

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**“Estudio de tecnologías de
envasado para prolongar la vida
útil de productos cárnicos”**

**Doble Mención: Industrias Agrarias y
Alimentarias y Hortofruticultura y Jardinería**

Modalidad: Técnico-experimental

Curso 2018/2019

Alumno/a: Minerva Carmona Fernández

Director/es:

**María Josefa López López
María del Mar Reboloso Fuentes**

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Maarten Baele darme la oportunidad de iniciarme en el mundo de la investigación en la Universidad de Gante, la cual ha sido una experiencia muy enriquecedora que me ha llenado personal y profesionalmente. Quien tanto me ha enseñado y ayudado, gracias a él he descubierto lo que me apasiona. Ha sido una experiencia única trabajar y compartir resultados de experimentos gracias a su paciencia y dedicación.

En segundo lugar, a mis tutoras del TFG, María José López López y María del Mar Reboloso Fuentes, por su capacidad de adaptación y por todo lo que me han enseñado y ayudado. Además, de ser estupendas personas y docentes. Sin ellas esto no habría sido posible.

A mis padres, Antonio y Paqui, por ayudarme siempre que lo necesito, por su paciencia, apoyarme en mis decisiones y cumplir mis sueños de aprender en otras universidades extranjeras y españolas. A mi madre, por escucharme y aconsejarme siempre. Sin ellos no hubiera podido llegar a donde estoy hoy.

A mi querida amiga Marta Moreno Conde, compañera de carrera, quien conocí durante mi intercambio en la Universidad de Córdoba, quien me dio fuerza, motivación y confianza en mi misma para conseguir lo que me proponga. Gracias a ella, también he conseguido llegar hasta aquí de una forma que antes no hubiera imaginado.

A mis amigas de siempre, Isabel y Lucía y, a las buenas amistades que he conseguido durante esta etapa universitaria que me han hecho crecer como persona.

Índice

Resumen/ Abstract	4
1. Memoria descriptiva del trabajo técnico	5
1.1. Justificación y objetivos	5
1.2. Calidad de los productos cárnicos: alteraciones y factores influyentes	9
1.3. Estrategias para prolongar la vida útil de los productos cárnicos	11
2. Fases de la realización y cronograma asociado	14
3. Competencias de la titulación integradas en el desarrollo del proyecto	14
4. Especificaciones y requerimientos técnicos	15
4.1. Información del producto cárnico	15
4.2. Equipos empleados	17
4.3. Desarrollo de estrategias para prolongar la vida útil	20
5. Análisis de parámetros indicadores de calidad	26
5.1. Medida de concentración de gases	26
5.2. Análisis de color	26
5.3. Medida del pH	27
5.4. Tratamiento de datos	28
6. Especificaciones generales y administrativas	28
6.1. Legislación	28
7. Resultados y discusión	29
7.1. Influencia de la disposición de las lonchas de fiambre de cerdo en el envasado ..	29
7.2. Importancia de la composición de gases aplicados mediante la atmósfera modificada	31
7.3. Análisis de la permeabilidad de los polímeros empleados en los envases	33
7.4. Efecto de la incorporación de absorbente de oxígeno al envase	35
7.5. Impacto del uso de absorbente de oxígeno en envases de baja y elevada barrera	38
8. Conclusiones y recomendaciones técnicas	44
9. Bibliografía	44
ANEXO 1	48
LISTADO DE ABREVIATURAS	49

Resumen/ Abstract

La decoloración en fiambre de cerdo durante su almacenaje, es una de las principales razones por la que el consumidor rechaza dicho producto cárnico. Existen diversas técnicas de envasado y conservación que permiten mantener y mejorar la calidad de este producto cárnico cocido. El objetivo de este estudio ha sido investigar la influencia de varias condiciones de envasado en fiambre de cerdo en el mantenimiento de sus propiedades, incluyendo, disposición de las lonchas en el envase, gases empleados en la atmósfera modificada, tipo de polímero empleado en el envase y tipo de iluminación durante el almacenaje del producto. Para ello, se han envasado lonchas de fiambre de cerdo en envases con distintos niveles de permeabilidad, se han refrigerado durante diferentes tiempos y, se han sometido a distintos tipos de iluminación: LED, fluorescente u oscuridad. Asimismo, se ha estudiado el efecto de un absorbente de oxígeno en el film del envase. Las lonchas de fiambre refrigeradas bajo iluminación, presentaron un mayor deterioro que las almacenadas en oscuridad, siendo el daño mayor por iluminación fluorescente. Los envases que actuaron como elevada barrera fueron más adecuados que los de baja barrera. El absorbente de oxígeno posee un uso limitado, por lo que se puede optar por un tamaño del adhesivo adecuado a las necesidades de tiempo de utilización. Estas condiciones idóneas para la conservación de fiambre de cerdo, generan un relevante potencial en la industria alimentaria, ya que se pueden reducir las pérdidas económicas por deterioro del producto cárnico cocido, además de la disminución de aditivos para la conservación de alimentos cada vez más demanda por el consumidor.

Palabras clave: fiambre de cerdo, envasado, atmósfera modificada, vida útil, iluminación, color, oxidación.

The discoloration in cooked ham is one of the main reasons why consumers turn it down. Thus, the quality of this cooked meat product can be improved by using several packaging and preservation techniques. The objective of this study has been to investigate the influence that certain packaging conditions have in cooked ham, such as: the position of slices within the packaging, the gases used in modified atmosphere, the type of polymer used for packaging and the kind of illumination during storage. For that, cooked ham slices have been packaged with different levels of packaging permeability, stored refrigerated during several times and exposed to different kinds of illumination: LED, fluorescent or darkness. Besides, the effect of using an oxygen absorber in the film of the packaging has also been studied. The cooked ham that has been chilled under illumination has had a higher deterioration than those slices that have been chilled in darkness. Furthermore, the highest damage has been caused by fluorescent illumination. The high barrier packaging has shown positive results in comparison with the low barrier packaging. The oxygen absorber has a limited use, so it can be possible to get a suitable size according to the necessary time of use. These ideal conditions for the preservation of cooked ham produce an important potential in food industry, since the economic losses due to the deterioration of cooked meat products can be reduced, as well as the decrease of additives for food preservation which is in increasing demand by consumers.

Keywords: cooked ham, packaging, modified atmosphere, shelf-life, light, color, oxidation.

1. Memoria descriptiva del trabajo técnico

1.1. Justificación y objetivos

En los últimos años se ha incrementado la demanda de productos alimenticios saludables, que posean características definidas por la frescura y la calidad sanitaria, lo que ha conllevado una importante necesidad de investigación y desarrollo de diferentes alternativas para la conservación de alimentos (Berk, 2018). Asimismo, el auge del mercado de productos listos para su consumo (productos de IV y V gama) provocado por los cambios de estilo de vida, ha hecho necesario la implementación de nuevas técnicas de conservación para tales productos, que se distinguen por tener una limitada vida útil, debido a su elevada susceptibilidad a la contaminación microbiana (Incoronato *et al.*, 2015).

El consumidor solicita, cada vez más, además de una garantía de seguridad alimentaria, una buena calidad sensorial del producto, en el que no aparezcan sabores y olores no deseables y, que presente una adecuada apariencia. Es por ello que, mediante el empleo de diversas técnicas tales como atmósfera modificada o envasado activo, se podría disminuir la adición de aditivos al alimento, prevenir la producción de sustancias tóxicas que se forman durante el tratamiento térmico del alimento y, evitar la presencia de bacterias que originan sabor y olor desagradables, descomponen el producto o provocan infecciones intestinales (Urzúa, 2016).

La contaminación microbiana de los alimentos ocasiona grandes pérdidas económicas, que pueden alcanzar casi el 33% del suministro total de alimento. Adicionalmente, los procesos de producción, post cosecha, procesado y distribución contribuyen a enormes pérdidas de alimentos (Batt, 2016) (Fig. 1). Así por ejemplo, alrededor del 90% de la comida que se desperdicia en Asia y África acontece durante tales procesos.

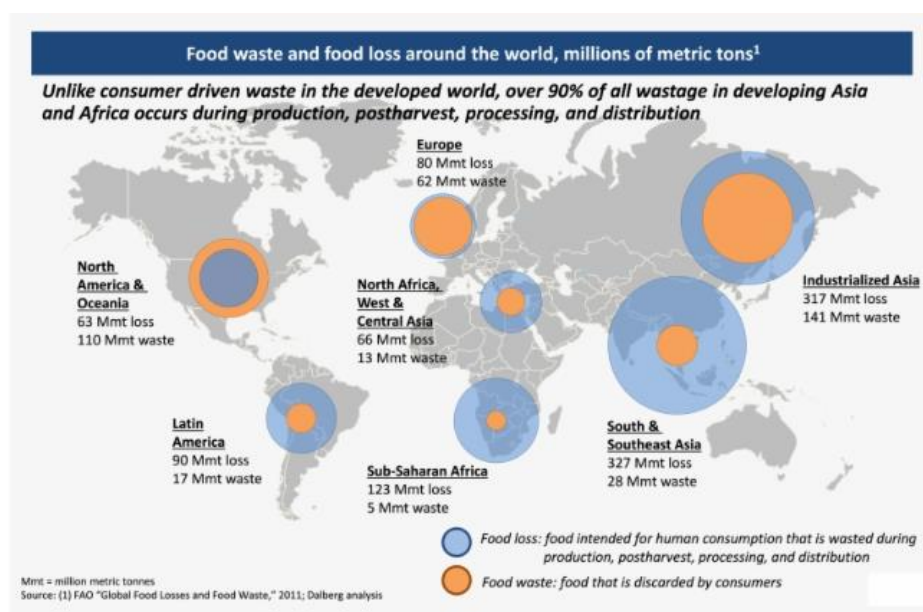


Figura 1: Distribución global de desperdicio y pérdida de alimentos (millones de toneladas) (FAO, 2011. Dalberg Analysis).

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) se centra principalmente en diversos aspectos relacionados con la conservación de productos cárnicos. Un factor que contribuye a la pérdida económica durante la conservación y distribución de los alimentos, es el deterioro de los mismos que conduce a una reducción en su precio de mercado o a un rechazo total por parte del consumidor. Así por ejemplo, en el caso de la venta de carne al por menor, el precio de mercado se puede reducir hasta en un 15% como consecuencia de la pérdida de color de su superficie (Mancini y Hunt, 2005).

Existen múltiples deterioros que pueden conducir a la pérdida de calidad y aspecto visual de los alimentos. Entre otros destacan la formación de componentes volátiles, que provocan olores indeseables y/o afectan a la permeabilidad del envasado; la aparición de líquido o babosa en el alimento; o la variación del color del mismo (Nychas *et al.*, 2008). Algunas de estas alteraciones están causadas por el crecimiento de microorganismos en el alimento cuyo metabolismo da lugar a la producción de compuestos que alteran su calidad sensorial (Gram *et al.*, 2002).

En el caso de los productos cárnicos, las bacterias Gram-positivas y, en particular, los miembros del filo Firmicutes, se reconocen como los principales agentes implicados en la alteración de dichos productos (Bron y Kleerebezem, 2011). Asimismo, las bacterias ácido lácticas, en concreto, *Enterococcus faecalis* y *Enterococcus faecium*, son capaces de producir la coloración verdosa en productos cárnicos (Foulquié-Moreno *et al.*, 2006). Concretamente, *E. faecalis* predomina como agente contaminante y alterante en fiambres cocidos envasados mediante atmósfera modificada (Vasilopoulos *et al.*, 2008).

Otras especies de bacterias Gram-positivas implicadas en el deterioro durante la cadena de producción de carne, desde el animal hasta la obtención del producto comestible (Remenant, 2014), son especies psicrotróficas, tales como *Brochothrix thermosphacta* (Russo *et al.*, 2006). Esta especie predomina en derivados cárnicos envasados bajo atmósfera modificada, destacando de la misma forma *Carnobacterium*, *Lactobacillus* o *Leuconostoc* (Borch *et al.*, 1996; Ercolini *et al.*, 2006).

Por otro lado, se ha comprobado que la presencia de *B. thermosphacta* en productos cárnicos envasados al vacío, está relacionada con el oxígeno disponible en el envase. Por tanto, este dominio depende de parámetros que condicionan el nivel de oxígeno en el envase, tales como: la permeabilidad del film y la constitución del gas residual (Gribble y Brightwell, 2013). Este tipo de envasado, presenta usualmente una cantidad de oxígeno residual suficiente para que *B. thermosphacta* produzca olores no deseables (Remenant, 2014).

Algunas estrategias para limitar el crecimiento y la contaminación microbiana de alimentos implican modificaciones que limiten su crecimiento. Los microorganismos no crecen con un nivel de actividad de agua inferior a un valor límite, según el microorganismo. Por ello, la adición de solutos tales como sal o azúcar, son recursos que se basan en la reducción de la actividad del agua para disminuir la presencia de microorganismos (Berk, 2018). No obstante, estas operaciones modifican tanto el sabor como las propiedades saludables del producto (Batt, 2016). Algunos investigadores han corroborado que las sales del ácido láctico (lactatos), podrían producir efectos positivos en productos cárnicos respecto al sabor, color, jugosidad y ternura (Maca *et al.*, 1997) a la vez que retrasan el desarrollo de patógenos (Mbandi y Shelef, 2001).

Durante el proceso de producción de derivados cárnicos cocidos, estos son sometidos a tratamientos térmicos con el fin de destruir microorganismos y enzimas a elevadas temperaturas. El grado de destrucción es dependiente de la temperatura, el tiempo de aplicación y la resistencia del microorganismo o enzima frente al calor. Además, hay que tener en cuenta que la temperatura no sólo destruye microorganismos y enzimas, sino que también aumenta la velocidad de las reacciones químicas que provocan cambios en la textura, sabor, color, digestibilidad, apariencia y valor nutricional del alimento (Berk, 2018).

Igualmente, otro factor que afecta a la calidad de los productos cárnicos, es la oxidación de la carne, el cual es uno de los principales problemas que presentan las industrias cárnicas, ya que la oxidación lipídica en el músculo aparece de inmediato tras el sacrificio animal. Esto se puede inhibir mediante el empleo de antioxidantes sintéticos tales como butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroquinona (TBHQ) y propilgalato (PG). Sin embargo, algunos investigadores poseen indicios de que tales compuestos puedan tener efectos nocivos para la salud humana. Por ejemplo, BHA y BHT, tienen nitratos, benzoatos, sulfitos, sorbatos y formaldehído, entre otros (Sultana *et al.*, 2014), los cuales pueden tener efectos cancerígenos, por lo que su empleo se ha limitado (Kim *et al.*, 2013). Además, los consumidores exigen productos “naturales”, por lo que no sería una opción viable y, se tendría que optar por el empleo de otras tecnologías para evitar la alteración del producto (Djenane *et al.*, 2005).

Así por ejemplo, para evitar la oxidación cárnica, se puede recurrir al empleo de agentes antibacterianos, tales como extractos de especias y hierbas, aceites esenciales, ácidos orgánicos, sales y bacteriocinas (Jaloszinska y Wilczak, 2009; Jamilah *et al.*, 2018). Además, los extractos de plantas poseen características saludables, ya que tienen efectos anti tumorales y protectores de estómago (Balentine *et al.*, 2006). Por su parte, las bacteriocinas, son proteínas producidas principalmente por bacterias ácido lácticas, las cuales inhiben el crecimiento de otras bacterias (Cleveland *et al.*, 2001), incluyendo diversos patógenos, con lo que prolongan la vida útil y reducen oxidaciones lipídicas y de pigmentos (Hugo y Hugo, 2015). Adicionalmente, se ha propuesto el empleo de conservantes procedentes de animales, tal es el caso del quitosano del pescado, producto desacetilado de la quitina, que es uno de los biopolímeros más abundantes de la tierra tras la celulosa (Hugo y Hugo, 2015) que posee cualidades antioxidantes y antimicrobianas (Bañón *et al.*, 2007).

Además, un inconveniente adicional que presentan los productos cárnicos a la hora de su comercialización, es la exposición a la iluminación fluorescente en las vitrinas frigoríficas (Fig. 2). Esta iluminación pretende destacar los tonos rojos de la carne, uno de los principales reclamos como indicadores de calidad cuyo cambio está relacionado con alteraciones de las propiedades químicas de la carne, tanto del olor como del color. El tipo de iluminación que se emplea durante la exposición genera radiaciones UV y, por tanto, un efecto pro-oxidante que puede afectar a la apariencia de la carne. Asimismo, los envases son transparentes, de forma que resulte más atractivo el producto para el consumidor, lo cual origina una leve barrera frente a las radiaciones UV. Todo esto provoca el desperdicio de grandes cantidades de productos cárnicos, debido a que el cliente da relevancia al aspecto físico del producto (Djenane *et al.*, 2005). Además, es fundamental disponer el producto en un adecuado sistema de envasado que prevenga de

la contaminación de los derivados cárnicos por agentes patógenos. Entre ellos destacan especialmente en este tipo de productos la listeriosis, debido a la ingestión de *L. monocytogenes*, la cual afecta notablemente a personas ya enfermas y a mujeres embarazadas principalmente (Djenane *et al.*, 2005).



Figura 2: Derivados cárnicos envasados listos para su consumo con iluminación fluorescente en supermercado.

Métodos como el envasado en atmósfera controlada, el empleo de absorbentes de oxígeno en los envases y, evitar la disposición de los mismos en las vitrinas con iluminación inmediatamente después del proceso de envasado, ralentizan la actividad microbiana y las reacciones de oxidación, accionadas por la iluminación (Pérez y Andújar, 2000).

En este trabajo se comprueba la **eficacia de la aplicación de diferentes tecnologías de envasado, atmósferas modificadas e iluminación durante la conservación de productos cárnicos cocidos para la prolongación de su vida útil.**

El **objetivo principal** del estudio fue determinar la eficacia de estrategias para el aumento de la vida útil de lonchas de fiambre mediante la combinación idónea de envases específicos, atmósfera modificada y tipo de iluminación durante su almacenamiento.

Para la consecución de dicho objetivo se plantearon los siguientes **objetivos específicos**:

- Establecer el **efecto de la disposición del producto** en el envase sobre el mantenimiento de su calidad.
- Determinar el **efecto del tipo de envase**, tanto bandeja como lámina de plástico que la recubre (film), sobre la vida útil del producto.
- Analizar el **impacto de la composición de la atmósfera** de envasado sobre la calidad del producto y el mantenimiento de sus características.
- Estudiar el **efecto del tipo de iluminación** (LED, fluorescente, oscuridad) durante el almacenaje, sobre la vida útil del producto.
- Estimar el **impacto del uso de adhesivos absorbentes de oxígeno** en la durabilidad del producto.

- Determinar el **efecto combinado** de tecnologías de envasado, atmósfera modificada e iluminación sobre la vida útil del producto.

