

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**Máster Universitario en Tecnología y Calidad Agroalimentaria**



**USO DE FILM ALTERNATIVO  
COMPOSTABLE EN ENVASADO DE  
PRODUCTOS DE IV GAMA.**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Septiembre – 2022**

AUTOR: Eva María García Arjona

DIRECTOR/ES: Domingo Martínez Romero  
María José Giménez Torres



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

## VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2021/2022

Director/es del trabajo
Domingo Martínez Romero Maria José Giménez Torres

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Uso de film alternativo compostable en envasado de productos de IV gama.
Alumno
Eva María García Arjona 

Orihuela, a 16 de septiembre de 2022
Firma/s tutores trabajo



## **MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA**

### **REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Título: Uso de film alternativo compostable en envasado de productos de IV gama.

Title: Use of compostable alternative film packaging of ready-to eat salads.

Modalidad (proyecto/experimental): experimental

Type (project/research): project

Autor/Author: Eva María García Arjona

Director/es/Advisor: Domingo Martínez Romero / María José Giménez Torres

Convocatoria: septiembre

Month and year: septiembre 2022

Número de referencias bibliográficas/number of references: 17

Número de tablas/Number of tables: 2

Número de figuras/Number of figures: 7

Número de planos/Number of maps: 0

Palabras clave (5 palabras): envase, ácido poliláctico, listo para consumir, ensalada.

Key words (5 words): packaging, polylactic acid, ready to eat, salad.



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

## RESUMEN:

El envasado de alimentos protege los productos alimenticios, garantiza la seguridad e higiene alimentaria y reduce el desperdicio alimentario mediante la prolongación de la vida útil. La preocupación medioambiental por la creciente tasa de residuos junto con legislaciones orientadas a restringir los materiales de un solo uso dirige el enfoque de la industria alimentaria hacia el desarrollo de materiales más sostenibles, entre los que se encuentra el uso de ácido poliláctico (PLA). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de un nuevo film compostable, a base de PLA con envoltura en papel KRAFT y una ventana exclusiva de PLA para la visualización del producto, en ensaladas lavadas listas para consumir, frente a polipropileno biorientado (BOPP). Los productos fueron elaborados y envasados en la industria de ensaladas de IV gama Primaflor, producidas bajo condiciones estándar de producción. Los experimentos se realizaron con tres referencias de productos diferentes (mézclum, trocadero y gourmet) en cinco lotes de fabricación con ambos films. Las muestras fueron evaluadas desde el primer día de envasado hasta el fin de su vida útil, conservadas 4 días a 1-4°C y 7-9 días más a 6-8°C. Se determinó la evolución del contenido de gases de la atmósfera interna del envase, se realizó un análisis sensorial descriptivo por un panel de expertos utilizando una escala hedónica de 5 puntos y se determinó la fecha de caducidad de las mismas. La composición de la atmósfera interna fue similar entre los dos envases (PLA+KRAFT y BOPP). A nivel sensorial no se observaron diferencias significativas entre los dos tipos de envases, ya que la vida útil de los productos fue la misma en las tres referencias sometidas a estudio. Los resultados microbiológicos para las muestras envasadas en PLA+KRAFT fueron satisfactorios hasta los 12 días de ensayo, al igual que en las referencias envasadas en BOPP. Por tanto, se podría determinar que el envase de PLA+KRAFT mantiene la misma fecha de seguridad de las ensaladas de IV GAMA ensayadas que el film BOPP y, además, es una alternativa más sostenible.

## ABSTRACT:

Food packaging protects food products, ensures food safety and hygiene, and reduces food waste by extending shelf life. The environmental concern for the growing rate of waste together with legislation aimed at restricting single-use materials directs the focus of the food industry towards the development of more sustainable materials, among which is the use of polylactic acid (PLA). The objective of this work was to evaluate the behavior of a new compostable film, based on PLA with wrapping in KRAFT paper and an exclusive PLA window for product visualization, in washed ready-to-eat salads, compared to bioriented polypropylene (BOPP). The products were prepared and packaged in the Primaflor fresh-cut salad industry, produced under standard production conditions. The experiments were carried out with three different product references (mézclum, trocadero and gourmet) in five manufacturing batches with both films. The samples were evaluated from the first day of packaging until the end of their shelf life, stored for 4 days at 1-4°C and 7-9 more days at 6-8°C. The evolution of the gas content of the internal atmosphere of the container was determined, a descriptive sensory analysis was carried out by a panel of experts using a 5-point hedonic scale, and their expiration date was determined. The composition of the internal atmosphere was similar between the two packages (PLA+KRAFT and BOPP). At the sensory level, no significant differences were observed between the two types of packaging, since the shelf life of the products was the same in the three references under study. The microbiological results for the samples packaged in PLA+KRAFT were satisfactory up to 12 days of testing, as in the references packaged in BOPP. Therefore, it could be determined that the PLA+KRAFT container maintains the same safety date of the fresh-cut salads tested as the BOPP film and, furthermore, is a more sustainable alternative.

