

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**Efecto de la aplicación de compuestos naturales en
la conservación y vida útil de alcachofa (*Cynara
scolymus* cv. Blanca de Tudela) envasada en film
macroperforado**

TRABAJO FIN DE GRADO

JUNIO - 2015

Autor: Marina Rico Rocamora

Tutor/es: Antonio Fabián Guillen Arco

Pedro Javier Zapata Coll

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE GRADO

- **Título:** Efecto de la aplicación de compuestos naturales en la conservación y vida útil de alcachofa (*Cynara scolymus* cv. Blanca de Tudela) envasada en film macroperforado.
- **Title:** Effect of the application with natural compounds on the preservation and shelf life of artichoke (*Cynara scolymus* cv. Blanca de Tudela), packaged with macroperforated film

PALABRAS CLAVE:

- **Palabras específicas:** Tratamientos poscosecha; pérdida de peso; tasa de respiración; almacenamiento; polifenoles.
- **Keywords:** Post-harvest treatments; weight loss; respiration rate; storage, polyphenols

RESUMEN

ANTECEDENTES

La alcachofa es una hortaliza consumida por un amplio rango de consumidores en fresco. Como tal presenta una serie de problemas que acortan su vida útil como son el ennegrecimiento de las brácteas o pérdida de turgencia de los capítulos florales.

METODOLOGÍA

En este trabajo se pretende buscar diferentes formas de alargar la vida útil mediante la utilización de diversos tratamientos post-cosecha, como son la combinación de aceites esenciales naturales con el envasado en film macroperforado.

RESULTADOS

Todos los tratamientos resultaron efectivos al mejorar tanto la apariencia como los distintos parámetros físico-químicos con respecto a las alcachofas control. De entre los

tratamientos aplicados, el envasado de las alcachofas con film macroperforado junto con la inserción de aceites esenciales dentro del envase resultó el tratamiento que mejores valores obtuvo en todos los parámetros en general, consiguiendo que se pueda extender la vida útil de las alcachofas 2 semanas más en frío, más dos días a 20°C

ABSTRACT

BACKGROUND

Artichoke it's widely consumed as a fresh vegetable. Tis way of consumption has indeed some problems which can shorten shelf life and enable it for consumption, for example we have the blackness of the bractea or turgency losses of problems and lower compactness

METODOLOGY

The main objective of this work is to find out different ways to increase shelf life in fresh artichoke through the use of different post-harvest treatments, as the combination of natural essential oils with macroperforated films.

RESULTS

All the treatments applied were effective to improving external appearance as well as different physico-chemical parameters in comparison with control artichokes. Packaging with macroperforated film in combination with essential oils inside the package during storage, was the most effective treatment to maintaining general quality extending shelf life for 2 weeks under cold storage plus two days more at 20°C.

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a todas las personas que me han ayudado y me han apoyado a lo largo de estos años de dura andadura por la Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

En primer lugar quería agradecer el apoyo recibido por parte de toda mi familia, mis padres y hermano, y sin dejar de lado a mi abuela preferida. Mis padres, que siempre han estado apoyándome y a mi lado, desde que empecé a estudiar esta bonita carrera hasta el día de entregar este trabajo. A mi hermano, por su apoyo y ánimos dados en este tiempo. Y sobre todo a mi abuela Luisa, por acompañarme en cada momento importante de mi vida.

Quiero agradecer a mis compañeros de clase y amigos, por haber hecho que este duro trance como es la carrera se llevara de forma más amena, y por haberme hecho aprender más cosas de las que se han dado en clase.

Quería hacer una mención especial a mi compañera María Emma García Pastor, compañera que me ha ayudado mucho en la consecución y elaboración de este proyecto. Además de ello, me ha hecho ver que puedo dar mucho más de mí. Sin ella muchas cosas me habrían resultado mucho más difíciles. También agradecer a mis compañeras de laboratorio, María José y Alejandra que me han ayudado en todo lo posible, y con las que he pasado buenos ratos de trabajo.