1.2. Calidad de los productos cárnicos: alteraciones y factores influyentes

Los cambios más relevantes que pueden darse en la carne y los productos cárnicos respecto a la calidad son:

- Reacciones químicas tales como oxidaciones lipídicas (rancidez) y de pigmentos (decoloración).
- Reacciones microbiológicas (contaminación y deterioro).
- Reacciones físicas, como por ejemplo, cambios en la textura (Robertson, 2010), aparición de limo y secreción de jugo, así como abultamiento del envase previamente a la fecha de caducidad del producto (Marcos Muntal, 2007).

Las modificaciones que se producen en la coloración de la carne y sus derivados, están relacionadas principalmente con reacciones de oxidación y reducción que se generan en sus pigmentos. El color de la carne se determina mayormente por los pigmentos: mioglobina (el cual puede llegar a formar el 90% del total de los pigmentos) y hemoglobina, las cuales son proteínas cuya función es aportar y almacenar oxígeno (Gill *et al.*, 2010), por tanto, se relacionan con las reacciones de oxidación y reducción que se generan en los pigmentos de la carne, tal y como se representa en la Figura 3.

A pesar del empleo de atmósfera modificada para prolongar la vida útil de un producto cárnico cocido, queda presente en el interior del envase hasta un 2% de oxígeno residual (Böhner *et al.*, 2014) que puede provocar la oxidación del pigmento nitrosomioglobina, el cual deriva de la mioglobina de la carne (Gibis y Rieblinger, 2011). En la carne, la mioglobina es una proteína que posee un átomo de hierro, y que le otorga la coloración roja a la carne (Böhner *et al.*, 2014).

La carne fresca, en presencia de aire, presenta un color rojo brillante, debido a que en su superficie predomina el pigmento oximioglobina, que es la forma reducida de la mioglobina (Pérez y Andújar, 2000).

En el caso de la carne curada, el color no depende de la presencia de oxígeno, si no del óxido nítrico, ya que al adicionar nitrito de sodio como conservante en la producción de este derivado cárnico, dicho compuesto reacciona con la mioglobina y con parte de hemoglobina generando nitrosopigmentos que otorgan el color rosado de las lonchas de fiambre, los cuales se alteran fácilmente por oxidación e iluminación (Pérez y Andújar, 2000).

Cuando el producto cárnico se somete a tratamientos térmicos entre 50-60 °C, tiene lugar la desnaturalización de la nitrosomioglobina (dMbNO) (Andersen *et al.*, 1988) la cual es la responsable del color rosado en productos cárnicos cocidos (Andersen y Skibsted, 1992). Siendo la nitrosomioglobina, el producto de la reacción entre el óxido nítrico y la mioglobina (Pérez y Andújar, 2000). En cambio, cuando dMbNO se expone a iluminación y oxígeno, se produce su oxidación a metmioglobina (MMb) (Møller *et al.*, 2000), dando lugar a una coloración superficial marrón-grisácea de la carne (Andersen y Skibsted, 1992). Dicha alteración, se puede ralentizar a través del uso de un envase

impermeable al oxígeno y agua (Pérez y Andújar, 2000). Asimismo, se puede dar otro tipo de decoloración del producto, que produce una coloración verdosa del mismo (Fig. 4), porque haya una elevada concentración de nitrito, así el grupo hemo del pigmento es posible que continúe reaccionando y, se obtienen compuestos porfirínicos nitrificados de color verde (Pérez y Andújar, 2000).

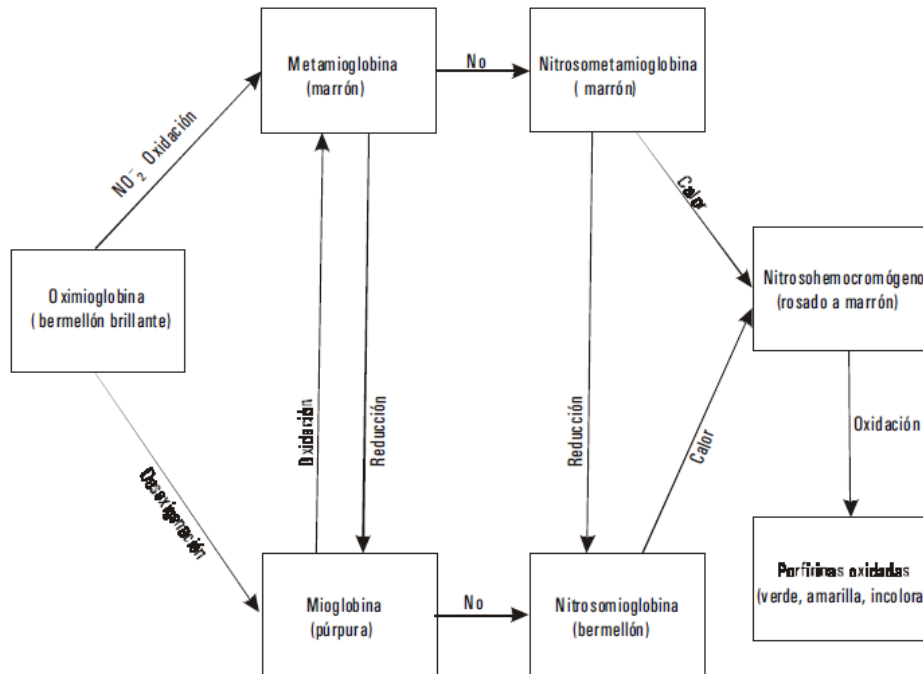


Figura 3: Ciclo de color en las carnes curadas (Pérez y Andújar, 2000).



Figura 4: Coloración verdosa en lonchas de jamón curado envasado.

Por tanto, la iluminación es más perjudicial en productos cárnicos cocidos respecto a frescos, ya que la existencia de oxígeno en los derivados cárnicos cocidos genera oxidaciones de los pigmentos y, si se adiciona la presencia de luz, las oxidaciones se producen de una forma más rápida. Por ejemplo, en un periodo de 3 días, la carne fresca no se ve afectada por la presencia de luz. Por lo contrario, en la carne curada se genera decoloración en cuestión de 1 hora por la existencia de oxígeno (Pérez y Andújar, 2000).

Los productos cárnicos poseen leves barreras frente al desarrollo de microorganismos, como son: pH alrededor de 6, un contenido en sales en torno al 2% y un valor de actividad de agua a partir de 0,95 (Mataragas *et al.*, 2003). No obstante, éstos no son suficientes para prevenir su contaminación y, por otro lado, la aplicación de pasteurización en derivados cárnicos no evita completamente el deterioro de los mismos (Marcos Muntal, 2007). Por otro lado, a pesar del uso de métodos adecuados que favorezcan la calidad higiénica del producto y envasado, el deterioro microbiano es el factor determinante para la aceptación del producto cárnico (Robertson, 2013), porque causa también decoloración en productos cárnicos cocidos (Pérez y Andújar, 2000).

Las bacterias ácido lácticas tienen la capacidad de crecer a bajas temperaturas, por ejemplo, durante la refrigeración, y son las causantes del deterioro de derivados cárnicos cocidos envasados en atmósferas con ausencia de oxígeno (Devlieghere *et al.*, 2000). También provocan coloración verdosa en la superficie de productos cárnicos. De igual forma las bacterias catalasa negativas, que también se desarrollan a bajas temperaturas, poseen la capacidad de generar y almacenar peróxido de hidrógeno en medio aeróbico, el cual es un compuesto fuertemente oxidante que daña los pigmentos. Por tanto, la ejecución de adecuadas prácticas de higiene y, el seguimiento de la temperatura del producto durante su proceso de cocción, inhibe el deterioro microbiano (Pérez y Andújar, 2000).

Por tanto, a pesar de la aplicación de tecnologías para prolongar la vida útil de derivados cárnicos, tales como atmósfera modificada y refrigeración, se pueden producir una deterioración de la calidad por la presencia de varias especies de bacterias, siendo *Leuconostoc* la bacteria más común en presencia de las tecnologías mencionadas anteriormente (Hultman *et al.*, 2015).

1.3. Estrategias para prolongar la vida útil de los productos cárnicos

1.3.1. Atmósfera modificada

Actualmente, el empleo de atmósferas modificadas (AM) juega un papel fundamental en el envasado de alimentos listos para su consumo, especialmente en el caso de productos cárnicos cocidos (Cabeza *et al.*, 2006).

La AM consiste en la combinación de un gas atmosférico, generalmente un gas inerte como el nitrógeno, y un gas que posea efectos antimicrobianos, como es el caso del dióxido de carbono (Spencer, 2005). Los gases más importantes que se usan en AM son: oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂), ya sea de forma individual o en conjunto (Robertson, 2013).

El O₂ fomenta diversos deterioros en los alimentos, tales como oxidaciones lipídicas y de pigmentos. Desde el punto de vista microbiológico, la mayoría de bacterias y hongos, precisan de oxígeno para su crecimiento. Por tanto, este gas debe estar presente en la mínima concentración posible, excepto en el caso de verduras y frutas, las cuales necesitan O₂ para respirar, así como en la carne fresca que lo exige para retener el color rojo (Robertson, 2013).

El CO₂ posee la capacidad de controlar la presencia de microbios mediante reducción del pH al solubilizarse en agua y disociarse para formar ácido carbónico. Esta disminución

del pH, inhibe el crecimiento de muchos microorganismos, tales como hongos y bacterias aeróbicas, aunque tiene un menor efecto contra levaduras y bacterias ácido lácticas (Spencer, 2005).

Por último, el N₂, minimiza las oxidaciones del producto, al permitir el mantenimiento de una baja concentración de O₂, debido a que el N₂ actúa como gas de relleno, remplazando al oxígeno y manteniendo la forma del envase (Kilcast y Subramaniam, 2000). Por esta razón (desplazamiento del O₂) también inhibe el desarrollo de bacterias aeróbicas, aunque no el de bacterias anaeróbicas (Robertson, 2013).

Adicionalmente, la AM actúa como una barrera extra junto con el propio envase, para prolongar la vida útil del alimento, mantener su seguridad alimentaria y evitar su contaminación por agentes patógenos. Igualmente, es importante que no se generen huecos de aire entre el alimento durante su envasado, por ello, se debe aplicar el N₂ a una elevada presión mediante la AM, de forma que se desplace eficazmente el O₂ y se disminuya la tasa de oxidación del alimento (Spencer, 2005).

De acuerdo con las características de cada gas y el efecto que producen, en AM es necesario conseguir un balance de gases que permita obtener el efecto deseado, es decir, preservar el alimento sin mermar sus características organolépticas y nutricionales. La composición de la AM va a depender no sólo del tipo de alimento a preservar sino también del envase en el que es almacenado.

1.3.2. Envasado

El envasado de la carne y derivados cárnicos es crucial para proteger el producto durante las distintas fases de procesado, fabricación, transporte y almacenaje, de forma que pueda llegar al consumidor con la mejor calidad. Para ello, se deben emplear los materiales poliméricos más adecuados, tanto en la bandeja como en el film, soldándose ambos mediante el termosellado. Este método precisa una temperatura y presión determinadas para su correcta ejecución, así como para asegurar la prolongación de la vida útil del producto a envasar.

Los envases actúan como una barrera entre el alimento y el ambiente que le rodea, permitiendo su protección frente a la luz (Berk, 2018), el control de la humedad, la temperatura, la preservación de la atmósfera de gases, y la protección frente a la contaminación microbiana y ambiental y, por tanto, evitan el deterioro del producto y su consiguiente desperdicio (Robertson, 2013). Recientemente, se han diseñado envases activos que no sólo presentan las funciones previamente indicadas, si no que adicionalmente presentan agentes conservadores que funcionan como antioxidantes (Berk, 2018).

Los productos cárnicos cocidos, tal y como se ha comentado previamente, son sensibles a la presencia de oxígeno, el cual puede incorporarse al interior del envase por transmisión a través del envase, o presentarse desde el inicio como oxígeno residual tras el termosellado del envase. Por estas razones, la exclusión total de oxígeno no es posible. Es por ello que, el polímero empleado para el envasado, debe ser una barrera que mantenga los gases necesarios para la conservación del producto durante el periodo de almacenado. La tasa de transmisión de oxígeno variará en función de la temperatura,

grosor y tipo de material polimérico empleado en el envase y, en algunos casos, la humedad. Asimismo, este rango de transmisión de oxígeno tiene que ser medido a través del film del envase. Según algunas investigaciones, cuanto menor es la temperatura, menor es este rango, es por ello que el producto precisa de refrigeración durante su almacenaje (Jakobsen *et al.*, 2005).

1.3.3. Iluminación durante el almacenaje

La exposición de los productos cárnicos cocidos a la luz, constituye una de las principales causas que dificultan el mantenimiento del color de los mismos, ya que favorece la oxidación de los pigmentos, es decir, la decoloración superficial de la carne curada (Pérez y Andújar, 2000).

El mantenimiento de la buena calidad del producto está determinada, entre otros, por la iluminación que recibe durante su almacenamiento, su intensidad y longitud de onda, y la duración de la exposición. La iluminación afecta entre otros a algunos pigmentos de la carne que son sensibles a un determinado rango de longitud de onda. Así por ejemplo, se ha demostrado que la nitrosomioglobina es capaz de absorber luz en los siguientes rangos: 421, 545-548 y 575-579 nanómetros (nm), por lo que es sensible a estos rangos de longitud de onda (Møller y Skibsted, 2004; Sørheim *et al.*, 2006).

Los tipos de lámparas que se emplean usualmente en los comercios son tubos fluorescentes y lámparas LED (Barbut, 2001), las cuales presentan diferentes irradiancias según el rango de longitud de onda que presenten (Tabla 1). La irradiancia se define como la energía que llega a un cuerpo (producto cárnico), a través del espacio de otro cuerpo que la ha emitido (lámparas de iluminación).

Tabla 1: Irradiancia (W/m^2) diaria de la iluminación de tubo fluorescente y lámpara LED, agrupada en tres grupos de rangos de longitudes de onda: corto (300-550 nm), medio (551-800 nm) y largo (801-1100 nm) (Böhner *et al.*, 2014).

Rangos de longitud de onda	Fluorescente	LED
Corto (300-550 nm)	1,69	0,87
Medio (551-800 nm)	0,91	1,81
Largo (801-1100 nm)	0,11	0,01

Una alternativa para inhibir la afectación de la calidad nutricional de los alimentos debido a la luz, es la aplicación de tintes de recubrimiento en los envases, los cuales son capaces de absorber determinadas longitudes de onda de la luz. Recientemente se han integrado nano partículas de dióxido de titanio en films de plástico, los cuales poseen la función de absorber rayos UVA y UVB (Robertson, 2013).

2. Fases de la realización y cronograma asociado

Para el desarrollo de los objetivos previamente mencionados se organizaron diferentes tareas que se abordaron en las siguientes fases de acuerdo con el cronograma expuesto en la Figura 5:

- Fase 1. Revisión bibliográfica: Estudio de los problemas actuales en las industrias alimentarias respecto al envasado y vida útil de productos cárnicos cocidos y factores relevantes a considerar.
- Fase 2. Establecimiento de parámetros a considerar.
- Fase 3. Diseño experimental.
- Fase 4. Desarrollo del estudio.
- Fase 5. Procesado de datos.
- Fase 6. Redacción de la memoria.

La Fase 4 de este trabajo se desarrolló parcialmente en el laboratorio de Microbiología y Conservación de Alimentos del Departamento de Seguridad y Calidad alimentaria de la Universidad de Gante (Bélgica) bajo la supervisión de Maarten Baele (investigador), Frank Devlieghere (profesor) y las directoras de la Universidad de Almería.

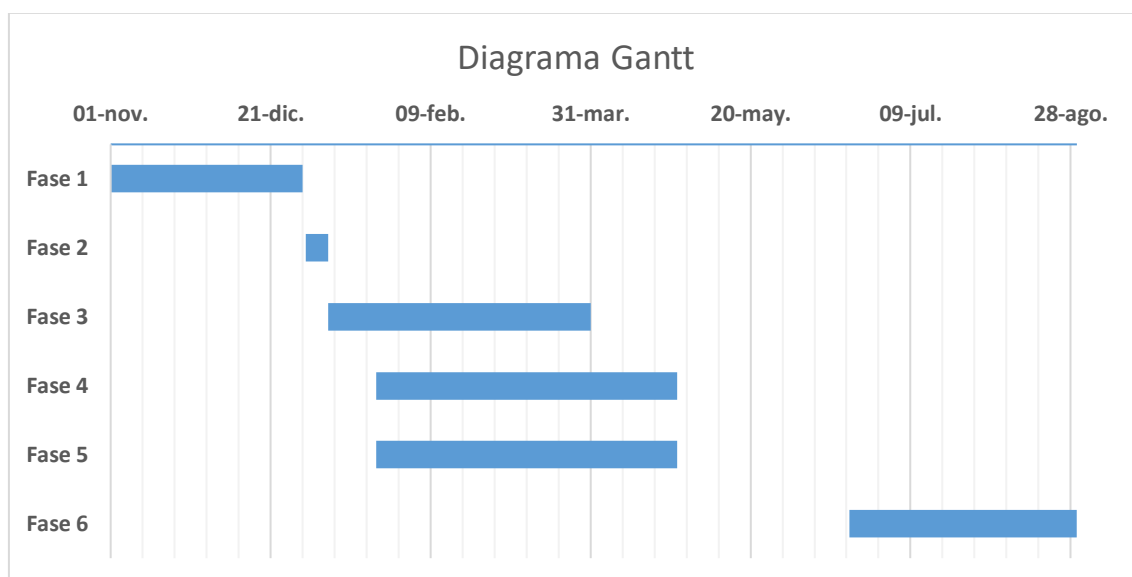


Figura 5: Representación de la cronología del proyecto a través de un Diagrama de Gantt.

3. Competencias de la titulación integradas en el desarrollo del proyecto

- **E-CB03**– Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

Se llevó a cabo el análisis de datos a través de diferentes programas informáticos con el fin de la obtención de gráficas e interpretación de resultados.

- **E-CB04**– Conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.

Se emplearon conocimientos de química relacionados con diferentes tipos de oxidaciones y reacciones que se dan en el producto cárnico y, la comprensión del objetivo de la medición de pH.

- **CTI01** – Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de Ingeniería y tecnología de los alimentos: Ingeniería y operaciones básicas de alimentos. Tecnología de alimentos. Procesos en las industrias agroalimentarias. Modelización y optimización.

Se adquirieron habilidades sobre el uso de equipos de envasado en industrias alimentarias con atmósfera modificada y, se conoció la relevancia de las diversas condiciones de almacenaje de los productos cárnicos para su conservación.

- **CTI02** – Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de Ingeniería y tecnología de los alimentos: Gestión de la calidad y de la seguridad alimentaria. Análisis de alimentos. Trazabilidad.

Se realizaron varios análisis físico-químicos del producto cárnico, para demostrar la solidez de la seguridad y calidad alimentaria.