# USO DE FILM ALTERNATIVO COMPOSTABLE EN ENVASADO DE PRODUCTOS DE IV GAMA.

E.M. García-Arjona<sup>1</sup>, D. Martínez-Romero<sup>1</sup> y M.J. Giménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Miguel Hernández, Departamento de Tecnología Agroalimentaria. Ctra. Beniel km 3,2 03312 Orihuela, Alicante. E-mail: [eva.garcia25@goumh.umh.es](mailto:eva.garcia25@goumh.umh.es)

## Resumen

El envasado de alimentos protege los productos alimenticios, garantiza la seguridad e higiene alimentaria y reduce el desperdicio alimentario mediante la prolongación de la vida útil. La preocupación medioambiental por la creciente tasa de residuos junto con legislaciones orientadas a restringir los materiales de un solo uso dirige el enfoque de la industria alimentaria hacia el desarrollo de materiales más sostenibles, entre los que se encuentra el uso de ácido poliláctico (PLA). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de un nuevo film compostable, a base de PLA con envoltura en papel KRAFT y una ventana exclusiva de PLA para la visualización del producto, en ensaladas lavadas listas para consumir, frente a polipropileno biorientado (BOPP). Los productos fueron elaborados y envasados en la industria de ensaladas de IV gama Primaflor, producidas bajo condiciones estándar de producción. Los experimentos se realizaron con tres referencias de productos diferentes (mézclum, trocadero y gourmet) en cinco lotes de fabricación con ambos films. Las muestras fueron evaluadas desde el primer día de envasado hasta el fin de su vida útil, conservadas 4 días a 1-4°C y 7-9 días más a 6-8°C. Se determinó la evolución del contenido de gases de la atmósfera interna del envase, se realizó un análisis sensorial descriptivo por un panel de expertos utilizando una escala hedónica de 5 puntos y se determinó la fecha de caducidad de las mismas. La composición de la atmósfera interna fue similar entre los dos envases (PLA+KRAFT y BOPP). A nivel sensorial no se observaron diferencias significativas entre los dos tipos de envases, ya que la vida útil de los productos fue la misma en las tres referencias sometidas a estudio. Los resultados microbiológicos para las muestras envasadas en PLA+KRAFT fueron satisfactorios hasta los 12 días de ensayo, al igual que en las referencias envasadas en BOPP. Por tanto, se podría determinar que el envase de PLA+KRAFT mantiene la misma fecha de seguridad de las ensaladas de IV GAMA ensayadas que el film BOPP y, además, es una alternativa más sostenible.

**Palabras clave:** envase, ácido poliláctico, listo para consumir, ensalada

## USE OF COMPOSTABLE ALTERNATIVE FILM PACKAGING OF READY-TO-EAT SALADS.

### Abstract

Food packaging protects food products, ensures food safety and hygiene, and reduces food waste by extending shelf life. The environmental concern for the growing rate of waste together with legislation aimed at restricting single-use materials directs the focus of the food industry towards the development of more sustainable materials, among which is the use of polylactic acid (PLA). The objective of this work was to evaluate the behavior of a new compostable film, based on PLA with wrapping in KRAFT paper and an exclusive PLA window for product visualization, in washed ready-to-eat salads, compared to bioriented polypropylene (BOPP). The products were prepared and packaged in the Primaflor fresh-cut salad industry, produced under standard production conditions. The experiments were carried out with three different product references (mézclum, trocadero and gourmet) in five manufacturing batches with both films. The samples were evaluated from the first day of packaging until the end of their shelf life, stored for 4 days at 1-4°C and 7-9 more days at 6-8°C. The evolution of the gas content of the internal atmosphere of the container was determined, a descriptive sensory analysis was carried out by a panel of experts using a 5-point hedonic scale, and their expiration date was determined. The composition of the internal atmosphere was similar between the two packages (PLA+KRAFT and BOPP). At the sensory level, no significant differences were observed between the two types of packaging, since the shelf life of the products was the same in the three references under study. The microbiological results for the samples packaged in PLA+KRAFT were satisfactory up to 12 days of testing, as in the references packaged in BOPP. Therefore, it could be determined that the PLA+KRAFT container maintains the same safety date of the fresh-cut salads tested as the BOPP film and, furthermore, is a more sustainable alternative.

**Keywords:** packaging, polylactic acid, ready to eat, salad.

## Introducción

En la actualidad, el envasado de alimentos desempeña un papel imperativo en la sociedad, protegiendo los productos alimenticios de posibles daños y degradación, al mismo tiempo que garantiza la seguridad e higiene y reduce el desperdicio alimentario mediante la prolongación de la vida útil (Petkoska et al., 2021). Las diferentes categorías de alimentos tienen distintos requisitos con respecto a su almacenamiento y transporte, por ejemplo, la conservación de frutas y verduras requiere la reducción de la tasa de respiración y transpiración, que generalmente se puede lograr mediante el control de la humedad, la temperatura, la luz y composición de gases presentes en la atmósfera (Wang et al., 2021). La elección de materiales de envasado adecuados para atmósfera modificada de productos que respiran, como frutas y verduras, es mucho más compleja y no hay soluciones fáciles disponibles debido a la naturaleza dinámica del producto.

Las concentraciones de O<sub>2</sub> recomendadas durante el almacenamiento de verduras frescas envasadas en atmósfera modificada deben oscilar entre 1-5%, mientras que el CO<sub>2</sub> no debe exceder el 10%, con el fin de disminuir la tasa de respiración, deterioro y aparición de bacterias aeróbicas para extender la vida útil (Robertson, 2016; Kapetanakou et al., 2019). Uno de los principales problemas es la naturaleza no sostenible de los plásticos comúnmente utilizados. Se consideran “no amigables con el medio ambiente”, puesto que la mayoría de ellos no son renovables ni biodegradables y terminan en vertederos o en los océanos. Además de la contaminación ambiental que ocasionan por la generación de dióxido de carbono y emisión de otros tóxicos durante su incineración, generan dependencia de reservas de petróleo no renovables y potencial de interacciones dañinas entre los posibles plásticos reciclados/reutilizados y los alimentos (Petkoska et al., 2021).

Al mismo tiempo que aumenta la preocupación medioambiental por la creciente tasa de residuos de los materiales de envasado, las demandas y necesidades actuales de los consumidores se dirigen hacia alimentos más naturales, de alta calidad, cómodos y seguros, lo que supone un desafío importante para la industria alimentaria (Jansiri et al., 2021). Por todo ello, se están realizando investigaciones para desarrollar nuevos materiales sostenibles, biodegradables y comestibles. Para poder cumplir con las necesidades actuales de materiales de envasados alternativos que sean renovables, reciclables, fácilmente degradables y que requieran una eliminación mínima o nula. Estos materiales pueden estar elaborados a partir de almidones, derivados de la celulosa, quitosano/quitina, gomas, proteínas de origen animal o vegetal y los lípidos (Petkoska et al., 2021).