Por último, agradecer a todos aquellos profesores que me han ayudado a llegar hasta aquí. En especial, a mis tutores, Antonio Fabián Guillén Arco y Pedro Zapata Coll. Gracias por haberme ofrecido la oportunidad de trabajar y aprender con vosotros.

Por todo esto os quiero dar las gracias.

Índice

1. Introducción.	Pág. 6 - 22
1.1- La alcachofa: origen y descripción botánica	Pág. 6
1.1-1. Morfología	Pág. 7 - 9
1.1-2. Propiedades nutricionales	Pág. 9 - 10
1.1-3. Propiedades funcionales	Pág. 10 - 11
1.2- Cultivo y variedades de alcachofa	Pág. 11 - 12
1.2-1. Variedades de alcachofa	Pág. 12 - 16
1.3- Tratamiento en post-cosecha.	Pág. 16 - 18
1.4- Problemática de la conservación post-recolección.	Pág. 18 - 20
1.5- Antimicrobianos naturales	Pág. 20 - 22
2. Objetivos	Pág. 23 - 24
3. Materiales y métodos	Pág. 25 - 40
3.1- Material vegetal	Pág. 25
3.2- Diseño experimental	Pág. 25 - 29
3.3- Determinaciones analíticas	Pág. 30 - 40
4. Resultados y discusión	Pág. 41 - 56
4.1- Evolución de la tasa de respiración	Pág. 41 - 43
4.2- Evolución de la producción de etileno	Pág. 43 - 46
4.3- Pérdidas de peso	Pág. 46 - 49
4.4- Cambios en el color	Pág. 49 - 51
4.5- Evolución de la firmeza	Pág. 51 - 53
4.6- Aspecto visual	Pág. 53 - 54
4.7- Polifenoles totales	Pág. 55 - 56
5. Conclusiones	Pág. 57
6. Bibliografía	Pág. 58 - 61
Anexo 1	Pág. 62 - 63

1. INTRODUCCIÓN.

1.1- LA ALCACHOFA: ORIGEN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La alcachofa o alcaucil es una planta de origen mediterráneo del género *Cynara* y de la familia *Asteraceae*. Su nombre científico es *Cynara scolymus* L. Es descendiente del cardo borriquero o común, *Cynara cardunculus* L., endémico de la cuenca mediterránea y de la región macaronésica.

Procede de Egipto y está distribuida por todo el Mediterráneo. Parece ser que ya era conocida por griegos y romanos, que le otorgaban poderes afrodisíacos. Su nombre, según la leyenda, procede de una bellísima chica llamada Cynara y seducida por Zeus, que después la transformó en la primera alcachofa.

Durante la Edad Media se fue introduciendo en Italia y España, y se piensa que en esta época, del cultivo sucesivo de los cardos, los horticultores poco a poco lograron la consecución de la alcachofa mediante diversas transformaciones.

Empezó a ser consumida en la Italia del siglo XV, la tradición dice que fue introducida en Francia por Catalina de Médicis, a la que le gustaba comer corazones de alcachofa. El Rey Sol, Luis XIV de Francia, era otro gran consumidor de alcachofas.

Fueron los colonos españoles y franceses los que la introdujeron en el continente americano. En España esta introducción la llevaron a cabo los árabes y se duda entre la posibilidad de que nos enseñaran su cultivo o que aplicaran las técnicas aprendidas en origen para transformar los cardos que siempre poblaron nuestra tierra.

El cultivo de la alcachofera es muy antiguo. Las primeras referencias hay que buscarlas en los dibujos grabados en las tumbas egipcias. Los griegos y los romanos la comieron en abundancia y siempre pensaron que era una planta que les aportaba grandes propiedades digestivas y estimulantes. En aquel tiempo, solamente se comían los tallos.

La primera referencia en la que aparece la alcachofa como una hortaliza comestible es en el año 1400 en Italia.

1.1-1.MORFOLOGÍA

Familia: Compuestas

Especie: *Cynara scolymus*, L.

Sinonimias: Alcaucil

Origen: Norte de África y Sur de Europa.