4. Especificaciones y requerimientos técnicos

4.1. Información del producto cárnico

El producto cárnico, empleado para este estudio de envasado, es jamón cocido y, se trata de un derivado cárnico pasteurizado, en concreto, lonchas de fiambre de cerdo, siendo una clasificación establecida en el Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos, debida a la adición de fécula en sus ingredientes.

La pasteurización consiste en un proceso a través del cual se destruyen las formas vegetativas de los microorganismos patógenos de los alimentos y, se destruye o inactiva la casi totalidad de la microbiota banal, sometiendo los alimentos a temperaturas variables, en función del tiempo de tratamiento, de forma que no sufran modificaciones esenciales en su composición y se asegure su conservación a temperatura adecuada durante un periodo de tiempo no inferior a cuarenta y ocho horas, requiriéndose refrigeración para la conservación del producto (RDL 474/2014, de 13 de junio).

En este trabajo se emplearon dos tipos de fiambre de jamón cocido comercializados en Bélgica, lugar en el que se realizaron parte de los experimentos (Figuras 6 y 7).



Figura 6: Fiambre de cerdo A.



Figura 7: Fiambre de cerdo B.

El Fiambre de cerdo A se empleó para todos los experimentos que se describen en el apartado 4.3., excepto para el último, para el cual se usó el Fiambre de cerdo B.

Estos derivados cárnicos se obtienen a partir de piezas cárnicas completas, carnes picadas o a partir de sangre, grasa o menudencias (RDL 474/2014, de 13 de junio). El proceso de fabricación concreta de los productos empleados es confidencial, por lo que sólo se puede informar de su procesado general (pasteurización) y composición de acuerdo con el etiquetado (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los fiambres de cerdo empleados en el estudio.

Denominación	Composición	Empresa productora
Fiambre de cerdo A	Carne de cerdo (68%), agua, almidón de patata, sal, hierbas y especias (mostaza, soja), dextrosa, jarabe de glucosa, proteína de la leche, antioxidantes (ascorbato de sodio y citrato de sodio), conservante (nitrito de sodio), estabilizadores (polifosfatos, goma guar), agente colorante (rojo de cochinilla).	Delhaize Le Lion (Bruselas, Bélgica).
Fiambre de cerdo B	Carne de cerdo 71%, agua, almidón de patata, sal, dextrosa, estabilizador (difosfatos), saborizantes, fibra alimentaria, antioxidantes (ácido ascórbico, ascorbato de sodio, lactato de potasio), conservante (nitrito de sodio), colorante (cochinilla).	TerBeke-Pluma NV (Wommelgem, Bélgica).

Las sales sódicas presentes en el producto, poseen las funciones de solubilizar las proteínas de la carne y expandir las estructuras cuaternarias, por lo que retienen agua y generan la ligación del producto final (Marcos Muntal, 2007).

Por otra parte, el nitrito produce el color rosáceo propio de los productos cárnicos cocidos, y, adicionalmente ejercen un efecto bactericida frente a especies de la familia *Enterobacteriaceae* y de *Clostridium perfringens* y *Staphylococcus aureus*, siendo especialmente letal para *Clostridium botulinum* (López y col., 2001).

Adicionalmente, el ascorbato de sodio es el responsable de la reducción del nitrito, lo que permite una rápida producción de nitrosomioglobina, con la ventaja de que se genera con bajas cantidades de nitrito, por lo que homogeneiza la coloración final del producto e inhibe la producción de nitrosaminas cancerígenas (Marcos Muntal, 2007).

En último lugar, los fosfatos incrementan la retención de agua, ayudan a la solubilización y extracción de proteínas miofibrilares, las cuales facilitan la unión de todos los compuestos del producto (Marcos Muntal, 2007).

4.2. Equipos empleados

A continuación se describen los equipos empleados en los distintos experimentos realizados que se detallan en el apartado 4.3.

▪ Envasado

Para los experimentos 1 y 2, el envasado se realizó mediante una máquina envasadora por termosellado (Multivac C300, Alemania) (Fig. 8).



Figura 8: Máquina de envasado termosellable (Multivac C300).

Para los experimentos restantes, se utilizó un equipo envasador (Decatechmic Meca 900) (Fig. 9).



Figura 9: Máquina de envasado (Decatech Meca 900).

El aporte de gases en ambos tipos de máquinas de envasado se realizó mediante el empleo de un mezclador de gases Gasetechnik Witt MG18-3MSO, Alemania) (Fig. 10).



Figura 10: Mezclador de gases (Gasetechnik Witt MG18-3MSO).

Para la aplicación de la atmósfera, se dispone de cuatro bombonas diferentes que poseen los siguientes gases: O₂, CO₂, N₂ y aire. En nuestro estudio se utilizaron todos excepto el O₂, ya que es un gas dañino en el envasado de nuestro producto cárnico cocido. Los pasos para modificar la atmósfera se indican a continuación

1. Abrir bombona del gas o gases deseados, comprobándose el aumento de la presión de la misma en el manómetro.
2. Abrir la válvula que conecta la bombona con el mezclador de gases.
3. Abrir la válvula de agua.
4. Encender el equipo de envasado a utilizar.
5. A través de los mandos del equipo mezclador de gases, seleccionar el porcentaje del gas deseado y seleccionar el botón de encendido. Entonces, se comprueba que el manómetro de este equipo alcanza una presión de 60 psi.
6. Antes de comenzar el proceso de envasado, realizar una prueba de envasado y, comprobar que el envase contiene la concentración de gases deseable con el analizador de gases.

7. Seleccionar el botón de apagado del mezclador de gases y, abrir la válvula que une a este equipo con las bombonas, con el fin de expulsar al exterior los restos de gases que puedan permanecer.
8. Por último, si se quiere emplear una concentración diferente y/o gases diferentes, se vuelve al paso 1, abriéndose una o varias bombonas de los gases con los que se quieran trabajar, así como la selección de las concentraciones requeridas.

▪ Almacenaje e iluminación

En todos los experimentos, las muestras se almacenaron en una cámara de refrigeración (Isocab) a una temperatura de 6°C y la iluminación suministrada fue: dos tubos fluorescentes (840 cool white, 36W) (Fig. 11a), una lámpara LED (Philips LED27S/827, 22.5W) (Figuras 11b y 11c), u oscuridad.



a) Almacenado de las muestras con iluminación fluorescente.



b) Almacenaje de las muestras en iluminación LED.



c) Lámpara LED empleada en la cámara de refrigeración.

Figura 11: Tipos de iluminación empleadas en la refrigeración del producto cárnico.

4.3. Desarrollo de estrategias para prolongar la vida útil

4.3.1. Planteamiento de estrategias

El estudio de diversos métodos para aumentar la vida útil de productos cárnicos cocidos, se realizó con lonchas de fiambre de cerdo listas para su consumo, de marcas comerciales mencionadas en el apartado 4.1., las cuales fueron sometidas a distintos métodos de conservación, con el fin de comprobar la eficacia de las diversas técnicas, así como los cambios que se generan en el derivado cárnico respecto al deterioro físico. En la Tabla 3 se resumen los experimentos realizados, con indicación del factor analizado en cada caso y el objetivo del estudio correspondiente.

Tabla 3: Resumen de los experimentos realizados.

Experimento	Factor	Objetivo/hipótesis
1	Disposición de lonchas en el envase.	Determinar si el solapamiento de lonchas influye en el nivel de decoloración de las mismas.
2	Composición de la atmósfera modificada.	Importancia de los porcentajes de gases empleados sobre los cambios físicos y químicos del derivado cárnico.
3	Polímeros empleados en el envase, tanto la bandeja como el film.	Estudio del nivel de permeabilidad de diferentes barreras.
4	Incorporación de adhesivos absorbentes de oxígeno en envases de baja barrera.	Eficacia de la utilización de absorbentes de oxígeno en envases de baja barrera.
5	Empleo de adhesivos absorbentes de oxígeno en envases de baja y elevada barrera.	Viabilidad del uso de absorbentes de oxígeno en bajas y elevadas barreras.

Tal y como se refleja en la Tabla 3 se estudiaron distintas disposiciones de las lonchas de fiambre de cerdo en el envase. Asimismo, se variaron las concentraciones de los gases aplicados en el envase a través de atmósfera modificada, utilizándose siempre nitrógeno y dióxido de carbono, ya que son los gases usados generalmente para el envasado de productos cárnicos cocidos (Böhner *et al.*, 2014). Además, se emplearon envases constituidos por distintos polímeros, tanto la bandeja como el film, es decir, materiales con diferentes niveles de permeabilidad. Adicionalmente, en el último experimento (experimento 5), se analizó el efecto del uso de adhesivos absorbentes de oxígeno incorporados al film para determinar su eficacia sobre la vida útil del derivado cárnico. Los niveles concretos de cada factor analizado en los distintos experimentos se detallan en los siguientes apartados. En todos los casos, el producto cárnico fue envasado en las condiciones específicas para cada experimento (atmósfera, tipo de envase, adhesivos), y fue conservado en refrigeración durante periodos variables de tiempo (dependiendo del experimento) bajo diferentes condiciones de iluminación. Tras el período de exposición a las condiciones particulares, se tomaron muestras del producto para su análisis.

En todos los experimentos, los envases con el producto cárnico se almacenaron en una cámara frigorífica a 6°C, en la que se dispusieron de manera que estuvieran expuestos a diferentes tipos de iluminación, tales como tubos fluorescentes y lámparas LED, iluminación más frecuente en las superficies comerciales, así como en oscuridad, con la finalidad de estudiar la influencia de la iluminación a lo largo del tiempo, sobre el deterioro del producto, su comparación respecto a la conservación en oscuridad y, qué tipo de iluminación resultaba más dañina para el fiambre de cerdo envasado.

En las muestras recogidas a determinados tiempos de refrigeración se analizaron los siguientes parámetros indicadores de calidad, cuyo procedimiento de medida se detalla en el apartado 5:

- Porcentaje de gases (CO₂ y O₂) en la atmósfera del producto envasado.
- Color de las lonchas de fiambre de cerdo.
- pH de las lonchas de fiambre (sólo en el experimento 5).

A continuación, se detallan cada uno de los experimentos realizados numerados y descritos tal y como se refleja en la Tabla 3.

4.3.2. Disposición de las lonchas (Experimento 1)

En el experimento 1, se analizó el efecto de la disposición de las lonchas de fiambre en el envase sobre su susceptibilidad al deterioro. Las disposiciones de lonchas evaluadas fueron las siguientes (Figura 12):

- 1 Loncha (1L): Disposición de una única loncha.
- 2 Lonchas con solape (2Lcs): Disposición de dos lonchas con solape total.
- 2 Lonchas sin solape (2Lss): Disposición de dos lonchas una al lado de la otra sin solaparse.

En este experimento se empleó una atmósfera de aire (Air): 78% N₂, 21% O₂.

Para la realización de este experimento, las lonchas se dispusieron en las tres configuraciones previamente indicadas en una bolsa de PA/EVOV/PA/PE (Colamin XX 80 Ah 4 Colamin Multilayer) (Fig. 12). Esta operación se realizó bajo condiciones asépticas en una cabina de flujo (Herasafe HS12, Fisher Scientific, Bélgica).

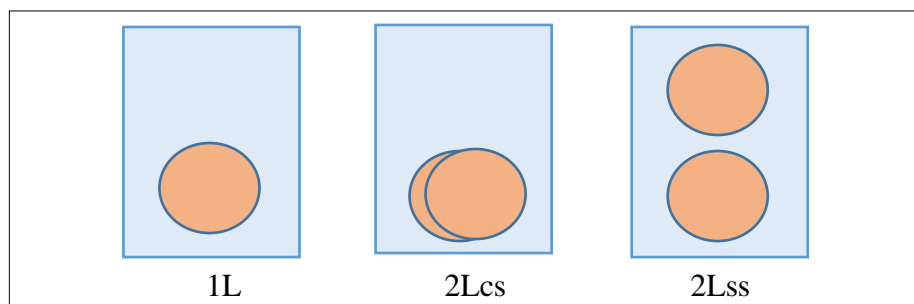


Figura 12: Representación de las diferentes disposiciones de las lonchas de fiambre.

Las bolsas se almacenaron en una cámara de refrigeración a 6°C y fueron sometidas a tres tipos de iluminación:

- LED
- Fluorescente
- Oscuridad

Se tomaron muestras envasadas (bolsas) tras 1 h, 2 h, 3,5 h, 6,5 h y 24 h de almacenaje en las condiciones de iluminación especificadas. En dichas muestras se analizó la coloración de las lonchas, tal y como se describe en el apartado 5. Para cada tiempo de muestreo se tomó una muestra envasada.

4.3.3. Efecto de la composición de la atmósfera (Experimento 2)

En el experimento 2 se investigó el efecto de la composición de los gases aportados a través de la atmósfera modificada en las oxidaciones químicas que se puedan dar en el producto cárnico cocido envasado, como por ejemplo las oxidaciones de los pigmentos del producto. Para ello se evaluaron tres AM en las que la proporción de CO₂ fue de 0, 10 a 40% (Tabla 4). Adicionalmente, se determinó la evolución de la concentración de O₂ en el envase durante el almacenado, con la finalidad de comprobar si cambiaba a lo largo del tiempo.

Para la ejecución de este experimento, se tomó en condiciones asépticas una loncha del producto comercial y se dispuso en una bandeja de PP (ES-plastic, Alemania) que se incorporó en una bolsa de PA/EVOV/PA/PE (Colamin XX 80 Ah 4 Colamin Multilayer). A continuación, cada envase se sometió a termosellado y se aplicaron tres atmósferas diferentes con proporciones crecientes de CO₂ (0, 10, 40%), tal y como se muestra en la Tabla 4. Los envases fueron almacenados a 6°C bajo oscuridad o iluminación fluorescente (Tabla 4) y se recogieron muestras tras 6, 12, 24 y 48 horas de exposición.

Tabla 4: Variables evaluadas en el experimento 2.

Tipo de iluminación	Gases en AM (%)
Fluorescente	100% N ₂
Oscuridad	
Fluorescente	90% N ₂ , 10% CO ₂
Oscuridad	
Fluorescente	60% N ₂ , 40% CO ₂
Oscuridad	

En cada tiempo de muestreo se tomaron 3 réplicas de envases de cada combinación de iluminación-atmósfera y, en estas muestras se analizó el color de la loncha de fiambre. En las muestras almacenadas en oscuridad se analizó, además la concentración de gases en el interior del envase tras su almacenado a los distintos tiempos.

4.3.4. Evaluación de la permeabilidad del envase (Experimento 3)

El experimento 3 tuvo como objetivo la valoración de la permeabilidad de distintas combinaciones de materiales poliméricos de envases, tanto de la bandeja como del film, sobre su eficacia para actuar como barrera para la conservación de la atmósfera en el interior del envase. Las características de las bandejas y films empleados (materiales y permeabilidad) así como las combinaciones bandeja/film ensayadas se muestran en la Tabla 5. En la Tabla 6 se especifica la nomenclatura de las combinaciones bandeja/film ensayadas y su catalogación respecto al nivel de barrera de O₂.

Tabla 5: Características de las bandejas y films y combinaciones ensayadas.

	Material	Nivel de barrera de O ₂	Transmisión de O ₂ / bandeja/ día
<i>Bandeja A</i>	PP/EVOH/PP	Elevado	0,001
<i>Bandeja B</i>	PP	Bajo	2,093
<i>Bandeja C</i>	PET	Medio	0,067

	Material	Grosor	Nivel de barrera de O ₂	Transmisión de O ₂ / m ² / día
<i>Film 1</i>	PA/EVOH/PA/PP	65 µm	Elevado	1,3
<i>Film 2</i>	PA/PP	65 µm	Bajo	5,8
<i>Film 3</i>	PET	40 µm	Bajo	6,6
<i>Film 4</i>	PET/SiOx	52 µm	Muy elevado	0,036

Tabla 6: Nivel de barrera de cada tipo de envase.

Envase (bandeja-film)	Nivel de barrera de O ₂
A-1	Elevado
A-2	Medio
B-1	Medio
B-2	Bajo
C-3	Medio
C-4	Elevado

En este experimento no se incorporó el producto cárnico en los envases, ya que su finalidad era exclusivamente valorar la eficacia de las distintas combinaciones indicadas sobre la conservación de la atmósfera modificada. Así, los 6 tipos de envases (bandeja/film) se termosellaron y se modificó la atmósfera para aportar 50:50, N₂:CO₂. Seguidamente, se almacenaron todos los envases en oscuridad a 6 °C durante 1, 2, 4 y 8 semanas.

Para cada tiempo de muestreo se tomaron 3 réplicas de cada envase, en las cuales se analizó las concentraciones de CO₂ y O₂ en el interior del mismo.

Como medida inicial se consideró el promedio de las mediciones de los gases en el interior de cuatro envases a tiempo 0.

4.3.5. Efecto de la incorporación de absorbentes en envases de baja barrera (Experimento 4)

La finalidad del experimento 4, fue el estudio de la eficacia del uso de un adhesivo absorbente de oxígeno (Standa ATCO OS 50/3000, Francia) (Abs) adherido sobre el film del envase, en combinación con el empleo de envases de baja barrera (bandeja PP/film PET). Los derivados cárnicos cocidos son susceptibles a la presencia de oxígeno, que provoca reacciones de oxidación que deterioran su apariencia física (decoloración) y facilita la presencia de microorganismos indeseables. El envase empleado en este experimento fue de baja barrera, cuyo coste es inferior a otros de elevada barrera, de modo que se pretende determinar si la combinación de estos envases de menor calidad con el absorbente, permiten conseguir un efecto conjunto para la conservación del producto bajo condiciones similares a las de los comercios, en las condiciones más desfavorables (luz fluorescente).