Según la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU, las tasas de reciclaje en todo el mundo se estimaron en aproximadamente un 70% para los envases de papel y un 14% para los envases de plástico (Stark et al., 2021).

En el mundo de los polímeros, los materiales de biopolímeros son un sustituto ecológico de los polímeros sintéticos. Esto se debe a su biodegradabilidad, uso de residuos agroindustriales (biomasa) y materias primas renovables. Son deseables en términos de disponibilidad y rentabilidad. Además, pueden formarse como compuestos y laminarse para mejorar sus propiedades (Tajeddin et al., 2020). Entre estos polímeros se encuentra el ácido poliláctico (PLA), su componente básico es el ácido láctico, que se puede obtener mediante la fermentación del maíz u otras materias primas agrícolas sostenibles. Su buena procesabilidad térmica permite que se pueda fabricar mediante diferentes métodos de procesamiento, como la extrusión, el moldeo de películas y el hilado de fibras. Debido a las características biodegradables y biocompatibles del PLA, recibió la aprobación de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) para su aplicación en contacto con alimentos y se convirtió en un candidato adecuado para su uso en envases para alimentos frescos, incluido el envoltorio, la película de laminación y el embalaje blíster. Las características del PLA son comparables con la poliolefina y el politereftalato de etileno (PET). Entre sus propiedades funcionales cabe destacar su alta transparencia, buena sellabilidad, buena resistencia a aceites y grasas y excelentes características organolépticas (Gan y Chow, 2018).

Por tanto, el objetivo principal de este trabajo es evaluar el comportamiento de un nuevo film compostable, a base de ácido poliláctico (PLA) combinado con KRAFT, en ensaladas lavadas y listas para consumir, frente al actual material polipropileno biorientado (BOPP) utilizado por la industria alimentaria para este tipo de productos.

## Material y métodos

### Diseño Experimental

Los ensayos se realizaron utilizando tres referencias de ensaladas listas para consumir (gourmet, mézclum y trocadero), de las cuales se elaboraron cinco lotes de distintas fechas de fabricación.

Para el presente estudio se ha simulado una cadena de frío parcialmente controlada, en la que el primer tercio de vida útil (4 días) el producto se conservó a una temperatura restrictiva para los microorganismos (1-4°C), y los dos últimos tercios de vida útil (7-9 días) a una temperatura superior (6-8°C). El objetivo de esta variación de temperatura fue simular a las pérdidas de la cadena de frío que puedan tener las ensaladas desde el punto de venta hasta el consumidor final. De cada lote de fabricación se realizó un muestreo de tres bolsas diarias durante el periodo de seguimiento de cada una de las referencias. Los diferentes tipos de ensaladas de IV GAMA sometidas a estudio, composición y características de envasado se muestran en la **Tabla 1**:

*Tabla 1. Descripción tipo de ensalada a estudio.*

Producto de la ensalada	Composición	Peso neto (g)	O <sub>2</sub> al envasar (%)	Dimensiones bolsa (Ancho x Largo (mm))
<b>Gourmet</b>	<b>65% escarola rizada, 23% canónigos, 12% radicchio</b>	<b>175</b>	<b>21</b>	<b>480 x 290</b>
<b>Mézclum</b>	<b>50% escarola rizada, 20% radicchio, 20% brotes lechuga roja, 10% mizuna</b>	<b>150</b>	<b>15-16</b>	<b>480 x 300</b>
<b>Trocadero</b>	<b>100% lechuga trocadero</b>	<b>150</b>	<b>4-5</b>	<b>480 x 300</b>

Se llevó a cabo la fabricación de los tres tipos de ensaladas lavadas y listas para consumir según el proceso de fabricación estándar de ensaladas de IV GAMA de la empresa Primaflor. El proceso cuenta con tres fases: 1) preparación y corte de materias primas vegetales 2) lavado del producto con agua e higienizante y, 3) envasado realizado en envasadoras verticales con inyección de gas mediante barrido de argón, encargado de desplazar al oxígeno para establecer las concentraciones necesarias para cada referencia. Las necesidades de atmósfera modificada se emplearon en base al histórico de las referencias que comercializa actualmente la empresa envasadas en material BOPP. En la elaboración de estas mezclas vegetales se estableció un 10% de tolerancia frente a variaciones en el porcentaje marcado para cada ingrediente. También se incluyó un monoproducto, compuesto por un 100% de lechuga trocadero. Las dimensiones de bolsa para cada formato fueron las mismas que las utilizadas de forma estándar, tanto para el material convencional (BOPP) como para el material alternativo (PLA+KRAFT).

La lámina actual con la que se comercializan estas ensaladas está compuesta por polipropileno biorientado con un espesor de 35 micras, una permeabilidad al oxígeno de 960 cm<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>/d) según método ASTM D 3985 (23°C, 0% H.R) y una permeabilidad al vapor de agua de 2.8÷5.5 g/m<sup>2</sup>/d, bajo el método ASTM F1249 (38°C-90% H.R). En el caso de las muestras a estudio, se realizó con PLA y envoltura de papel KRAFT, dejando una ventana solo de PLA, con una superficie de 36.250 mm<sup>2</sup> para la ensalada gourmet y de 37.700 mm<sup>2</sup> para ensalada trocadero y mézclum. Estos biopolímeros la permeabilidad al oxígeno es de 1100 cm<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>/d), bajo el método ASTM F1249 (38°C-90% H.R) y la permeabilidad al vapor de agua es de 440 g/m<sup>2</sup>/d según el método ASTM F1249 (38°C-90% H.R).



