipídica, lo que da lugar a la formación de sustancias volátiles. La oxidación de los lípidos se expresa comúnmente mediante el

índice de peróxido (IP) y las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS; formadas como productos de degradación de las grasas). Sin embargo, dado que los peróxidos se descomponen en subproductos de oxidación y los TBARS no son específicos, la evaluación de compuestos volátiles es un método popular para evaluar la oxidación lipídica en la merluza. En general, las **principales sustancias formadas** (<https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.011>) son aldehídos, ésteres, cetonas y alcoholes. La Fig. 3 muestra los compuestos volátiles característicos de la merluza y el atún.

Fig. 3: Evolución de los compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos, cetonas y otros compuestos) de la merluza (a-d) y el atún (e-h). Los resultados son la media de dos determinaciones ± la desviación estándar. La comparación se realizó mediante una prueba t. Letras minúsculas diferentes indican una diferencia estadísticamente significativa en la misma muestra durante el almacenamiento; letras mayúsculas diferentes indican una diferencia estadísticamente

significativa entre los dos tratamientos al mismo tiempo. ** En T0, no hay mayúsculas porque las muestras son las mismas; por lo tanto, no se realizó una prueba t. T0 = 0 días; T1 = 20 días; T2 = 40 días; T3 = 60 días. Adaptado del original.

Los compuestos volátiles de la merluza, principalmente aldehídos, alcoholes y cetonas, mostraron aumentos significativos hacia el final del ensayo, y se observó una diferencia significativa entre las muestras glaseadas y las de control. En el atún, se observó un aumento de estas sustancias a lo largo del almacenamiento, pero no se observaron diferencias significativas entre las muestras glaseadas y las de control.

En la merluza, se observó una diferencia entre la muestra de control y la glaseada, menor que la observada en el atún, probablemente debido al glaseado del 20 por ciento. El aumento de compuestos volátiles refleja lo observado en el análisis del índice de peróxidos, ya que son productos secundarios y primarios de la oxidación, respectivamente, lo cual también concuerda con los informes de otros autores.

Perspectivas

Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio centrado en el impacto de diferentes factores, como la luz y el oxígeno, en productos pesqueros congelados y glaseados a lo largo del tiempo, evaluando parámetros importantes de seguridad y calidad durante un estudio de vida útil en tiempo real.

Las diferentes composiciones de ambos pescados influyen significativamente en su alteración. En la merluza, la re-aplicación del glaseado fue clave para mantener la calidad y condujo a una mejor conservación, algo que no se demostró en el atún (probablemente debido al glaseado inicial del 20 por ciento). Por lo tanto, se podría asumir que el glaseado podría re-aplicarse durante las ventas a granel, dependiendo del tipo de pescado, ya que es una práctica económica y que ahorra tiempo. Además, cabe mencionar que estos productos normalmente no se mantienen a la venta durante 60 días, sino que tienen una vida útil más corta. Este estudio ha demostrado cómo el re-glaseado puede tener un efecto positivo en la conservación del pescado; sin embargo, de cara al futuro, también se podría considerar añadir moléculas funcionales con actividad.

Authors



ILENIA DOTTORI

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia, Italy

**STEFANIA URBANI**

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

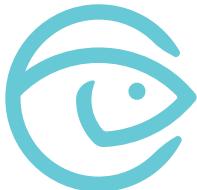
**LUIGI DAIDONE**

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

**ARIANNA BONUCCI**

Corresponding author
Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

arianna.bonucci@unito.it (<mailto:arianna.bonucci@unito.it>).

**MATTEO BECCERICA**

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

**ROBERTO SELVAGGINI**

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy



BEATRICE SORDINI

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy



RAFFAELLA BRANCIARI

Department of Veterinary Medicine, University of Perugia, 06126 Perugia, Italy



GIANLUCA VENEZIANI

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy



DAVIDE NUCCIARELLI

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy



AGNESE TATICCHI

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

**MAURIZIO SERVILI**

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

**SONIA ESPOSTO**

Department of Agriculture, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, 06126 Perugia,
Italy

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.