Este experimento se dividió en dos ensayos secuenciales/paralelos destinados a valorar la eficacia del absorbente, tal y como sigue:

- **Ensayo 4a:** Determinar el efecto del absorbente bajo iluminación fluorescente dependiendo de la composición de la AM. En este ensayo se evaluó la evolución de la coloración (a^*) de las lonchas y se emplearon las siguientes condiciones:
 - AM de 100% N₂ sin absorbente
 - AM de 100% N₂ con absorbente
 - AM de 40% CO₂:60% N₂ sin absorbente
 - AM de 40% CO₂:60% N₂ con absorbent

- **Ensayo 4b:** Determinar el efecto del absorbente en envase con AM 40% CO₂:60% N₂ bajo iluminación fluorescente, en comparación con almacenaje en oscuridad sin absorbente. En este ensayo se evaluó la evolución de la coloración (a^*) de las lonchas y la transmisión de O₂ al interior del envase y se emplearon las siguientes condiciones:
 - Conservación en oscuridad sin absorbente
 - Conservación con iluminación fluorescente sin absorbente
 - Conservación con iluminación fluorescente con absorbente

Para la realización de los ensayos indicados, se tomaron dos lonchas de fiambre de cerdo provenientes de un envase comercial, y se dispusieron de forma solapada (2Lcs) en una bandeja de PP (ES-plastic, Alemania) y recubierto con film de PET (Petroplast, Alemania), cuya combinación se comporta como envase de baja barrera (ver Tabla 5). Cada envase se termoselló, tras incorporar, en su caso, el adhesivo absorbente en el film, y se aplicó la AM indicada previamente para cada ensayo. A continuación, las muestras se almacenaron a 6 °C y, las que fueron iluminadas con tubos fluorescentes, cada día se sometieron a 12 horas de iluminación y 12 de oscuridad para simular unas condiciones de almacenaje similares a las aplicadas en comercio. Se recogieron muestras tras las siguientes horas de iluminación acumuladas: 21, 33, 81, 93, 105, 110 y 115 horas. Para el caso de las muestras conservadas en oscuridad los muestreos se realizaron a los mismos tiempos que las sometidas a radiación fluorescente (doble de horas). Para cada tiempo de almacenado, se analizaron tres réplicas por condición en las que se determinaron, el color de la loncha de fiambre superior (debido a

que es la que está más expuesta a la luz, por lo que puede sufrir mayor deterioro) y concentración de O₂ en el interior del envase.

4.3.6. Incorporación de absorbentes en envases de baja y elevada barrera (Experimento 5)

El experimento 5 consistió en el estudio de la conservación del producto en dos condiciones dependiendo del tipo de envase:

- Condición más favorable: envase de elevada barrera (BE) (elevada impermeabilidad), constituido por bandeja de PP/EVOH/PP (Kuraray, Alemania) con un film de PA/EVOH/PA/PP (Bemis, Francia).
- Condición más desfavorable: el empleo de un envase de baja barrera (BB) (elevada transmisión de gases), constituido por bandeja de PP (ES-plastic, Alemania) con un film de PA/PP (Bemis, Francia).

En ambos casos se evaluó también el efecto del empleo del adhesivo absorbente de oxígeno (Standa ATCO OS 50/3000, Francia) (Abs) y de la iluminación. Las condiciones evaluadas se reflejan en la Tabla 7.

Tabla 7: Condiciones analizadas en el experimento 5.

Abreviatura	Tipo de iluminación	Nivel de barrera	Absorbente de O₂
OSC BE	Oscuridad	Elevada	No
OSC BE + Abs			Sí
OSC BB		Baja	No
OSC BB + Abs			Sí
LED BE	LED	Elevada	No
LED BE + Abs			Sí
LED BB		Baja	No
LED BB + Abs			Sí
FL BE	Fluorescente	Elevada	No
FL BE + Abs			Sí
FL BB		Baja	No
FL BB + Abs			Sí

Para la realización de este experimento, se envasaron dos lonchas de fiambre de cerdo superpuestas (2Lcs) obtenidas de un envase comercial, en los envases de elevada y baja barrera indicados (BB y BE), incorporando el adhesivo en los films correspondientes. Tras el termosellado se modificó la atmósfera (40%:60%, CO₂:N₂) y se almacenaron en cámara frigorífica a 6°C en condiciones de oscuridad o iluminación LED o fluorescente. Se recogieron muestras (3 réplicas) a los 2, 4, 7, 10, 14, 17, 21 y 24 días en las que se analizaron:

- Análisis gases en el interior del envase (apartado 5.1.)
- Medición del color de las lonchas (apartado 5.2.).
- Medición del pH de las lonchas (apartado 5.3.).

5. Análisis de parámetros indicadores de calidad

5.1. Medida de concentración de gases

Para la medida de gases en el interior de los envases se empleó un analizador de gases (MOCON Dansensor Checkmate 3, Dinamarca), el cual mide el porcentaje de O₂ y CO₂ (Fig. 13a). Para el análisis de la atmósfera en el interior del envase a distintos tiempos, se punzó el material polimérico del envase con una aguja, colocándose un septum sobre la bolsa de plástico o film, dependiendo del tipo de experimento, para que no se produjera pérdida de gases (Figuras 13a y 13b).

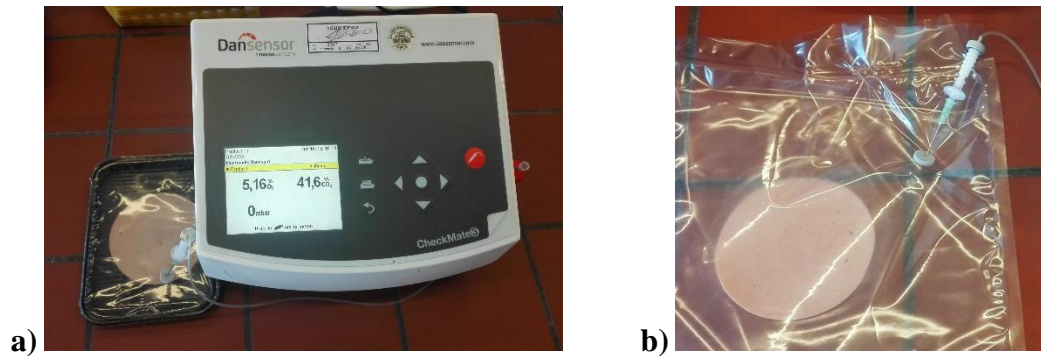


Figura 13: Análisis de gases de los envases.

5.2. Análisis de color

Para la medida de la pigmentación de las lonchas de fiambre se empleó un espectrofotómetro (Konica Minolta, CM-2600d, Alemania). Antes de cada medida, se calibró el instrumento, lo cual se realiza a través de la placa de calibración del blanco del mismo (Fig. 14).

Para la medida del color de la muestra, se extrajo la loncha de su correspondiente envase con unas pinzas esterilizadas, y se colocó una bolsa transparente de PA/EVOV/PA/PE (Colamin XX 80 Ah 4 Colamin Multilayer) que se dispuso en el espectrofotómetro (Fig. 14). Este equipo realiza 10 mediciones de color distribuidas en toda la superficie de la loncha, para lo cual se arrastró el aparato sobre toda la superficie de la loncha.

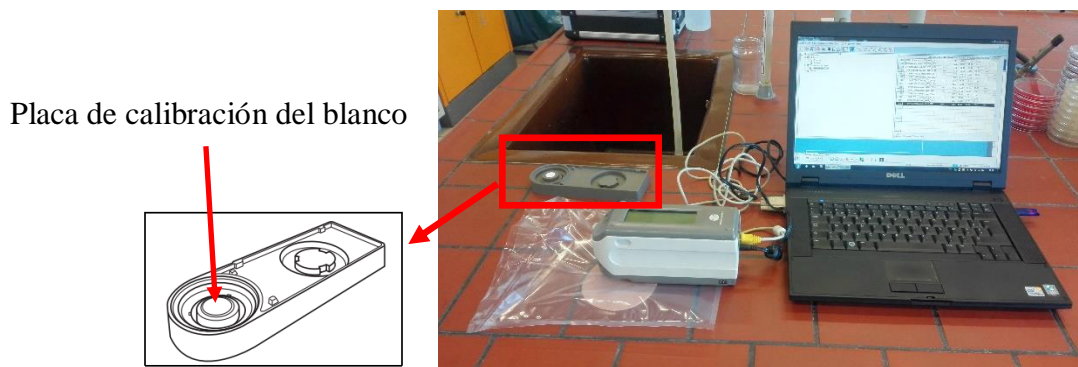


Figura 14: Medición del color a través del espectrofotómetro.

El espectrofotómetro mide tres valores de color a través del espacio de color CIE: $L^* a^* b^*$, definido por la Comisión Internacional de la Iluminación (Commission Internationale de L'éclairage, CIE).

Los parámetros: L^* , a^* y b^* corresponden a colores, los cuales difieren según sea el valor de los mismos positivo o negativo, tal y como se muestra en el espacio de color CIE de la Figura 15. Por tanto:

- L^* : posee un rango entre 0 y 100, donde 0 representa el color negro y 100 el blanco.
- a^* : valores positivos indican coloración roja y valores negativos verde.
- b^* : valores positivos representan color amarillo y valores negativos azul.

Además, estos valores se transmiten instantáneamente al ordenador en el momento del análisis.

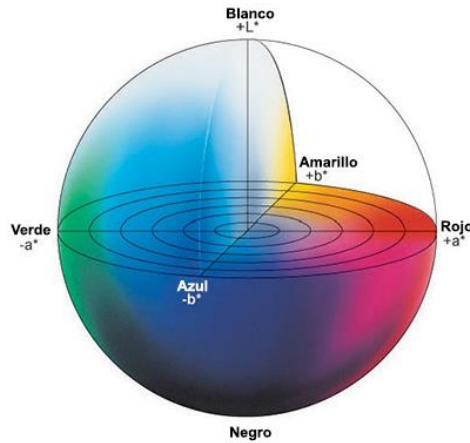


Figura 15: Espacio de color CIE L^* a^* b^* (www.konicaminolta.com).

En este trabajo se emplearon los resultados del parámetro a^* por su mayor información de las variaciones del color en el rango deseable para los productos cárnicos (rosa-rojo).

5.3. Medida del pH

La medida del pH del producto se realizó únicamente en el experimento 5. Para ello se tomó la loncha más expuesta a la iluminación en el almacenado, seguidamente se troceó la loncha en pequeñas porciones y, se midió el pH de la muestra sólida con un pH metro (FC2020 Hanna instruments) (Fig. 16).



Figura 16: Medida del pH de las lonchas de fiambre.

5.4. Tratamiento de datos

Los resultados fueron procesados mediante el programa Microsoft Office Excel 2010 para Windows, con en el que además se realizaron las gráficas. Cada muestra se analizó al menos por triplicado y se representan los valores medios.

6. Especificaciones generales y administrativas

6.1. Legislación

A continuación se indica la legislación aplicable a los productos cárnicos analizados:

I. Según el Artículo nº4 del Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos, el tratamiento térmico que se aplique durante su fabricación, debe ser suficiente para alcanzar la coagulación parcial o total de sus proteínas y, puede ser tanto tratamiento de esterilización o pasteurización.

Respecto a los ingredientes permitidos en fiambres cárnicos, según el Artículo nº17 del Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, establece los siguientes:

- Especies y condimentos, en dosis de uso limitadas por la buena práctica de fabricación.
- Agua.
- Vinos y licores.
- Grasas y aceites comestibles.
- Harinas, almidones y féculas de origen vegetal expresado en glucosa: máximo 10%, salvo en el caso de que el ingrediente característico sea rico en estos elementos.
- Proteínas lácteas y proteínas de origen vegetal: máximo 3%.
- Azúcares solubles totales expresados en glucosa: máximo 5%.
- Gelatinas comestibles.
- Otros productos alimenticios y alimentarios autorizados.

II. El Reglamento (CE) nº 1441/2007 del Parlamento Europeo, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios, en el Capítulo 1 establece que los criterios de seguridad alimentaria en alimentos listos para el consumo que pueden favorecer el desarrollo de *Listeria monocytogenes*, que no sean destinados a los lactantes ni para usos médicos especiales, deben cumplir unos límites de este patógeno de 100 ufc/g de producto, basado en el método analítico de referencia: EN/ISO 11290-2 para productos comercializados durante su vida útil.

III. Los gases de envasado se consideran **aditivos alimentarios** en la legislación española. El RD 142/2002, los define en su artículo 2 como "*los gases distintos del aire, introducidos en un envase antes, durante o después de colocar en él un producto alimenticio*".

7. Resultados y discusión

7.1. Influencia de la disposición de las lonchas de fiambre de cerdo en el envasado

En el experimento 1, se estudió la influencia de la disposición de las lonchas de fiambre en el envase y, el tipo de iluminación a la que son sometidas durante su conservación, sobre la coloración del producto. Para la medida de la coloración de las lonchas se tuvo en cuenta el parámetro a^* del CIE, ya que es el valor que determina la coloración rosácea de la carne, la cual es un indicador de buena calidad del producto cárnico cocido. Cabe mencionar que cuanto mayor es el valor de a^* , menor es la decoloración, ya que un elevado valor de dicho parámetro se corresponde con el color rojo.

En las Figuras 17 y 18, se muestra la evolución de dicho parámetro con el tiempo de conservación en refrigeración comparándolo para las tres disposiciones de lonchas en envases almacenados en oscuridad (Fig. 17) y, en envases con dos lonchas sin solaparse (2Lss), sometidos a tres condiciones de iluminación (Fig. 18).

Tal y como se muestra en la Figura 17, cuando las lonchas se dispusieron una sobre la otra (2Lcs), se produjo la menor decoloración respecto a los otros tipos de colocación (1L y 2Lss), debido a que se oxidó principalmente la loncha superior, la cual recibió un mayor impacto del flujo de gases, quedando la loncha inferior sin sufrir apenas cambios de color. Sin embargo, tal y como se muestra en la Figura 17, en la disposición de una loncha al lado de otra sin estar superpuestas (2Lss), se generó una destacable decoloración tras 3,5h de refrigeración y, después esta disminuyó después de 6,5h de almacenamiento, manteniéndose el grado de decoloración con el tiempo. Esta brusca decoloración inicial fue consecuencia de la existencia de una mayor superficie de fiambre sometida al flujo de gases exteriores y, por ello, a la oxidación de los pigmentos. En cambio, en el caso de una única loncha (1L), al inicio la decoloración fue leve y, finalmente fue superior a la de las dos tipos de disposiciones mencionadas anteriormente (2Lcs y 2Lss) (Fig. 17) debido a que expone toda la superficie a la oxidación y, por tanto, a la decoloración. Por último, se puede considerar que un determinado número de lonchas solapadas en el envase, es más favorable que la disposición de una única loncha para mantener la calidad del producto cárnico cocido.

El efecto de la iluminación en la coloración del producto se evaluó en muestras de lonchas dispuestas solapadas (2Lss) (Fig. 18). La refrigeración de las lonchas en la oscuridad, es la que mantuvo a lo largo del tiempo una coloración muy similar a la inicial. En contraste, la iluminación, tanto LED como fluorescente, causaron una pérdida de color con una notable diferencia respecto a la oscuridad a partir del primer muestreo tras 1 hora de iluminación. La luz fluorescente fue la que produjo mayor decoloración, por lo que se puede considerar que es la más dañina para este tipo de productos cárnicos. Por tanto, la conservación del producto cárnico cocido en la oscuridad, es la opción menos perjudicial para el mismo.

Otros autores como Böhner *et al.* (2014) también concluyeron en sus investigaciones sobre derivados cárnicos cocidos listos para su consumo que, la iluminación fluorescente produce una mayor decoloración de dicho producto cárnico respecto a la iluminación LED durante su conservación.

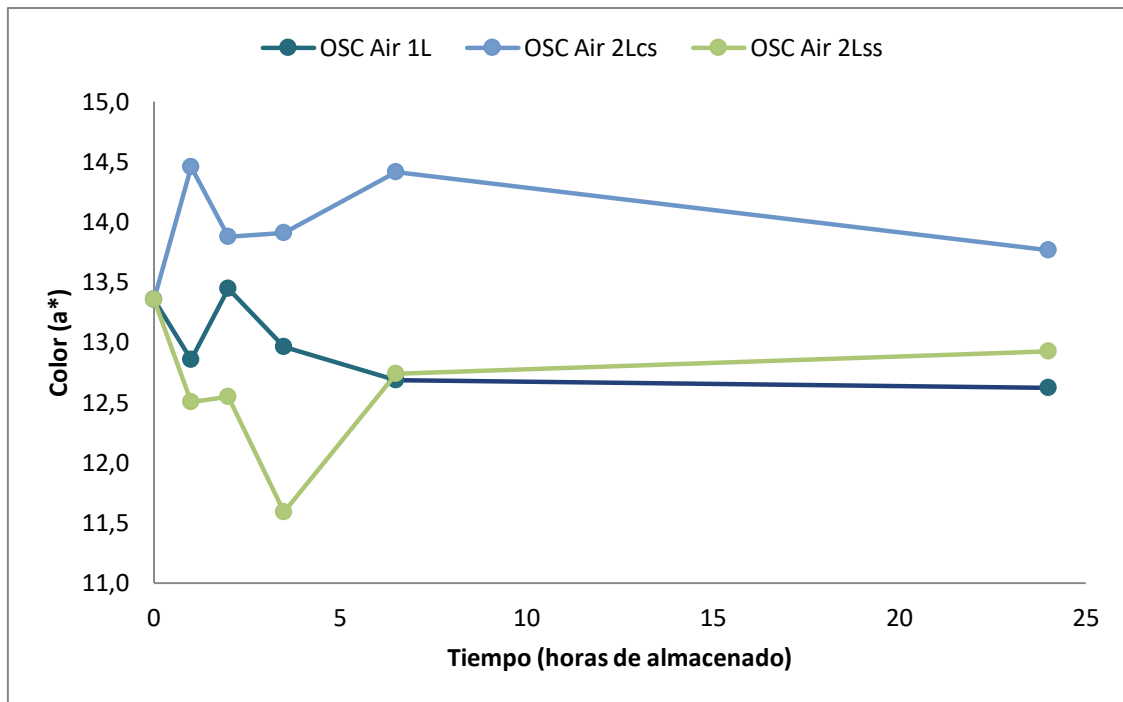


Figura 17: Evolución del color del fiambre de cerdo en función de la disposición de las lonchas en el envase (1 Loncha (1L); 2 Lonchas con solape (2Lcs); 2 Lonchas sin solape (2Lss) con atmósfera de aire conservadas en oscuridad (OSC)). Los resultados son la media de 3 repeticiones por cada disposición.