**Figura 1. A) Muestras envasadas en BOPP, B) muestras envasadas en KRAFT+PLA.**

#### Evolución del contenido de la atmósfera interna del envase:

Se determinó la concentración de gases de la atmósfera interna de ambos envases desde el primer día de fabricación hasta el fin de su vida útil: 13 días para las ensaladas gourmet y mézclum y 11 días para la ensalada trocadero. La evolución de la composición de la atmósfera interna se midió utilizando un analizador de gases Dansensor CheckPoint II (Dansensor, Mocon INC, Minneapolis, MN, EE. UU.), con una sensibilidad al  $\text{CO}_2 < 25\%$ :  $\pm 0,25\%$  absoluta + 2% relativa  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2 \geq 25\%$ :  $\pm 0,5\%$  absoluta + 2% relativa  $\text{O}_2$ .

#### Determinación de la fecha de caducidad:

El marcado de la fecha de duración mínima o fecha de caducidad es una mención obligatoria conforme al DOUE (2011) sobre información alimentaria facilitada al consumidor. El operador alimentario responsable de esta información ha de garantizar la exactitud de la misma.

Se trata de lechuga fresca troceada y brotes tiernos, listos para el consumo con una vida útil de 10-12 días, según referencia. No se le adiciona ningún conservante, por lo que las principales medidas de control que se aplican durante el proceso y que van a influir en la vida útil del producto son la higienización y el envasado en atmósfera protectora.

Se realizaron análisis microbiológicos de acuerdo con el DOUE (2005), el día de fabricación, a 2/3 de la vida útil (6-7 días) y posterior a la fecha de caducidad (12 días), a un lote de fabricación de cada tipo de mezcla en este nuevo envase. Además, se cuenta con un amplio histórico microbiológico de 13 años para todas las referencias comercializadas actualmente con envasado en BOPP. La fabricación de estas referencias cuenta con programas para garantizar la calidad, como el análisis de riesgos y control de puntos críticos (APPCC), en el que se identifican los riesgos microbiológicos en cada etapa de los procesos de producción y envasado para evitar el efecto que puedan provocar.

Para el control microbiológico de higiene de los procesos se analizó *E.Coli* y para los criterios microbiológicos de seguridad alimentaria *Listeria Monocytogenes* y *Salmonella*. Los ensayos microbiológicos se realizaron en laboratorio externo acreditado por ENAC. La determinación de *E.Coli* se realizó mediante recuento en placa PTA-MC-009, el patógeno *Listeria monocytogenes* mediante recuento en placa PTA-MC-019 y *Salmonella* spp mediante aislamiento e identificación mediante PTA-MC-028.

Al tratarse de un producto listo para consumir que no es estable a temperatura ambiente y necesita refrigeración, debe almacenarse a una temperatura de 1-4°C. Además, debido a sus características físico-químicas (pH 6.14 y  $a_w 0.95$ ) permite el crecimiento de *Listeria monocytogenes*, tal y como se establece en el Anexo I, Capítulo I, del DOUE (2005) relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. Por tanto, procede marcar la vida útil de este producto como fecha de caducidad.

### Análisis sensorial descriptivo:

El control de la vida útil de las ensaladas se llevó a cabo por un panel de catadores expertos formado por 6 personas con un 50% de mujeres y un 50% de hombres que forman parte del departamento de calidad: personal de laboratorio, técnicos de calidad, tecnólogo de planta y personal de I+D+i. Las características organolépticas evaluadas fueron apariencia, olor, sabor, textura, humedad y podrido utilizando una escala de valoración de 5 puntos, dónde 5 corresponde a estado perfecto, 4 bueno, 3 aceptable, 2 mínimo exigido y 1 rechazado. Se realizó la valoración desde el día de fabricación hasta que el producto fue valorado como rechazado (1). Estimando la vida útil en el día en el que fuese valorado con un 2, puesto que es el mínimo exigido para que el producto valorado sea comercial.

### Análisis estadístico:

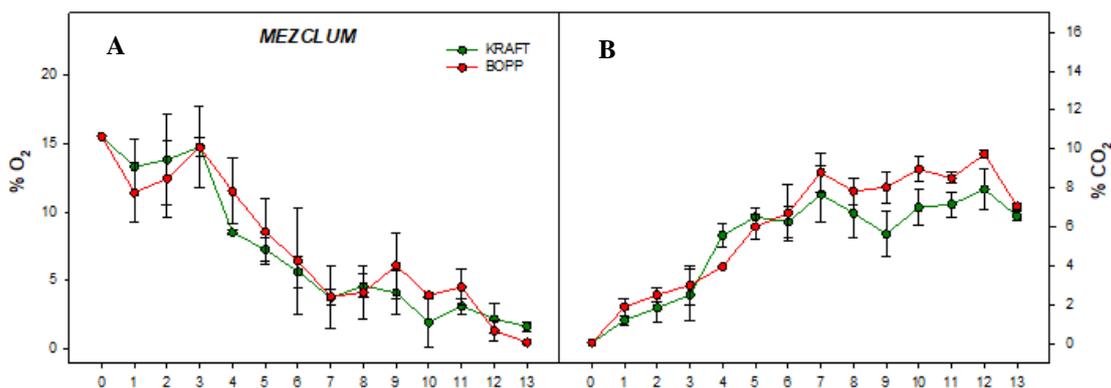
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software SPSS 15.0 versión 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Los valores medios se compararon utilizando el procedimiento de diferencia mínima significativa de la prueba HSD de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Resultados y discusión

### Evolución del contenido de la atmósfera interna del envase:

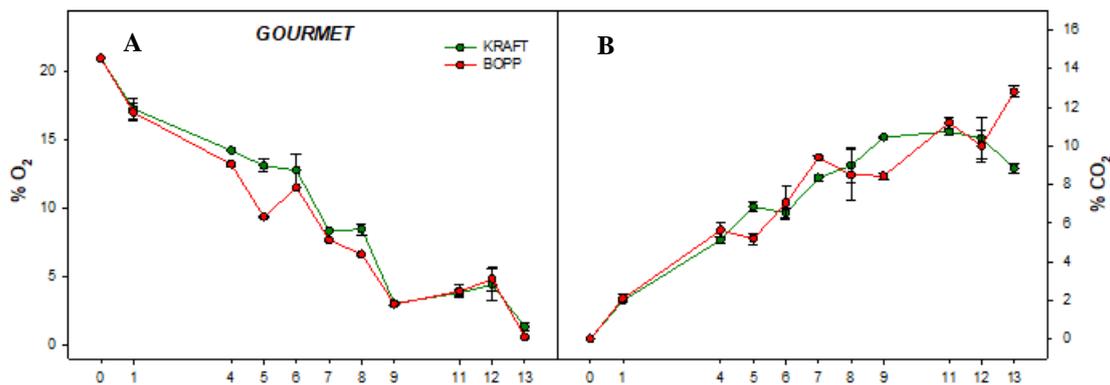
La permeabilidad del envase para el oxígeno debe ser tal que éste se mantenga a niveles bajos, pero llegando a un equilibrio en que el  $O_2$  que entra en el envase sea el necesario para mantener una respiración ralentizada del vegetal, retrasando su desarrollo, evolución y senescencia (Wang et al., 2022). En las **figuras 2-4** se observa la evolución del contenido de oxígeno y dióxido de carbono durante el almacenamiento de cada una de las ensaladas.

La concentración de  $O_2$  de la ensalada mézclum no mostró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos envases durante el tiempo de duración del ensayo (**Figura 2A**). Por otro lado, la concentración de  $CO_2$  en el film BOPP fue superior ( $p < 0,05$ ) a las envasadas en el film KRAFT+PLA desde el día 7 hasta el día 12 de almacenamiento; sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos envases al final del ensayo (**Figura 2B**).



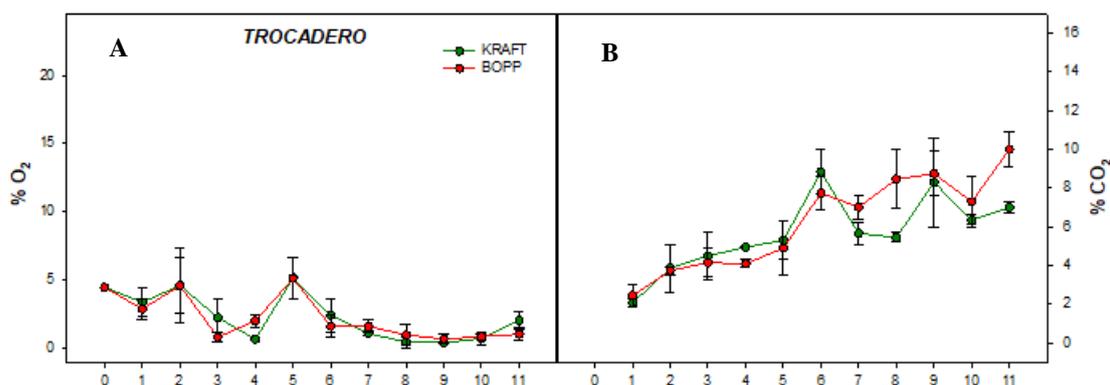
**Figura 2.** Evolución de la concentración de (A)  $O_2$ , y (B)  $CO_2$  en el interior del envase de la ensalada mézclum durante 4 días a 1-4°C y 9 días a 6-8°C.

Del mismo modo, la evolución de las concentraciones de  $O_2$  (**Figura 3A**) y  $CO_2$  (**Figura 3B**) en la ensalada gourmet no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos envases utilizados durante los 13 días de duración del ensayo.



**Figura 3. Evolución de la concentración de (A) O<sub>2</sub>; y (B) CO<sub>2</sub> en el interior del envase de la ensalada gourmet durante 4 días a 1-4°C y 9 días a 6-8°C.**

Sin embargo, para la ensalada trocadero, la evolución de ambos gases fue diferente a las otras dos ensaladas, debido a que se partió de una concentración inicial de O<sub>2</sub> del 4-5% y se trata de un monoproducto sin mezclas vegetales (Figura 4A-4B). El contenido en oxígeno y dióxido de carbono fue muy similar ( $p>0,05$ ) durante todo el seguimiento en ambos materiales de envasado hasta los 11 días de almacenamiento.



**Figura 4. Evolución de la concentración de (A) O<sub>2</sub> y (B) CO<sub>2</sub> en el interior del envase de la ensalada trocadero durante 4 días a 1-4°C y 7 días a 6-8°C.**

Según los resultados obtenidos en este ensayo, la diferencia en la permeabilidad al oxígeno en ambos materiales no afecta a la evolución de la concentración de los gases durante su conservación. Para el caso del material convencional BOPP la permeabilidad al oxígeno es de  $960\text{cm}^3(\text{m}^2/\text{d})$  y para el material alternativo (KRAFT+PLA) es de  $1100\text{cm}^3(\text{m}^2/\text{d})$ . Por lo que, la mayor permeabilidad al oxígeno del material alternativo no afecta a la barrera que ejerce frente al mismo ya que, los datos de concentración de oxígeno son muy similares durante todo el seguimiento en las tres referencias ensayadas. Investigaciones previas mostraron que la concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en atmósfera modificada de equilibrio fueron similares entre envases de celulosa, ácido poliláctico (PLA), tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP) para el envasado de fruta uchuva. La mayor permeabilidad de agua del PLA evitó la formación de condensación dando como resultado una menor deshidratación/degradación de la fruta y vida útil más larga en comparación con los otros materiales a ensayo (Garavito et al., 2022). La mayor permeabilidad al vapor de agua del PLA combinada con sus propiedades de barrera con respecto al CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> permitió un mejor control de la atmósfera dentro del envase en combinación con tecnología de microperforación láser y sistemas de envasado en atmósfera ajustadas a las necesidades de cada producto hortícola específico. En este caso fueron tomates cherry y melocotones, los cuales no presentaron diferencias en el porcentaje de frutos podridos a los 9 días. Sin embargo, en el caso del control habían aumentado considerablemente. Por lo que, el uso de PLA prolonga la calidad y seguridad durante un periodo de vida útil más largo (Mistriotis et al., 2016).