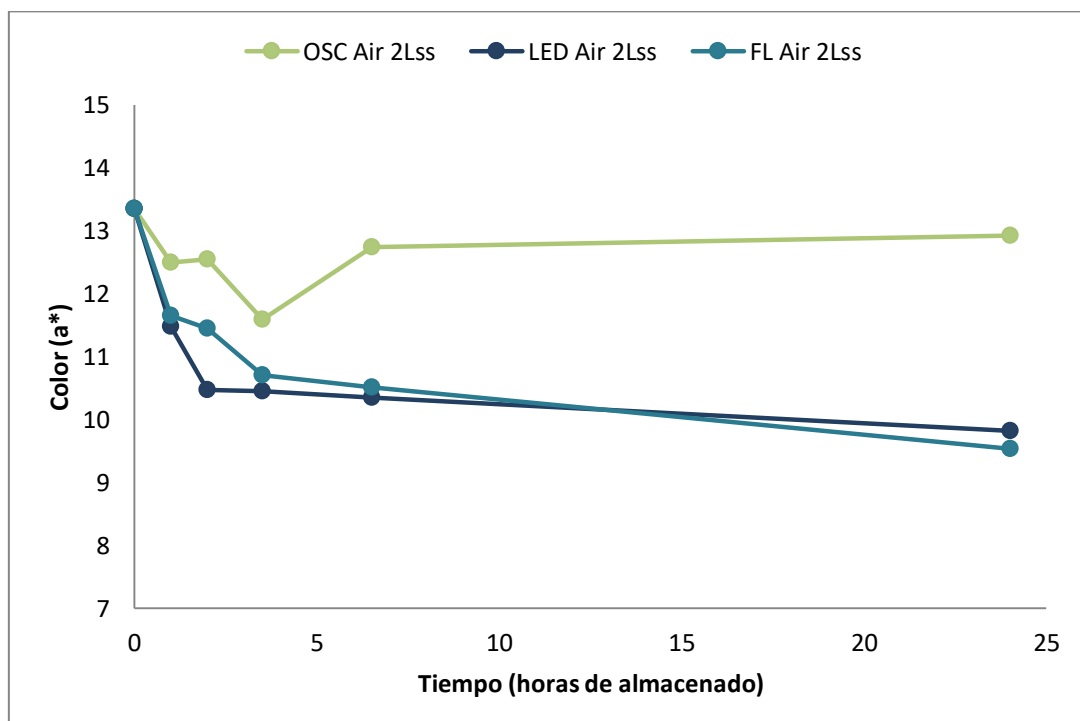


Figura 18: Evolución de la coloración de lonchas de fiambre de cerdo (2Lss: 2 Lonchas con solape) envasadas con aire durante su refrigeración bajo iluminación LED, fluorescente (FL) o en oscuridad (OSC). Los resultados son la media de 3 repeticiones por cada iluminación.

7.2. Importancia de la composición de gases aplicados mediante la atmósfera modificada

En el experimento 2, se determinó el efecto de la concentración de CO₂ aplicado a través de la AM bajo distintas condiciones de iluminación durante el almacenaje refrigerado sobre la cloración del producto. En la Figura 19 se muestra la evolución del color del mismo y, en la Figura 20 la concentración de oxígeno de la atmósfera en el interior del envase conservado en oscuridad a los distintos tiempos de exposición.

Tal y como se puede observar en la Figura 19, se manifestó una notable diferencia del color rosado (a*) del producto cárnico cocido, entre la refrigeración en oscuridad y con iluminación fluorescente, siendo mucho menor el valor de a* en esta última. De acuerdo con ello, y al igual que reveló el experimento 1, la iluminación del producto durante la conservación es más perjudicial que la ausencia de luz, ya que se produjo una importante decoloración en las lonchas y de forma más rápida. En condiciones de oscuridad la coloración se mantuvo sin notables variaciones con el tiempo hasta las 50h. La composición de la atmósfera no ejerció un efecto muy importante en la evolución de la coloración de las lonchas, aunque se apreció que cuanto mayor fue el porcentaje de CO₂ aplicado mediante AM con el mismo tipo de iluminación, hubo una cierta menor decoloración (Fig. 19).

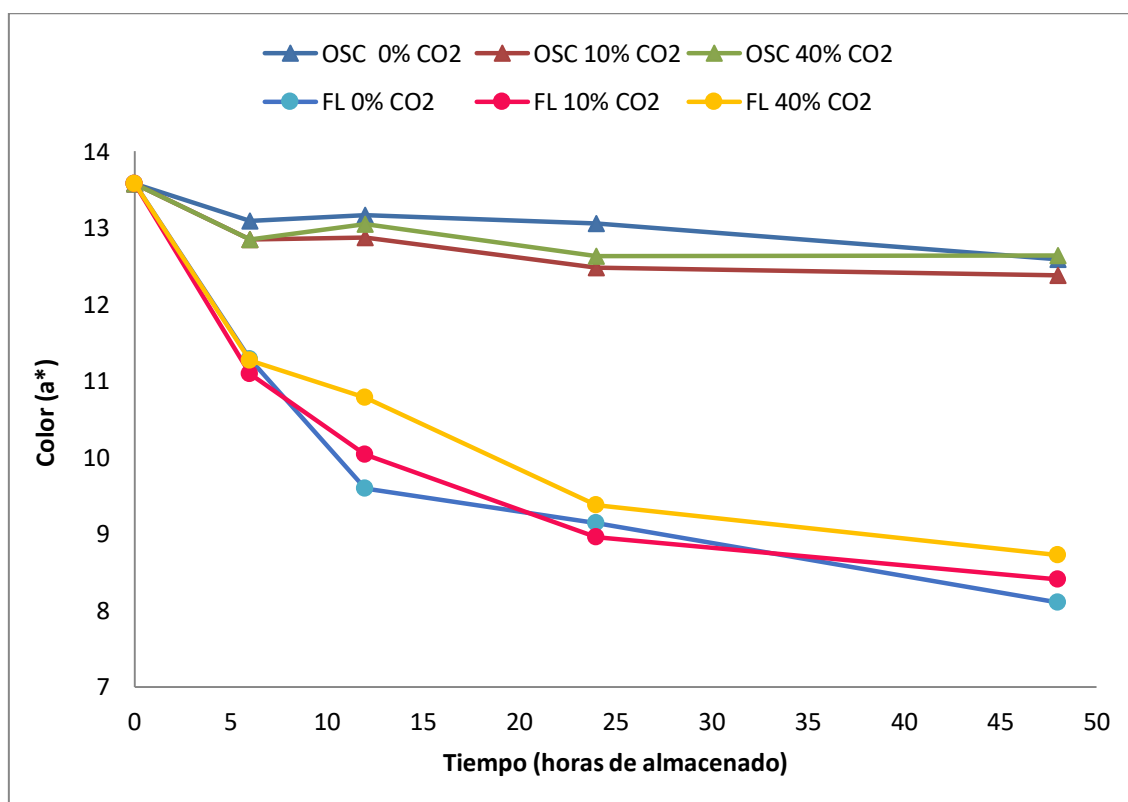


Figura 19: Evolución del color de la loncha de fiambre de cerdo (1L) envasada con distintos niveles de CO₂ en la AM y conservada en refrigeración en oscuridad (OSC) y en luz fluorescente (FL).

Una vez que se evidenció que la oscuridad era lo más favorable durante la conservación de las lonchas de fiambre, se evaluó la evolución de la concentración de O₂ en el interior del envase almacenado en dichas condiciones. Debe considerarse que el envase no es totalmente impermeable y se generan intercambios de gases con el exterior, así como la presencia de O₂ residual. Durante el almacenaje de productos cárnicos cocidos es deseable que haya el menor porcentaje posible de O₂ en la atmósfera del envase.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Figura 20, se evidenció una disminución de concentración de O₂ en los envases con una AM de 10% de CO₂. En los envases con una AM de 0 y 40% CO₂, apenas se modificó el nivel de O₂ en el envase. Esto fue debido a distintos aspectos dependiendo de la AM considerada. En el caso de AM 0% CO₂ (0:100, CO₂:N₂): cabe destacar la actuación del N₂ como gas de relleno, por tanto, el nivel de O₂ en el envase se mantuvo casi constante con el tiempo (Fig. 20) como era de esperar. En la AM 10% CO₂ (10:90, CO₂:N₂), la combinación de gases conllevó a un descenso del nivel de O₂ en el interior del envase (Fig. 20). La disminución pudo ser debido a que parte de la concentración de oxígeno fuera consumida por la propia carne cocida o por bacterias, a pesar de la existencia de CO₂, el cual inhibe el crecimiento de bacterias y hongos, en bajas concentraciones. Esto probablemente generó reacciones oxidativas y, por tanto, decoloración, tal y como se demostró en el análisis de coloración (Fig. 19), en la que esta AM (10:90, CO₂:N₂) fue la que produjo la mayor decoloración, en comparación con el resto de combinaciones de AM en envases almacenados en la oscuridad. En la AM 40% CO₂ (40:60, CO₂:N₂), la mezcla de gases aportada al envase, también mantuvo prácticamente constante el nivel de O₂ en el interior del envase (Fig. 20). Este efecto pudo ser debido al balance equilibrado de los gases aportados mediante AM (CO₂ y N₂), ambos gases actuaron casi al mismo nivel, por un lado, el CO₂ inhibiendo el crecimiento de microorganismos y, por otro lado, el N₂ como gas de relleno y/o retardando el crecimiento de bacterias aeróbicas.

De acuerdo con estos resultados se puede deducir que las tres combinaciones de gases aportados mediante AM son adecuadas, ya que permitieron el mantenimiento o la disminución el nivel de O₂ en el envase, lo cual es el principal objetivo para prolongar la vida útil del fiambre de cerdo. No obstante, la mezcla de gases de AM más favorable sería la de 10:90, CO₂: N₂ debido a que disminuyó el nivel de oxígeno en el interior del envase, aunque no fue relevante esta diferencia en comparación con el resto de AM. Además, teniendo en cuenta los elevados costes del gas N₂, se puede optar por la aplicación de una AM de 40% CO₂, 60% N₂, por su precio más económico y, por similitud en los efectos con el resto de combinaciones.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos de otros estudios relacionados con la prolongación de la vida útil de pescado envasado mediante AM (Coyne, 1933), donde se observó que las condiciones óptimas de conservación del pescado se conseguían con una AM de 40-50% CO₂. Sin embargo, difieren del estudio realizado por Stefánsson y Lauzon (1999), quienes afirmaron que el uso de O₂ con CO₂ en AM es mejor que N₂ como gas de relleno en el envasado de pescado, por el contrario, en nuestro estudio, no se han encontrado diferencias notables entre la AM de N₂ y CO₂, N₂.

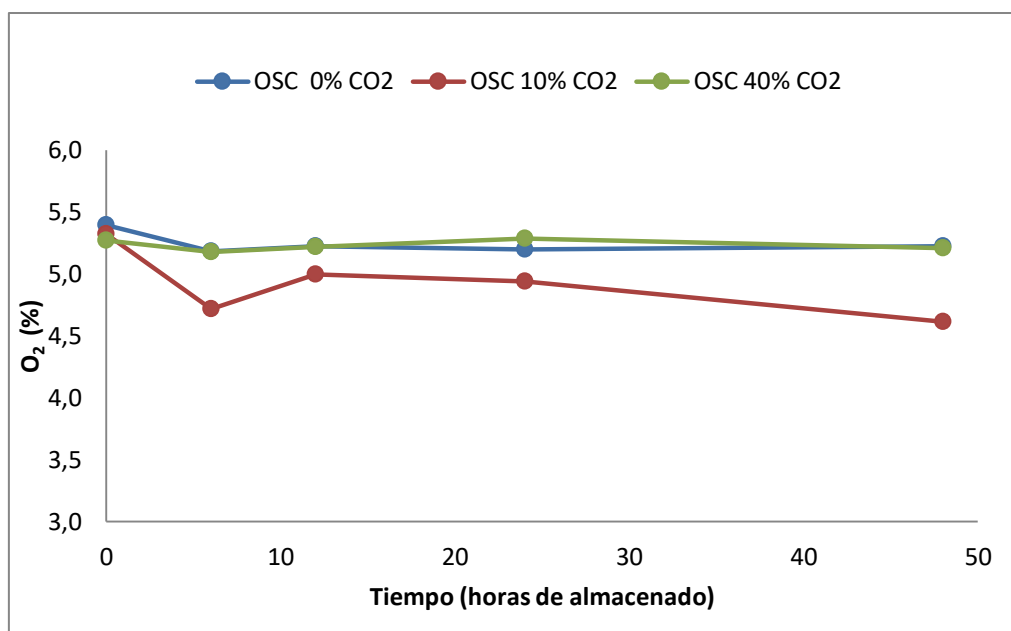


Figura 20: Evolución del porcentaje de O₂ en la atmósfera del envase con una loncha de fiambre de cerdo (1L) envasada en AM con distintas concentraciones de CO₂ y conservada refrigerada en oscuridad.

7.3. Análisis de la permeabilidad de los polímeros empleados en los envases

Para determinar la capacidad de diferentes combinaciones de bandeja y films, que potencialmente se pueden emplear en el envasado de lonchas de fiambre para conservar la atmósfera modificada, en el experimento 3 se analizó el grado de permeabilidad de los mismos analizando la evolución en el tiempo de la concentración de O₂ y CO₂ en el interior de los envases almacenados en oscuridad a 6 °C. Se emplearon 6 combinaciones de bandeja/film (A1, A2, B1, B2, C3, C4) cuya composición y nivel de barrera de O₂ estimado se indicaron en las Tablas 5 y 6. En la Figuras 21 y 22, se muestran los resultados de evolución de la concentración de O₂ y CO₂ en el interior de cada una de las combinaciones ensayadas, respectivamente, en todos los casos con una AM inicial de 50:50, CO₂:N₂.

El nivel de O₂ dentro del envase está relacionado con el nivel de barrera que posea cada tipo de material de envasado, ya que cuanto mayor sea la concentración de O₂ dentro del envase, significa que el nivel de barrera de dicho envase es débil, es decir, presenta una baja impermeabilidad, lo que conllevará a un deterioro del producto a causa del intercambio de gases que se puede producir con el exterior. El aire atmosférico que rodea al envase contiene 21% O₂ y, el interior del envase posee alrededor de 1% de O₂ como gas residual, ya que el resto, en el caso de AM, es CO₂ y N₂. Debido a que el porcentaje de O₂ del exterior es mayor que el interior, tiende a introducirse en el envase para alcanzar un equilibrio entre los gases del interior y el exterior del envase. Esta transferencia depende obviamente de la permeabilidad del envase o su nivel de barrera al O₂. Así, tal y como se muestra en la Figura 21, la concentración de oxígeno se incrementó progresivamente con el tiempo en combinaciones bandeja/film de medio y bajo nivel de barrera (B1 y B2), siendo mayor dicho incremento en el envase de bajo nivel (B2). Por tanto, el envase B2 fue el más permeable, debido a que, tanto la bandeja como el film eran de baja barreras. En el caso del envase B1, constituido por una bandeja de baja

barrera y un film de elevada barrera, los resultados obtenidos demostraron que el empleo de un film de elevada barrera no es suficiente para proteger al producto cárnico envasado. El resto de combinaciones bandeja/film ensayadas (A1, A2, C4 y C3) permitieron el mantenimiento de niveles bajos de O₂ en la AM (Fig. 21), siendo el envase C3 el que presentó la menor barrera al O₂ debido a que se trata de una barrera media. En contraste, el envase A1 fue el que mantuvo el nivel más alto de impermeabilidad, ya que tanto la bandeja como el film eran elevadas barreras. De acuerdo con esto, como era de esperar, el envase más adecuado para la conservación del producto cárnico cocido es aquel que actúe como una gran barrera, lo cual se puede conseguir con el empleo de tanto la bandeja como el film de elevada impermeabilidad. Sin embargo, esto conlleva elevados costes y, se puede conseguir un efecto de barrera prácticamente similar con el empleo de una bandeja de barrera elevada y un film de media barrera o viceversa, como es el caso de los envases A2 y C4. La eficacia del empleo de una elevada barrera para el envasado de alimentos, también ha sido corroborada por otros autores (Scott et al., 1984), quienes detectaron que los filetes de pescado doblan su vida útil cuando se envasa al vacío en bolsas de elevada barrera, en comparación con bolsas de baja o media barrera.

La evolución de la concentración de CO₂ en la atmósfera de los diferentes tipos de envases, tuvo un perfil similar al descrito para el O₂ pero opuesto (Fig. 22), ya que este gas tiende a disminuir con el tiempo en el interior de los envases para alcanzar el equilibrio de CO₂ con el exterior. Tal y como se esperaba, los envases que tuvieron una menor pérdida de CO₂ fueron aquellos que actúan como una elevada barrera (A1 y C4) (Fig. 22), ya que poseen un grado elevado de impermeabilidad frente al intercambio de gases con el exterior. Asimismo, los envases que presentaron la mayor pérdida de CO₂ fueron B1 y B2, los mismos en los que se detectaron mayores niveles de O₂ y por las mismas razones.

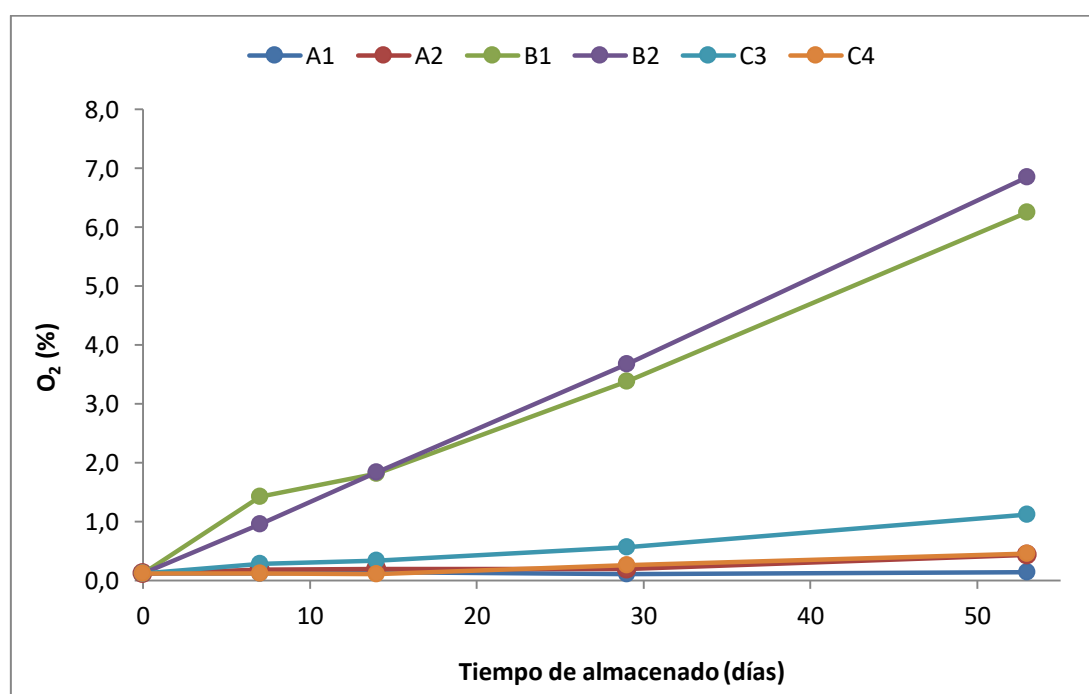


Figura 21: Evolución del nivel de O₂ en envases constituidos por diferentes combinaciones de bandeja y film (A1, A2, B1, B2, C3, C4: se refieren a combinaciones con distinta permeabilidad reflejadas en Tablas 5 y 6).

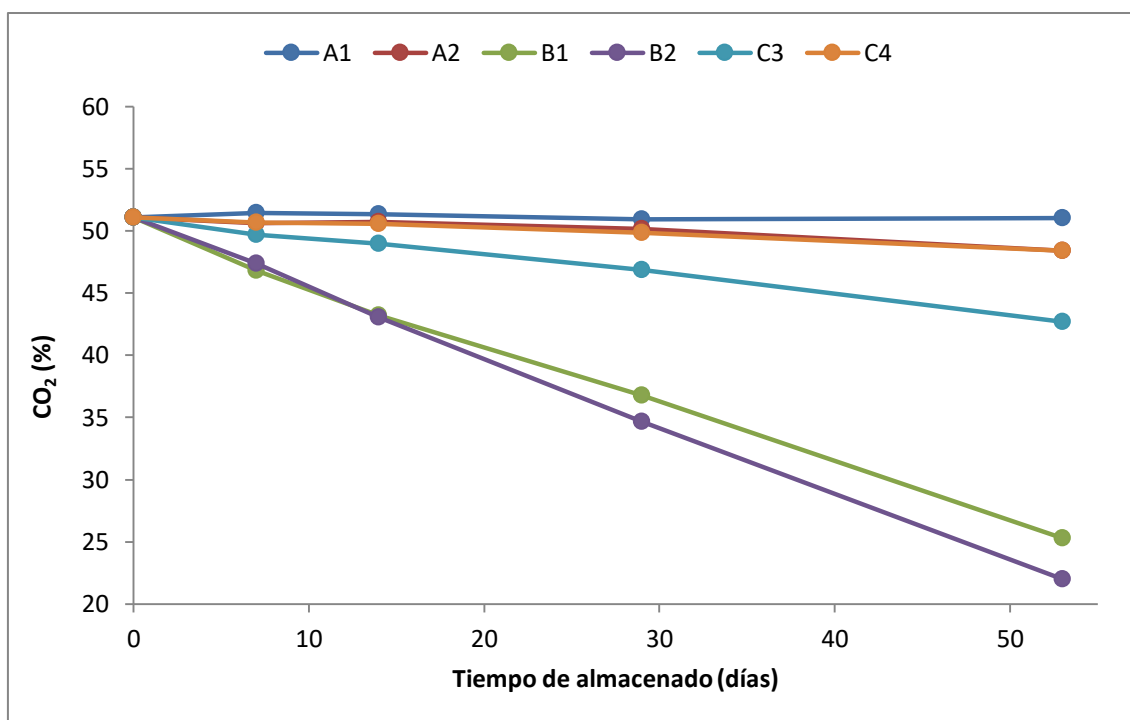


Figura 22: Evolución del nivel de CO₂ en envases constituidos por diferentes combinaciones de bandeja y film (A1, A2, B1, B2, C3, C4: se refieren a combinaciones con distinta permeabilidad reflejadas en Tablas 5 y 6).

7.4. Efecto de la incorporación de absorbente de oxígeno al envase

El experimento 4 tuvo como objeto el estudio del efecto de la incorporación de un absorbente de oxígeno en el film de un envase de baja barrera, el cual es susceptible a la entrada de gases del exterior, y por tanto, se puede valorar mejor la función del absorbente de oxígeno.

Tal y como se ha comentado previamente, la iluminación de bandejas con film transparente con tubos fluorescentes, es una de las condiciones que afecta en mayor medida a la pérdida de color del fiambre. Esto, además, se puede ver agravado por el envasado del producto en envases de baja barrera. Por esta razón, para determinar cómo afecta la presencia del absorbente, en combinación con variaciones en la AM en envases de baja barrera, a la evolución del color bajo tal iluminación, se realizó un ensayo en el que las lonchas fueron envasadas en dos AM diferentes (100% N₂ o 40:60, CO₂:N₂) en presencia o ausencia del absorbente (Ensayo 4a).

Los resultados de este ensayo se muestran en la Figura 23 y pusieron de manifiesto que, las lonchas almacenadas en AM de 100% N₂ sufrieron una mayor decoloración en ausencia que en presencia del absorbente, probablemente porque el oxígeno residual en la AM no pudo ser eliminado por el absorbente. Esto también ocurrió cuando se empleó la AM 40:60, CO₂:N₂ pero en este caso, el impacto de la presencia del absorbente sobre el mantenimiento del color fue mayor. Así, en las lonchas envasadas con absorbente, aunque se perdió color conforme se incrementó el tiempo de iluminación, dicha reducción fue mucho menor que en las que carecían de dicho absorbente o las conservadas en AM 100% N₂. Por tanto, el empleo del absorbente de oxígeno en condiciones de conservación

bajo lámpara fluorescente favorece la conservación del derivado cárnico cocido, siendo 40:60, CO₂:N₂ la AM más favorable.

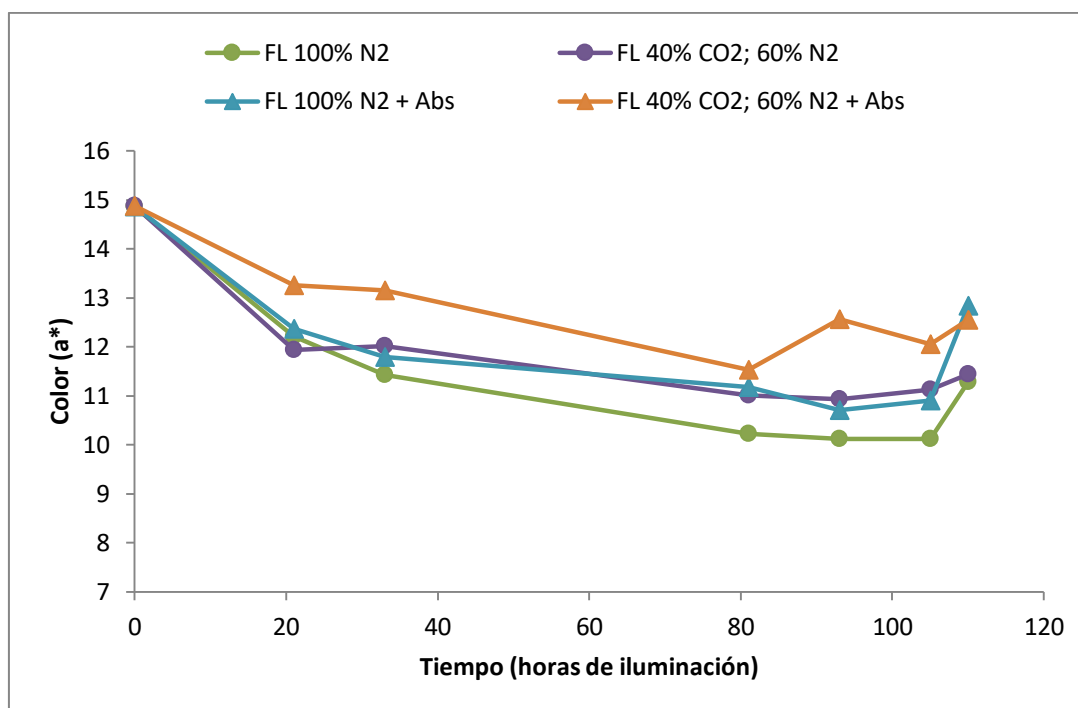


Figura 23: Evolución del color de las lonchas de fiambre de cerdo (2Lcs) almacenadas bajo iluminación fluorescente (FL) en envases de baja barra con AM 100% N₂ o 40:60, CO₂:N₂ en presencia y ausencia de absorbente de oxígeno (Abs).

De acuerdo con los resultados previamente descritos, se puso de manifiesto que la AM 40:60, CO₂:N₂ era la más adecuada en presencia de absorbente e iluminación fluorescente, pero quedaba por establecer, cómo se comportaba esta AM en comparación con el material almacenado en oscuridad y, si ejercía algún efecto sobre la penetración de O₂ al interior del envase. Para ello se realizó un ensayo (Ensayo 4b) en el que se determinó el efecto del absorbente en envase con AM 40:60, CO₂:N₂ bajo iluminación fluorescente, en comparación con almacenaje en oscuridad sin absorbente. En este caso se analizaron la coloración (a*) de las lonchas y la transmisión de O₂ al interior del envase, cuyos resultados se muestran en las Figuras 24 y 25, respectivamente.

Se demostró nuevamente que las lonchas de fiambre de los envases refrigerados en la oscuridad mantuvieron constante su coloración a lo largo del tiempo, ya que los pigmentos del producto cárnico no se expusieron a la luz y, por ello, no se produjo la decoloración del mismo (Fig. 24). Por otra parte, se verificó que la iluminación fluorescente conduce a una disminución de la coloración mucho más acusada en ausencia del absorbente de oxígeno que en presencia de él.

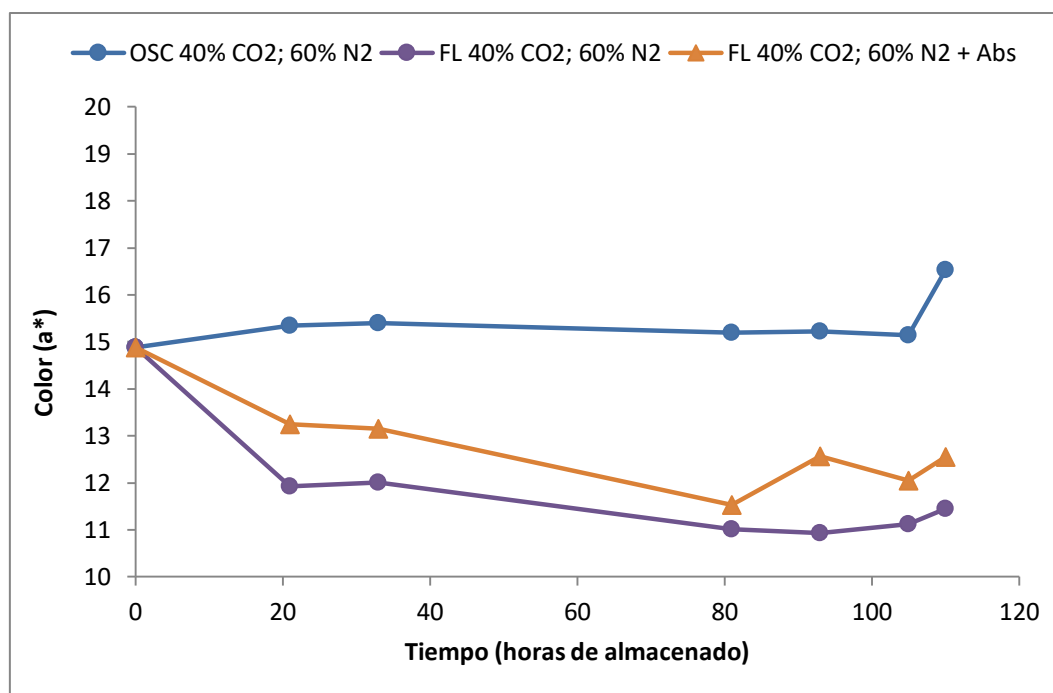


Figura 24: Evolución del color de lonchas de fiambre de cerdo envasadas en AM de 40:60, CO₂:N₂ en ausencia o presencia de absorbente de oxígeno (Abs) y conservadas en iluminación fluorescente (FL) o en oscuridad (OSC). El tiempo se refiere a las horas de iluminación (FL) en turno de 12h luz/12h oscuridad. Las horas totales reales son el doble (ver comentario en texto).

En cuanto al análisis de la concentración de O₂ en el interior del envase (Fig. 25), este parámetro permite averiguar si el oxígeno presente en el envase podría ser el causante de las pérdidas de color detectadas. Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto que los envases sometidos a luz fluorescente presentaron una atmósfera con mayor contenido en O₂, que los de las muestras conservadas en oscuridad, cuyos niveles de este gas prácticamente no variaron con el tiempo. Este resultado está en consonancia con lo previamente descrito para la pérdida de color (Fig. 24). Por tanto, la transferencia de O₂ al interior del envase constituye uno de los principales factores que afectan a la pérdida de color en el tipo de productos cárnicos evaluado.

Cabe destacar que el cambio brusco obtenido, tanto del valor del parámetro de color a* como en el porcentaje de O₂, entre las 105 y 110 horas de refrigeración (Figuras 24 y 25), se debe a un fallo técnico durante la ejecución del ensayo. En dicho período, que corresponde realmente a horas de iluminación, los envases estuvieron sometidos a iluminación durante sólo 5 horas diarias, por lo que, entre lo indicado como 105 a 110 h (de iluminación transcurrieron) en realidad 2 semanas, tanto para las muestras iluminadas como en oscuridad. Así, las muestras correspondientes a iluminación fluorescente, en dicho tiempo estuvieron almacenadas bajo largos período de oscuridad, lo que podría haber ocasionado la recuperación final del color rosáceo (incremento de a*). Sin embargo, esto se contradice con el notable incremento de la concentración de O₂ en dicho período y que, tal y como se ha comentado, es el principal responsable de la pérdida de color. Este incremento pudo deberse a un efecto combinado del tiempo de almacenaje prolongado, la iluminación fluorescente intermitente y, la permeabilidad del envase que era de baja barrera.

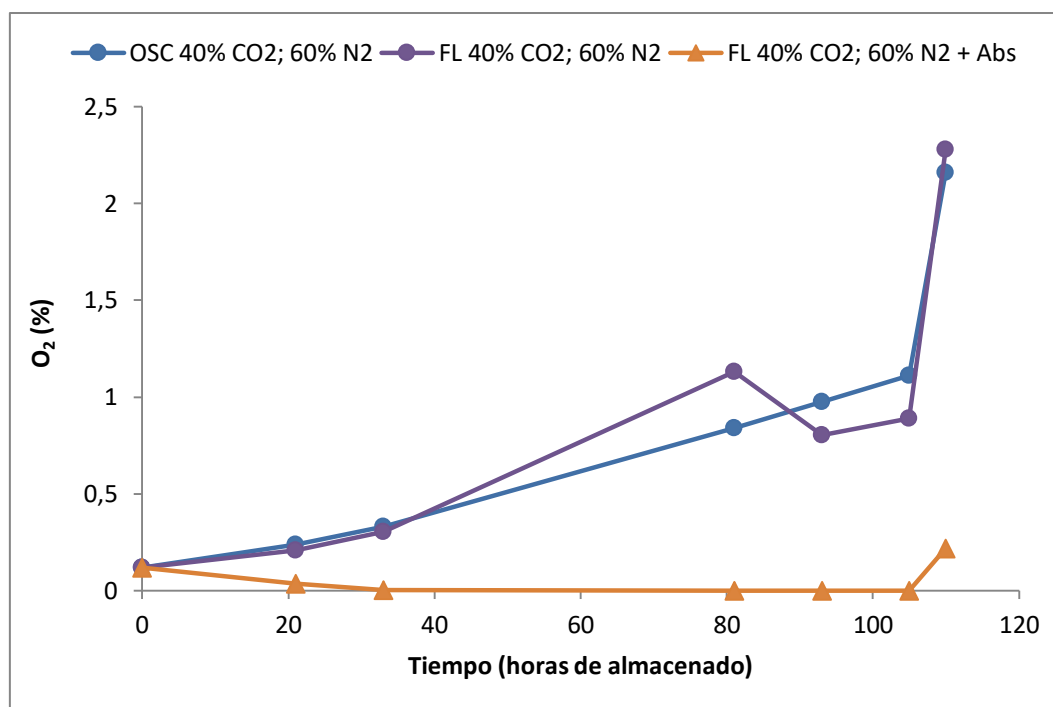


Figura 25: Evolución de la concentración de O₂ en envases de baja permeabilidad con lonchas de fiambre de cerdo envasadas en AM de 40:60, CO₂:N₂ en ausencia o presencia de absorbente de oxígeno (Abs) y conservadas en iluminación fluorescente (FL) o en oscuridad (OSC). El tiempo se refiere a las horas de iluminación (FL) en turno de 12h luz/12h oscuridad. Las horas totales reales son el doble (ver texto).

7.5. Impacto del uso de absorbente de oxígeno en envases de baja y elevada barrera

En el experimento 5, se investigó la conservación de las lonchas de fiambre en envases cuya combinación bandeja/film proporcionaba una baja barrera-BB o elevada barrera-BE, sometidas a distintas condiciones de iluminación (oscuridad o iluminación fluorescente y LED) durante su refrigeración, y con el empleo o no del absorbente de oxígeno en los mismos. Para evaluar el efecto de los factores mencionados, se analizó la evolución a lo largo del tiempo del color, pH de las lonchas y la concentración de O₂ en el interior de los envases. Los resultados de estos análisis se muestran en las Figuras 26 a 30, y se describen de forma secuencial para cada condición de iluminación.

En los envases almacenados en oscuridad los niveles de O₂ se incrementaron progresivamente de forma acusada en el envase de baja barrera sin absorbente de oxígeno (Fig. 26), en comparación con el resto de envases. En contraste, los dos tipos de envases (baja y elevada barrera) que poseían el absorbente de oxígeno, presentaron los niveles más bajos de oxígeno en su interior, aunque en el caso del envase de baja barrera, a partir de las 17 horas de almacenamiento, se produjo un ligero aumento de la concentración de oxígeno (Fig. 26). Por tanto, el absorbente de oxígeno tiene un tiempo de funcionamiento limitado, es decir, una vez transcurrido un periodo de tiempo en el que ha acumulado demasiada concentración de oxígeno, dicho absorbente no tiene capacidad para seguir absorbiendo dicho gas y, su actividad es nula. Es por ello que, en el caso del envase de baja barrera, el funcionamiento del absorbente de oxígeno finaliza más rápido que en el envase de elevada barrera, ya que el envase de elevada barrera posee un nivel de impermeabilidad superior al envase de baja barrera. Estas diferencias en cuanto niveles

de O_2 no se correspondieron con distintos grados de decoloración según envase o presencia de absorbente (Fig. 27), de modo que los valores del parámetro a^* fueron muy similares en los productos conservados en los dos tipos de envases con y sin absorbente. Igualmente, los resultados del análisis de pH de las lonchas fueron muy similares para todos los casos (Fig. 28), manteniéndose en valores alrededor de 6,2 durante todo el tiempo de almacenaje. Owczarek *et al.* (2014) también obtuvieron un pH constante en filetes de ternera envasados, por lo que la AM permite mantener el pH de derivados cárnicos sin variaciones destacables.