## Resultados microbiológicos- determinación de la fecha de caducidad:

Los resultados de los análisis microbiológicos realizados a las tres referencias sometidas a estudio mostraron que todas las muestras cumplen con los límites establecidos según el DOUE (2005). Los resultados de *Listeria monocytogenes* <10ufc/g a los 12 días para las ensaladas mézclum, gourmet y trocadero siendo inferiores al límite establecido en dicho reglamento (<100ufc/g). En cuanto a *Salmonella*, los resultados mostraron ausencia en 25g y el valor para el indicador de *E.Coli* se encontraba por debajo de 10ufc/g para todas las ensaladas analizadas.

Por tanto, los resultados mostraron que los productos cumplen con las exigencias de seguridad alimentaria para garantizar su inocuidad, sin provocar riesgo en la salud de los consumidores hasta 12 días.

*Tabla 2. Resultados microbiológicos por ensalada.*

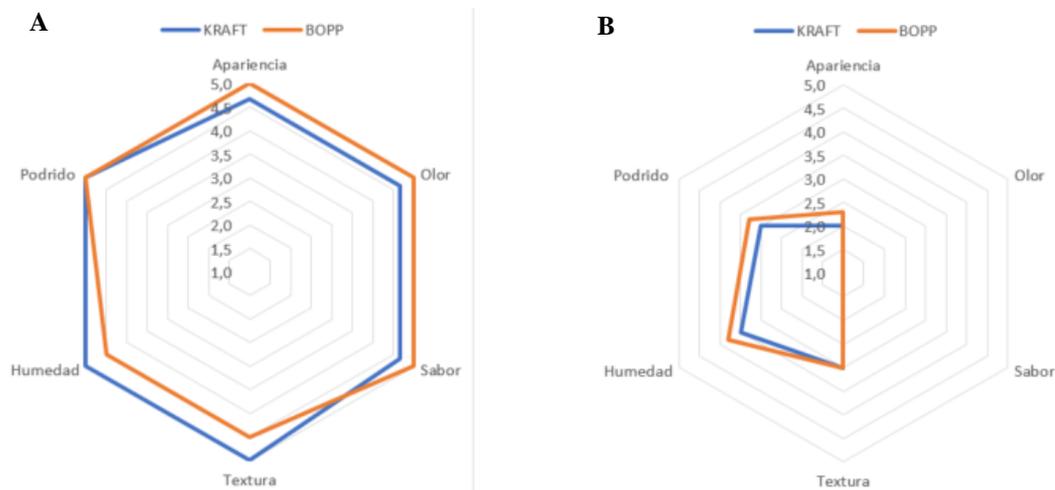
<b>Ensalada: Mézclum</b>			
<b>P+</b>	<b><i>E.coli</i></b>	<b><i>Salmonella</i></b>	<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>
<b>1</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>	<b>No detectado 25g</b>	<b>No detectado 25g</b>
<b>7</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>		
<b>12</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>	<b>No detectado 25g</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>
<b>Ensalada: Gourmet</b>			
<b>P+</b>	<b><i>E.coli</i></b>	<b><i>Salmonella</i></b>	<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>
<b>1</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>	<b>No detectado 25g</b>	<b>No detectado 25g</b>
<b>7</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>		
<b>12</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>	<b>No detectado 25g</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>
<b>Ensalada: Trocadero</b>			
<b>P+</b>	<b><i>E.coli</i></b>	<b><i>Salmonella</i></b>	<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>
<b>1</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>	<b>No detectado 25g</b>	<b>No detectado 25g</b>
<b>7</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>		
<b>12</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>	<b>No detectado 25g</b>	<b>&lt;10 ufc/g</b>

En una investigación realizada por Nazri et al. (2022) se evaluaron películas activas de PLA y celulosa nanofibrilada (NFC), y sensibles al pH, con diferentes cargas de aceite esencial (timol y curry) al 5%,10%,15% y un contenido fijo de un 1% de antocianinas. La adición del aceite esencial timol junto con antocianinas mejoraron los efectos mecánicos, físicos y antimicrobianos de las películas en la conservación del tomate cherry. Otros estudios también observaron mejoras en las propiedades mecánicas de las películas de PLA con la adición de extracto de *Allium* spp y en la reducción del crecimiento de enterobacterias, bacterias aeróbicas y mohos en envasado de ensaladas listas para consumir (Llana-Ruiz-Cabello et al., 2015). Wu et al. (2022) mostraron que la síntesis de lactato de Cerio (Ce-LA) mediante precipitación e integración en PLA produjo mejoras significativas en las propiedades de cristalización y antibacterianas, añadiendo un valor de aplicación importante en el desarrollo de materiales de envasado de PLA con propiedades de alto rendimiento. Otros autores

observaron como el uso combinado de diodos emisores de luz ultravioleta y envases antimicrobianos con extracto de pomelo y nanopartículas de óxido de zinc a una película de mezcla PLA y poli adipato-co-tereftalato de butileno (PBAT) presentaron un alto potencial para prolongar la vida útil y garantizar la seguridad alimentaria de las verduras recién cortadas que no se tratan térmicamente ni llevan adicción de conservantes. Después de 7 días de almacenamiento a 10°C mostraron una reducción de *E.Coli* y *S.aureus* en cebolla, repollo y zanahoria (Kim et al., 2022).