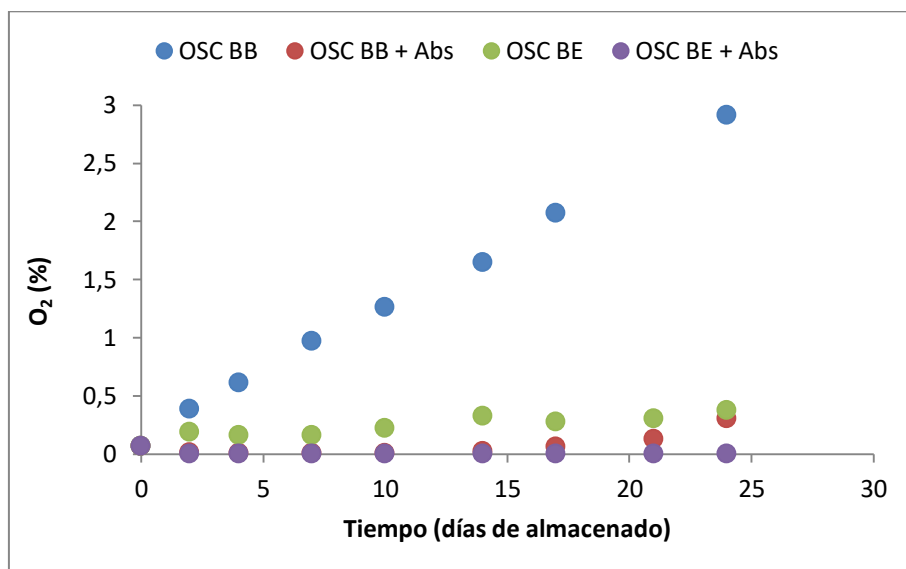


Figura 26: Evolución del nivel de oxígeno en la atmósfera de envases de baja (BB) y elevada barrera (BE) con ausencia o presencia del absorbente de oxígeno (Abs) con lonchas de fiambre conservadas a 6 °C en oscuridad (OSC).

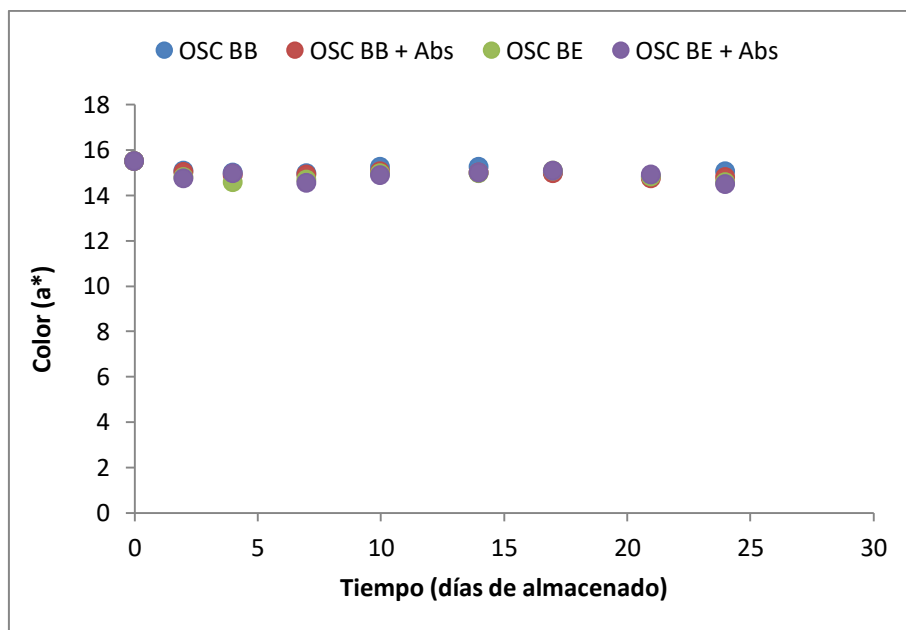


Figura 27: Evolución del color de las lonchas de fiambre envasadas en envases de baja (BB) y elevada barrera (BE) con ausencia o presencia del absorbente de oxígeno (Abs) y conservadas a 6 °C en oscuridad (OSC).

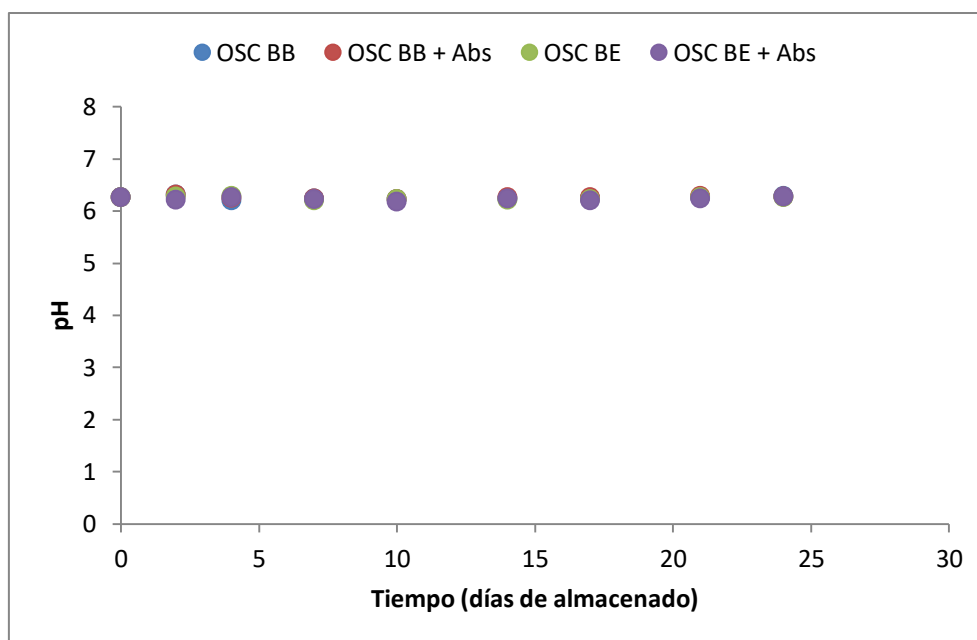
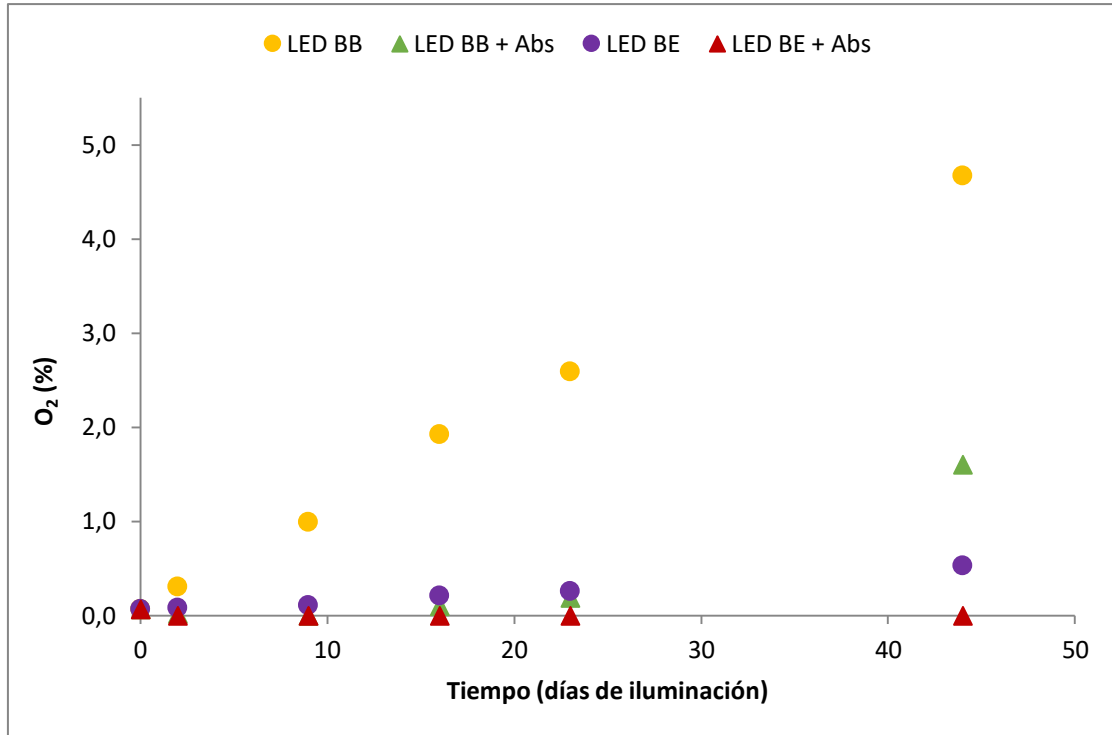


Figura 28: Evolución del pH de las lonchas de fiambre envasadas en envases de baja (BB) y elevada barrera (BE) con ausencia o presencia del absorbente de oxígeno (Abs) y conservadas a 6 °C en oscuridad (OSC).

En relación a los ensayos realizados con bandejas iluminadas con luz LED o fluorescente, en este caso sólo se describen los resultados de color de las lonchas, como de concentración de O₂ en el interior del envase, debido a que el pH no mostró variaciones temporales. Además, se comparan los resultados obtenidos para cada uno de los dos parámetros mencionados bajo las dos condiciones de iluminación.

En la Figura 29 se muestra la evolución de la concentración de oxígeno en el interior del envase durante su refrigeración en iluminación LED y fluorescente, cuyos resultados fueron muy similares, aunque se encontraron ciertos mayores niveles de oxígeno en los envases almacenados bajo iluminación fluorescente, tal y como se puede comprobar numéricamente en la Tabla 8. Además, en los envases de baja barrera y con absorbente de oxígeno, a partir de las 16 horas de iluminación, tanto LED como fluorescente, el contenido de oxígeno en el envase que hasta entonces había disminuido, comenzó a aumentar. Por tanto, tras dicho tiempo, el absorbente no presentó capacidad para continuar absorbiendo oxígeno (Tabla 8; Fig. 29). En cambio, en los envases de elevada barrera se registró la completa absorción de oxígeno por parte del absorbente desde el segundo día de iluminación (LED y fluorescente) (Tabla 8; Fig. 29). De acuerdo con esto, las condiciones que resultaron más efectivas para impedir la entrada de O₂ fueron el empleo de envase de elevada barrera con absorbente de oxígeno, aunque no se detectaron diferencias notables entre la ausencia y presencia del absorbente de oxígeno en los envases de elevadas barreras, por lo que se podría optar simplemente con un envase de elevada barrera y, evitar los costes generados por la adición del empleo del absorbente de oxígeno (Tabla 8). Por el contrario, en los envases de baja barrera, el empleo del absorbente limita notablemente la presencia de O₂ en la atmósfera del envase, aunque debe tenerse en cuenta las limitaciones en el funcionamiento del mismo, por lo que no es adecuada su elección para la conservación de lonchas de fiambre de cerdo (Tabla 8).

A)



B)

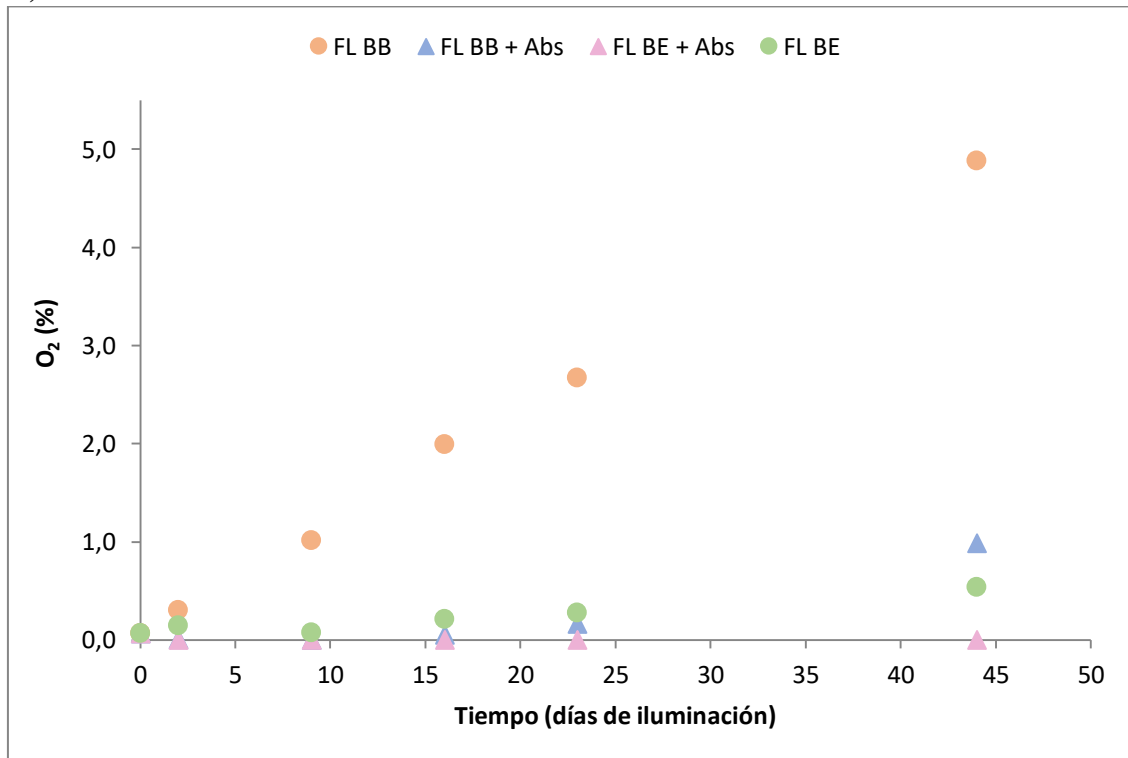


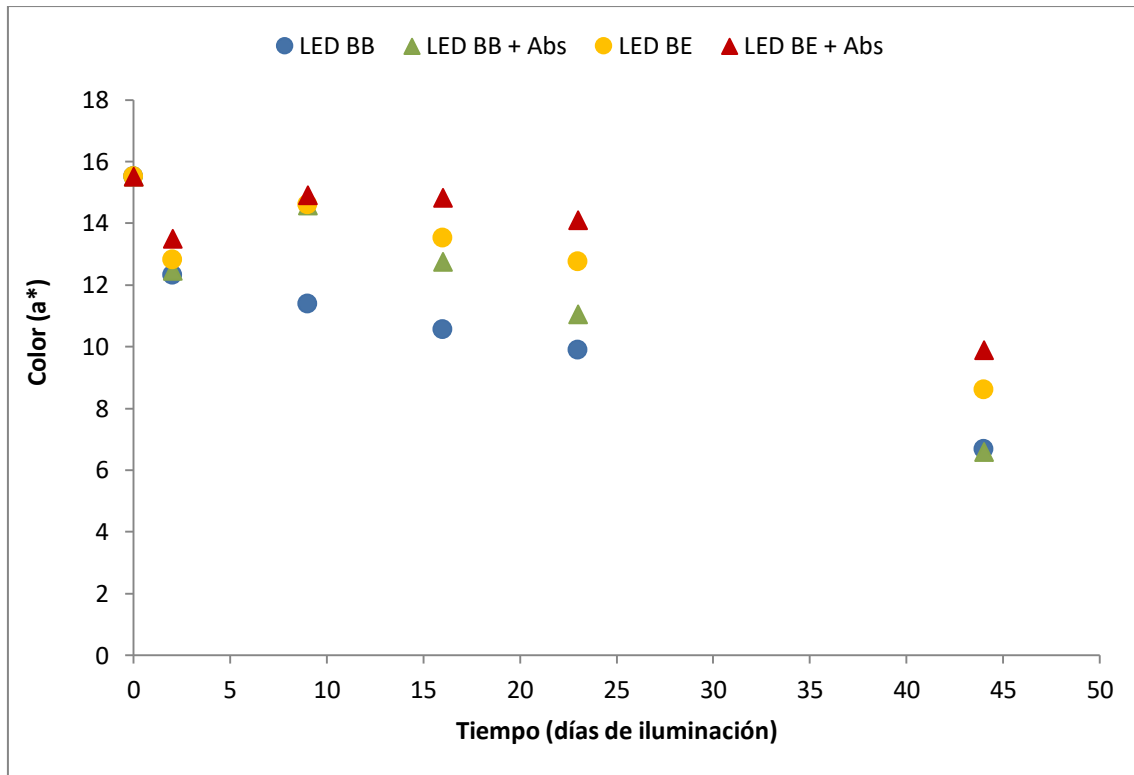
Figura 29: Evolución del nivel de oxígeno en la atmósfera de envases de baja (BB) y elevada barrera (BE) con ausencia o presencia del absorbente de oxígeno (Abs) con lonchas de fiambre conservadas a 6 °C con A) iluminación LED y B) fluorescente (FL).

Tabla 8. Evolución del porcentaje de oxígeno en envases de baja (BB) y elevada barrera (BE) con o sin absorbente (+Abs) refrigerados bajo iluminación LED y fluorescente (FL).

<i>Tiempo de iluminación (días)</i>	<i>LED BB</i>	<i>LED BB + Abs</i>	<i>LED BE</i>	<i>LED BE + Abs</i>	<i>FL BB</i>	<i>FL BB + Abs</i>	<i>FL BE</i>	<i>FL BE + Abs</i>
0	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
2	0,301	0,015	0,076	0,000	0,299	0,006	0,145	0,000
9	0,987	0,000	0,106	0,000	1,010	0,000	0,071	0,000
16	1,920	0,098	0,207	0,000	1,990	0,050	0,211	0,000
23	2,590	0,184	0,253	0,000	2,670	0,164	0,275	0,000
44	4,670	1,600	0,529	0,000	4,880	0,982	0,533	0,000
<i>media</i>	<i>1,756</i>	<i>0,327</i>	<i>0,206</i>	<i>0,011</i>	<i>1,819</i>	<i>0,211</i>	<i>0,217</i>	<i>0,011</i>

En la Figura 30, se muestra la evolución con el tiempo del color de las lonchas de fiambre durante su refrigeración bajo iluminación LED y fluorescente. Los resultados obtenidos demostraron que el producto perdió color a lo largo del tiempo en todos los casos. La mayor y más rápida decoloración de las lonchas sometidas a iluminación LED se produjo en las lonchas del envase de baja barrera sin absorbente de oxígeno (Fig. 30a). Sin embargo, en el envase de elevada barrera y con absorbente de oxígeno, se produjo un retardo en la decoloración, hasta los 23 días de iluminación, aunque posteriormente sufrió la decoloración, pero en niveles más bajos que en las lonchas de los otros envases. En el caso de las lonchas con iluminación fluorescente (Fig. 30b), la decoloración fue más rápida que la obtenida bajo iluminación LED (Fig. 30a), ya que en el caso de la iluminación fluorescente se llegaron a alcanzar valores del parámetro a^* de hasta 6 y, en iluminación LED el valor mínimo de a^* fue 6,6 lo cual se traduce en que la decoloración es mayor bajo la iluminación fluorescente. Asimismo, en cuanto al tipo de envase más favorable en la refrigeración con iluminación fluorescente, los resultados demostraron de nuevo que fue el envase de elevada barrera con el absorbente de oxígeno hasta los 24 días de refrigeración, ya que transcurrido este tiempo, se generó un descenso notable de la coloración (Fig. 30b), lo cual se verifica con el funcionamiento limitado del absorbente de oxígeno mencionado en anteriores experimentos.