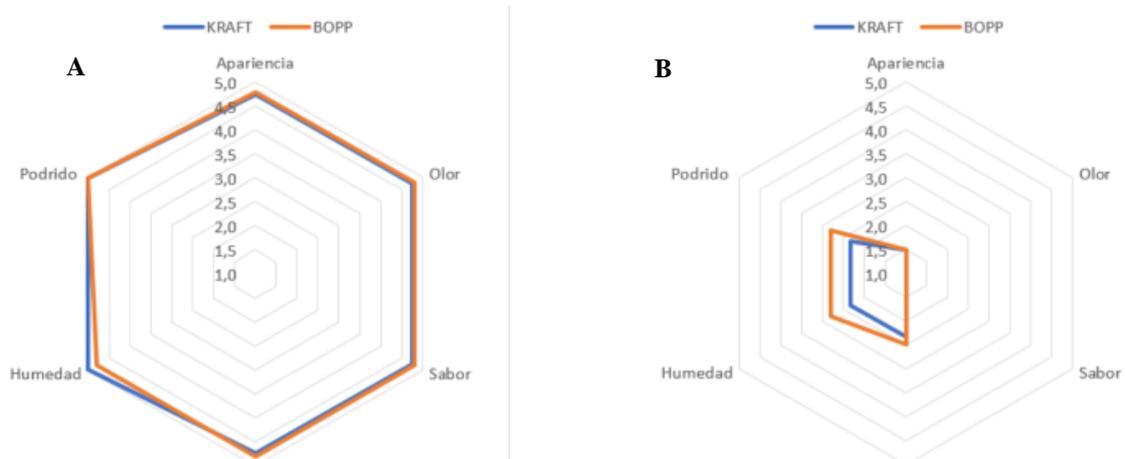
#### Análisis sensorial descriptivo:

En las siguientes **Figuras (5-7)** se representan los resultados del análisis sensorial descriptivo realizado durante el periodo de evaluación de las ensaladas. En el caso de la ensalada mézclum, a los 4 días, cuando se realiza el cambio de temperatura del producto, fue valorada con mayor puntuación cuando se utilizó el envase KRAFT+PLA para las características de textura, humedad y podrido. Sin embargo, las características de apariencia, olor y sabor fueron mejor valoradas para el envase BOPP (**Figura 5A**). A los 13 días de ensayo, las ensaladas mézclum envasadas en ambos materiales fueron rechazadas debido al olor y sabor; sin embargo, obtuvieron mejor puntuación para los parámetros de apariencia, humedad y podrido en el envase de BOPP (**Figura 5B**).



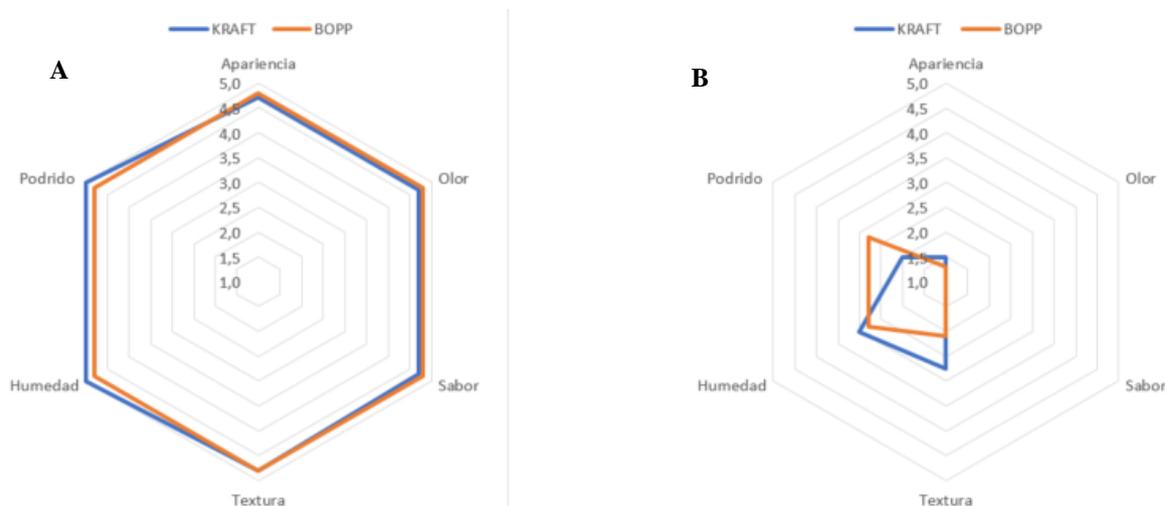
**Figura 5. Evaluación sensorial de ensalada mézclum (A) a los 4 días conservada a 1-4°C y (B) a los 13 días conservada a 6-8°C**

Los resultados obtenidos para la ensalada gourmet mostraron que, a los 4 días de almacenamiento, las características organolépticas fueron muy similares entre ambos envases, y no se observó podrido en ninguno de ellos (**Figura 6A**). Sin embargo, a los 13 días el producto fue rechazado debido al olor y sabor en ambos materiales, aunque se observaron valores ligeramente superiores en el envase de BOPP para los atributos de textura, humedad y podrido (**Figura 6B**).



**Figura 6. Evaluación sensorial de ensalada gourmet (A) a los 4 días conservada a 1-4°C y (B) a los 13 días conservada a 6-8°C**

Respecto a la ensalada trocadero, tras 4 días el producto fue mejor valorado en el envase de BOPP para todos los atributos de calidad evaluados excepto para la humedad y podrido (**Figura 7A**). A los 11 días el producto fue rechazado por olor y sabor cuando se usaron ambos materiales; sin embargo, la apariencia, textura, humedad y podrido fueron ligeramente superiores para el envase de KRAFT+PLA (**Figura 7B**).



**Figura 7.- Evaluación sensorial de ensalada trocadero (A) a los 4 días conservada a 1-4°C y a los 11 días conservada a 6-8°C.**

Dados los resultados obtenidos, se podría determinar una vida útil organoléptica de 12 días para las ensaladas gourmet y mézclum, ya que fueron valoradas como mínimo exigido en este momento, y de 10 días, misma valoración que el resto, para la ensalada trocadero en ambos materiales de envasado, ya que no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en los atributos organolépticos. En un estudio realizado por Paulsen et al. (2022) se mostró una evolución similar de la atmósfera interna, el color, el contenido de ácidos hidroxicinámicos, carotenoides y la apariencia general en brócoli envasado en un nuevo film a base de PLA/ poli(butileno-adipato-cotereftalato) (PBAT) frente al envase convencional de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Se determinó una vida útil de al menos 21 días, considerado un tiempo de comercialización adecuado y una alternativa más sostenible.

## Conclusiones

El estudio sensorial descriptivo de los productos concluye que las ensaladas gourmet y mézclum conservaron sus atributos de calidad hasta 12 días tras su fabricación, y la ensalada trocadero hasta 10 días tanto en el material de envasado BOPP como en KRAFT+PLA. Los resultados microbiológicos se encuentran dentro de los límites establecidos en el DOUE (2005) hasta los 12 días; sin embargo, la fecha de caducidad se vio reducida ya que la vida útil de los mismos fue limitada por las características organolépticas. Por tanto, el envasado de ensaladas de IV GAMA en bolsas de film KRAFT+PLA podría ser un sustituto al film de BOPP por ser un material más sostenible reduciendo el impacto medioambiental de los residuos de envases, dada la mayor concienciación de los consumidores, la industria y las administraciones.

## Bibliografía:

DOUE (2005). Reglamento (CE) N° 2073/2005 de la Comisión de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. 2005.

DOUE (2011). Reglamento (UE) n. ° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.

- Gan, I., & Chow, W. S. (2018). Antimicrobial poly (lactic acid)/cellulose bionanocomposite for food packaging application: A review. *Food packaging and shelf life*, *17*, 150-161. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.06.012>
- Garavito, J., Mendoza, S. M., & Castellanos, D. A. (2022). Configuration of biodegradable equilibrium modified atmosphere packages, including a moisture absorber for fresh cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, *314*, 110761. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110761>
- Jansiri, S., Deenu, A., Puangsin, B., Sungkaew, S., & Kamthai, S. (2021). Characterization of sweet bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer) kraft pulp filled in poly (lactic acid)/ polybutylene succinate blend composite. *Polymer Composites*, *42*(10), 5090-5100. <https://doi.org/10.1002/pc.26207>
- Kapetanakou, A. E., Taoukis, P., & Skandamis, P. N. (2019). Model development for microbial spoilage of packaged fresh-cut salad products using temperature and in-package CO<sub>2</sub> levels as predictor variables. *LWT*, *113*, 108285. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108942>
- Kim, H. J., Lee, C. L., Yoon, K. S., & Rhim, J. W. (2022). Synergistic effect of UV-C LED irradiation and PLA/PBAT-based antimicrobial packaging film on fresh-cut vegetables. *Food Control*, *138*, 109027. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2022.08.082>
- Llana-Ruiz-Cabello, M., Pichardo, S., Baños, A., Núñez, C., Bermúdez, J. M., Guillamón, E., ... & Cameán, A. M. (2015). Characterisation and evaluation of PLA films containing an extract of *Allium* spp. to be used in the packaging of ready-to-eat salads under controlled atmospheres. *LWT-Food Science and Technology*, *64*(2), 1354-1361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.057>
- Mistriotis, A., Briassoulis, D., Giannoulis, A., & D'Aquino, S. (2016). Design of biodegradable bio-based equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for fresh fruits and vegetables by using micro-perforated poly-lactic acid (PLA) films. *Postharvest Biology and technology*, *111*, 380-389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.022>
- Nazri, F., Tawakkal, I. S. M. A., Basri, M. S. M., Basha, R. K., & Othman, S. H. (2022). Characterization of active and pH-sensitive poly (lactic acid) (PLA)/nanofibrillated cellulose (NFC) films containing essential oils and anthocyanin for food packaging application. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2022.05.116>
- Paulsen, E., Lema, P., Martínez-Romero, D., & García-Viguera, C. (2022). Use of PLA/PBAT stretching film as an ecofriendly alternative for individual wrapping of broccoli heads. *Scientia Horticulturae*, *304*, 111260. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111260>
- Petkoska, A. T., Daniloski, D., D'Cunha, N. M., Naumovski, N., & Broach, A. T. (2021). Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, *140*, 109981. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109981>
- Robertson, G. L. (2016). Packaging and food and beverage shelf life. In *The Stability and Shelf Life of Food* (pp. 77-106). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00003-4>
- Stark, N. M., & Matuana, L. M. (2021). Trends in sustainable biobased packaging materials: A mini review. *Materials Today Sustainability*, *15*, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2021.100084>
- Tajeddin, B., & Arabkhedri, M. (2020). Polymers and food packaging. In *Polymer science and innovative applications* (pp. 525-543). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816808-0.00016-0>
- Wang, J., Euring, M., Ostendorf, K., & Zhang, K. (2021). Biobased materials for food packaging. *Journal of Bioresources and Bioproducts*. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.11.004>
- Wu, Y., Hao, X., Lin, F., Wang, S., Chen, L., Lin, X., ... & Liu, Y. (2022). Developing a cerium lactate antibacterial nucleating agent for multifunctional polylactic acid packaging film. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2022.08.082>