A)



B)

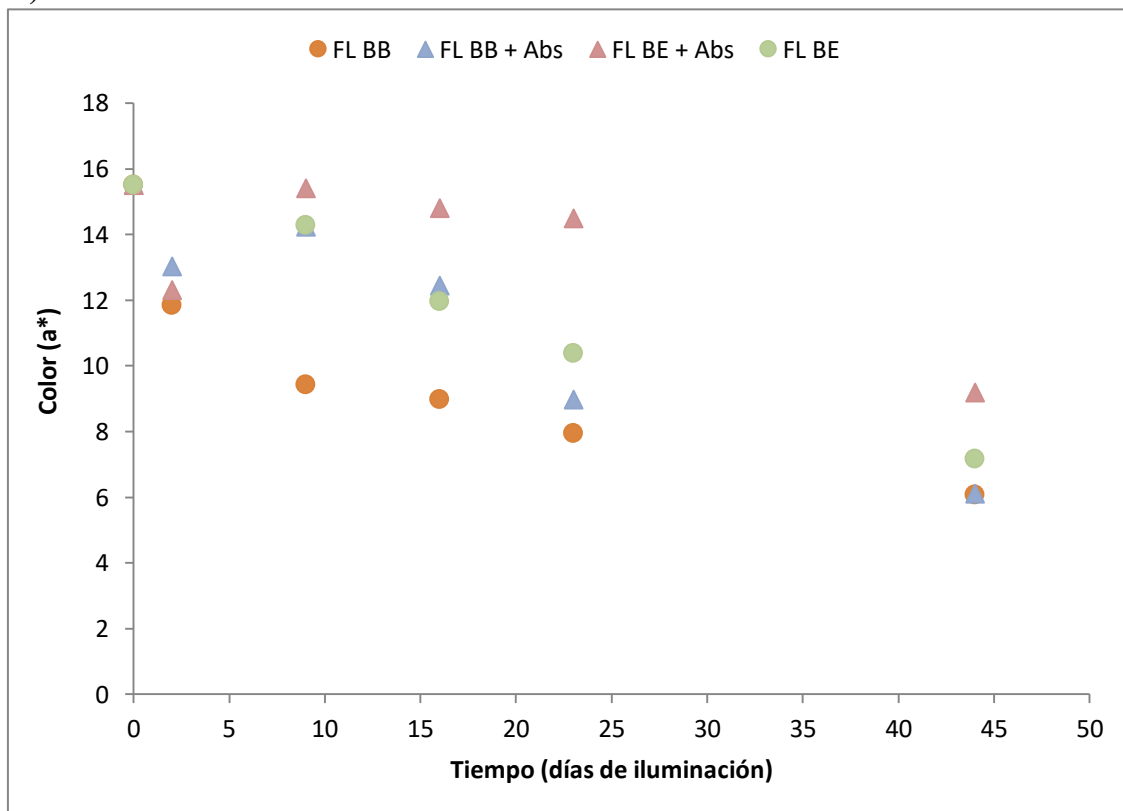


Figura 30: Evolución del color de las lonchas de fiambre en envases de baja (BB) y elevada barrera (BE) con ausencia o presencia del absorbente de oxígeno (Abs) con lonchas de fiambre conservadas a 6 °C con A) iluminación LED y B) fluorescente (FL).

8. Conclusiones y recomendaciones técnicas

Los resultados de este estudio permitieron establecer las siguientes conclusiones:

1. La iluminación, tanto LED como fluorescente, son perjudiciales durante la conservación del fiambre de cerdo cocido envasado, debido a que se facilitan diversas reacciones oxidativas. Por tanto, la conservación del mismo en oscuridad es la opción más adecuada. Sin embargo, el consumidor necesita ver el producto que desea comprar, por lo que se precisa de iluminación, siendo la opción más favorable el empleo de iluminación LED, menos dañina que la fluorescente.
2. El empleo de adhesivo absorbente de oxígeno en el film del envase presenta un funcionamiento limitado, por lo que se puede optar por un adhesivo de mayor superficie y así, este tendría una mayor capacidad de absorción de oxígeno y, por ello, un tiempo de uso mayor.
3. Los materiales de los envases que actúan como elevada barrera presentan efectos favorables en comparación con los envases de baja barrera, por lo que se puede prolongar la vida útil de lonchas de fiambre de cerdo gracias a una elevada barrera. Sin embargo, el empleo del absorbente de oxígeno no produce cambios significativos en los envases de elevada barrera, por tanto, se puede evitar este coste adicional.
4. La atmósfera modificada más adecuada para este tipo de derivado cárnico es: 40% CO₂; 60% N₂ debido a sus efectos similares en comparación con otras combinaciones de AM y, por su económico coste.

9. Bibliografía

- Andersen, H.J. *et al.* *Effect of light and packaging conditions on the colour stability of sliced ham.* Meat Science, 1988. **22**(4): p. 283-292.
- Andersen, H.J. y Skibsted, L.H. *Kinetics and mechanism of thermal oxidation and photooxidation of nitrosylmyoglobin in aqueous solution.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1992. **40**(10): p. 1741-1750.
- Balentine, C.W. *et al.*, *The pre-and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and color during storage of ground beef.* Meat Science, 2006. **73**(3): p. 413-421.
- Bañón, S. *et al.*, *Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties.* Meat science, 2007. **77**(4): p. 626-633.
- Barbut, S. *Effect of illumination source on the appearance of fresh meat cuts.* Meat Science, 2001. **59**(2): p. 187-191.
- Batt, C., *Microbial Food Spoilage. Reference Module in Food Science.* Elsevier, 2016.
- Berk, Z., *Food process engineering and technology.* 3rd ed. 2018: Academic Press, p. 395-398.
- Böhner, N., *et al.*, *Effect of retail display illumination and headspace oxygen concentration on cured boiled sausages.* Food Packaging and Shelf Life, 2014. **1**(2): p. 131-139.

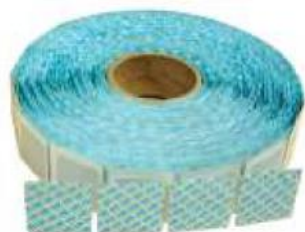
- Borch, E., *et al.*, *Bacterial spoilage of meat and cured meat products*. International Journal of Food Microbiology, 1996. **33**(1): p. 103-120.
- Bron, P.A. y Kleerebezem, M. (2011). *Engineering lactic acid bacteria for increased industrial functionality*. Bioengineered bugs, 2011. **2**(2): p. 80-87.
- Cabeza, E.A., *et al.*, *Alteración microbiana de los productos cárnicos cocidos durante el almacenamiento a refrigeración*. Alimentación, equipos y tecnología n° 208, Enero 2006: 57-61.
- Cleveland, J. *et al.* *Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation*. International Journal of Food Microbiology, 2001. **71**(1): 1-20.
- Comisión Europea. Reglamento (CE) n° 1441/2007, de 5 de diciembre de 2007, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, núm. 322, p. 12-29.
- Coyne, F.P. *The effect of carbon dioxide on bacteria growth*. *Proceedings of the Royal Society of London*. Series B, Containing Papers of a Biological Character, 1933: **113**(782): 196-217.
- Devlieghere, F. *et al.* *Shelf life of modified atmosphere packed cooked meat products: addition of Na-lactate as a fourth shelf life determinative factor in a model and product validation*. International Journal of Food Microbiology, 2000. **58**(1-2): p. 93-106.
- Djenane, D., *et al.*, *Nuevas perspectivas para la conservación natural de la carne*. Eurocarne n° 133, Enero-Febrero 2005: 1-23.
- Ercolini, D., *et al.*, *Changes in the spoilage-related microbiota of beef during refrigerated storage under different packaging conditions*. Applied and Environmental Microbiology, 2006. **72**(7): p. 4663-4671.
- España. Real Decreto – Ley 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos. Boletín Oficial del Estado, 30 de junio de 2014, núm. 147, p. 1-20.
- Foulquié-Moreno, M. *et al.*, *The role and application of enterococci in food and health*. International Journal of Food Microbiology, 2006. **106**(1): p. 1-24.
- Gibis, D. y Rieblinger, K. *Oxygen scavenging films for food application*. Procedia Food Science, 2011. **1**, p. 229-234.
- Gill, J.L. *et al.* *Associations between single nucleotide polymorphisms in multiple candidate genes and carcass and meat quality traits in a commercial Angus-cross population*. Meat science, 2010. **86**(4): p. 985-993.
- Gram, L., *et al.*, *Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria*. International Journal of Food Microbiology, 2002. **78**(1-2): 79-97.
- Gribble, A. y Brightwell, G., *Spoilage characteristics of Brochothrix thermosphacta and campestris in chilled vacuum packaged lamb, and their detection and identification by real time PCR*. Meat science, 2013. **94**(3), 361-368.

- Haile, D.M., et al., *Effect of light, packaging condition and dark storage durations on colour and lipid oxidative stability of cooked ham*. Association of Food Scientists and Technologists, 2011. **50**(2): 239-247.
- Han, J.H., *Innovations in Food Packaging*. 2005: Academic Press, p. 185-203.
- Hugo y Hugo, *Current trends in natural preservatives for fresh sausage products*. Trends in Food Science and Technology, 2015. **45**: p. 12-23.
- Hultman, J., et al., *Meat Processing Plant Microbiome and Contamination Patterns of Cold-Tolerant Bacteria Causing Food Safety and Spoilage Risks in the Manufacture of Vacuum-Packaged Cooked Sausages*. Applied and Environmental Microbiology, 2015. **81**(20): p. 7088-7097.
- Incoronato, A.L., et al., *Ready-to-cook fresh meal: study for shelf life prolongation*. Journal of Food Science and Technology, 2016. **53**(2): p. 990-995.
- Jakobsen, M., et al., *Oxygen- and light-barrier properties of thermoformed packaging materials used for modified atmosphere packaging. Evaluation of performance under realistic storage conditions*. Packaging Technology and Science, 2005. **18**(5): p. 265-272.
- Jalosinska, M. y Wilczak, J., *Influence of plant extracts on the microbiological shelf life of meat products*. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2009. **59**(4).
- Jamilah, I. et al., *Palm Juice/Nira (Arenga pinnata (Wurmb) Merr.), A Source of Lactic Acid Bacteria from North Sumatra*. En: Talenta Conference Series: Science and Technology (ST), 2018. Vol. **1**, No. 2: pp. 144-152.
- Kilcast, D. y Subramaniam, P. *The Stability and Shelf Life of Food*. Woodhead's food science, technology and nutrition. 2000, Boca Raton – Cambridge England: CRC Press.
- Kim, E. et al., *Review of the association between meat consumption and risk of colorectal cancer*. Nutrition Research, 2013. **33**(12): p. 983-994.
- Larsen, H., et al., *Determination of Critical Oxygen Level in Packages for Cooked Sliced Ham to Prevent Color Fading During Illuminated Retail Display*. Journal of Food Science, 2006. **71**(5): p. S407-S413.
- Maca, J. V. et al. *Microbiological, sensory and chemical characteristics of vacuum-packaged ground beef patties treated with salts of organic acids*. Journal of Food Science, 1997. **62**(3): p. 591-596.
- Mancini, R. A. y Hunt, M. (2005). *Current research in meat color*. Meat science, 2005. **71**(1): p. 100-121.
- Marcos Muntal, B. 2007. *Mejora de la seguridad alimentaria en productos cárnicos listos para el consumo mediante la aplicación combinada de tecnologías de conservación emergentes* (Tesis doctoral). Universitat de Girona, España.
- Mataragas, M. et al. *Influence of pH and temperature on growth and bacteriocin production by *Leuconostoc mesenteroides* L124 and *Lactobacillus curvatus* L442*. Meat Science, 2003. **64**(3): 265-271.

- Mbandi, E. y Shelef, L.A., *Enhanced inhibition of Listeria monocytogenes and Salmonella enteritidis in meat by combinations of sodium lactate and diacetate*. Journal of Food Protection, 2001. **64**(5): p. 640-644.
- Møller, J.K. *et al.*, *Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced, pasteurised ham packaged in modified atmosphere*. Meat Science, 2000. **54**(4): p. 399-405.
- Møller, J.K. y Skibsted, L.H. *Mechanism of nitrosylmyoglobin autoxidation: temperature and oxygen pressure effects on the two consecutive reactions*. Chemistry–A European Journal, 2004. **10**(9): 2291-2300.
- Nychas, G., *et al.*, *Meat spoilage during distribution*. Meat science, 2008. **78**(1-2): p. 77-89.
- Owczarek, A., *et al.*, *Effect of muscle, ageing time and modified atmosphere packaging conditions on the colour, oxidative and microbiological stability of packed beef*. International Journal of Food Science and Technology, 2014. **49**: p. 1090-1098.
- Pérez, D. y Andújar, G., *Cambios de coloración de los productos cárnicos*. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición, 2000. **14**(2): p. 114-123.
- Remenant, B., *et al.*, *Bacterial spoilers of food: Behavior, fitness and functional properties*. Food Microbiology, 2014. **45**: p. 45-53.
- Robertson, G.L., *Food packaging – Principles and Practice*. 2013: CRC Press.
- Robertson, G.L., *Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide*. 2010: CRC Press.
- Sivertsvik, M., *et al.*, *A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety*. International Journal of Food Science and Technology, 2002. **37**: p. 107-127.
- Sørheim, O. *et al.* *Carbon monoxide as a colorant in cooked or fermented sausages*. Journal of Food Science, 2006. **71**(9): p. C549-C555.
- Spencer, K.C. *Modified atmosphere packaging of ready-to-eat foods*. En: Innovations in food packaging, 2005. pp. 185-203: Academic Press.
- Stefansson, G. y Lauzon, H.L. *Retail and bulk packaging of fish fillets in modified atmosphere*. En: Conference Proceeding, 1999. Vol. 99.
- Sultana, F. *et al.*, *Multi-antibiotic resistant bacteria in frozen food (ready to cook food) of animal origin sold in Dhaka, Bangladesh*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2014. 4: p. S268-S271.
- Urzúa, H., *Microbiología de los alimentos*. 2016: Médica Panamericana.
- Vasilopoulos, C. *et al.*, *Evaluation of the spoilage lactic acid bacteria in modified-atmosphere-packaged artisan-type cooked ham using culture-dependent and culture-independent approaches*. Journal of Applied Microbiology, 2008. **104**(5): p. 1341-1353.

ANEXO 1

- Ficha técnica adhesivo absorbente de oxígeno (Standa ATCO OS 50/3000, Francia).



ATCO OS Oxygen absorbers ADHESIVE LABELS

Technical Datasheet

1°) SPECIFICATIONS

Reference	Type	Oxygen absorption capacity (ml)	Dimensions (mm)	Units per roll	Units per carton	Units per paletts of 18 cartons
V14011	ATCO OS 50/3000	50	23*34	3000	30 000	540 000
V14004	ATCO OS 75/2500	75	34*50	2 500	15 000	270 000
V14001	ATCO OS 100/2000	100	50*50	2 000	10 000	180 000
V14003	ATCO OS 150/2000	150	50*50	2 000	10 000	180 000
V14002	ATCO OS 200/1350	200	50*50	1 350	6 750	121 500

Composition:

Packaging: Laminated complex of PET, non-woven, PE with one adhesive side supported on a siliconed PET.

Contents: mixing of active mineral matters containing iron and iron oxides.

2°) ACTIVATION OF OXYGEN ABSORPTION

ATCO OS absorbs first its environment humidity before absorbing oxygen.

3°) AREAS OF APPLICATION

ATCO OS oxygen absorbers can be used in humid micro atmospheres (above 85% relative humidity; aw>0.85).

ATCO OS are well adapted to consumer's units packed with oxygen high barrier films.

Technical specifications of ATCO OS make it a handy packaging component which finds its applications in many sectors of the pharmaceutical industry, food industry, health-food industry and in non-dietary sectors.

Packed in rolls, ATCO OS oxygen absorbers can be dispensed manually or with automatic labelers.

LISTADO DE ABREVIATURAS

APET: Tereftalato de polietileno amorfo (transparente)

EVOH: Etileno Vinyl Alcohol

PA: Poliamida

PE: Polietileno

PET: Tereftalato de polietileno

PP: Polipropileno

SiOx: Óxido de silicio

La decoloración en fiambre de cerdo durante su almacenaje, es una de las principales razones por la que el consumidor rechaza dicho producto cárnico. Existen diversas técnicas de envasado y conservación que permiten mantener y mejorar la calidad de este producto cárnico cocido. El objetivo de este estudio ha sido investigar la influencia de varias condiciones de envasado en fiambre de cerdo en el mantenimiento de sus propiedades, incluyendo, disposición de las lonchas en el envase, gases empleados en la atmósfera modificada, tipo de polímero empleado en el envase y tipo de iluminación durante el almacenaje del producto. Para ello, se han envasado lonchas de fiambre de cerdo en envases con distintos niveles de permeabilidad, se han refrigerado durante diferentes tiempos y, se han sometido a distintos tipos de iluminación: LED, fluorescente u oscuridad. Asimismo, se ha estudiado el efecto de un absorbente de oxígeno en el film del envase. Las lonchas de fiambre refrigeradas bajo iluminación, presentaron un mayor deterioro que las almacenadas en oscuridad, siendo el daño mayor por iluminación fluorescente. Los envases que actuaron como elevada barrera fueron más adecuados que los de baja barrera. El absorbente de oxígeno posee un uso limitado, por lo que se puede optar por un tamaño del adhesivo adecuado a las necesidades de tiempo de utilización. Estas condiciones idóneas para la conservación de fiambre de cerdo, generan un relevante potencial en la industria alimentaria, ya que se pueden reducir las pérdidas económicas por deterioro del producto cárnico cocido, además de la disminución de aditivos para la conservación de alimentos cada vez más demanda por el consumidor.

Palabras clave: fiambre de cerdo, envasado, atmósfera modificada, vida útil, iluminación, color, oxidación.

The discoloration in cooked ham is one of the main reasons why consumers turn it down. Thus, the quality of this cooked meat product can be improved by using several packaging and preservation techniques. The objective of this study has been to investigate the influence that certain packaging conditions have in cooked ham, such as: the position of slices within the packaging, the gases used in modified atmosphere, the type of polymer used for packaging and the kind of illumination during storage. For that, cooked ham slices have been packaged with different levels of packaging permeability, stored refrigerated during several times and exposed to different kinds of illumination: LED, fluorescent or darkness. Besides, the effect of using an oxygen absorber in the film of the packaging has also been studied. The cooked ham that has been chilled under illumination has had a higher deterioration than those slices that have been chilled in darkness. Furthermore, the highest damage has been caused by fluorescent illumination. The high barrier packaging has shown positive results in comparison with the low barrier packaging. The oxygen absorber has a limited use, so it can be possible to get a suitable size according to the necessary time of use. These ideal conditions for the preservation of cooked ham produce an important potential in food industry, since the economic losses due to the deterioration of cooked meat products can be reduced, as well as the decrease of additives for food preservation which is in increasing demand by consumers.

Keywords: cooked ham, packaging, modified atmosphere, shelf-life, light, color, oxidation.