Planta: Planta vivaz, que puede considerarse como bianual y triannual, conservándose como vivaz en cultivos muy abandonados y con notable decrecimiento de la producción. Tallos erguidos, gruesos, acanalados longitudinalmente y ramificados, con más de un metro de altura.

Sistema radicular: Extraordinariamente potente, que le permite adaptarse a una extensa gama de suelos. Se inserta en un rizoma muy desarrollado, en el que se acumulan las reservas alimenticias que elabora la planta.

Hojas: Largas, pubescentes, grandes, de color verde claro por encima y algodonosas por debajo. Los nervios centrales están muy marcados y el limbo dividido en lóbulos laterales, a veces muy profundos en las hojas basales y mucho menos hendidos en hojas de tallo.

Flores: Terminales muy gruesas, recubiertas por escamas membranosas imbricadas y carnosas en la base constituyendo la parte comestible.

Fruto: Es un aquenio provisto de vilano, de forma oblonga y color grisáceo, que son considerados como la semilla de la planta, pesando el litro de 600 a 610 gramos y durando de seis a doce años su facultad germinativa.

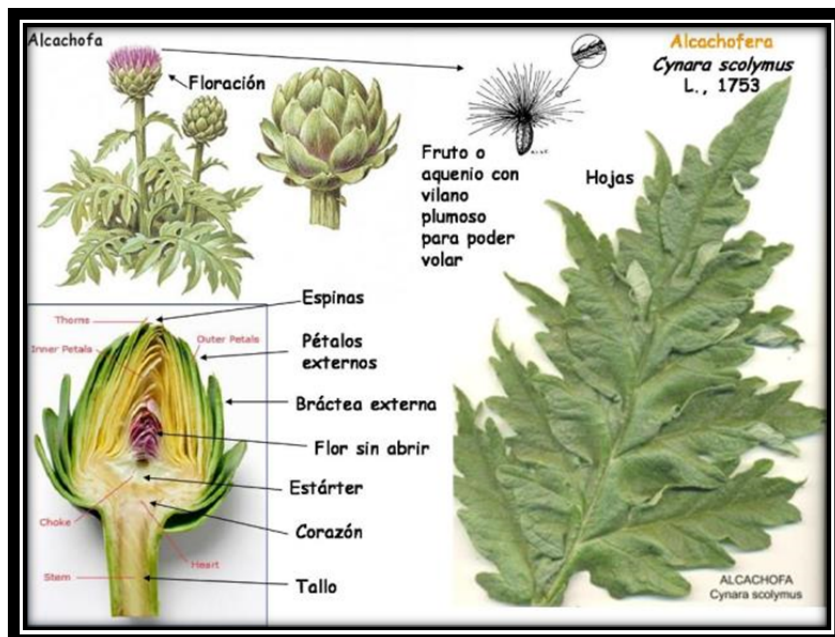


Imagen 1: **Alcachofa *Cynara scolymus***

Fuente: La gastronomía de José Soler

Es una planta de climas cálidos o suaves y poco húmedos, encontrando una excelente zona de cultivo en todo el litoral mediterráneo.

Presenta cierta resistencia a las bajas temperaturas, por lo que el Valle del Ebro (Navarra, Rioja y Aragón) constituye la zona del interior más importante en cuanto a producción.

Las temperaturas más críticas para el cultivo según Bonnet (1959) son las siguientes:

- ❖ **A 5° C:** Parada vegetativa.
- ❖ **A 0° C** durante algunas horas, la epidermis de las brácteas cambia de color y sus extremidades se necrosan.
- ❖ **De 0° a -4° C** los capítulos y una parte del tallo floral se dañan. La epidermis de los nervios centrales cambia de color.
- ❖ **De -4° C a -7° C** casi todas las hojas mueren (según condiciones de suelo y planta). Si estas condiciones persisten durante algunos días la parte subterránea del tallo muere en su totalidad; las raíces son más resistentes pero son incapaces de emitir brotes. La planta se pierde.

- ❖ **A partir de -7° C**, si las heladas y el buen tiempo alternan, los sistemas aéreos y subterráneos mueren.

Con **temperaturas superiores a 30° C** detienen su desarrollo o vegetan muy mal.

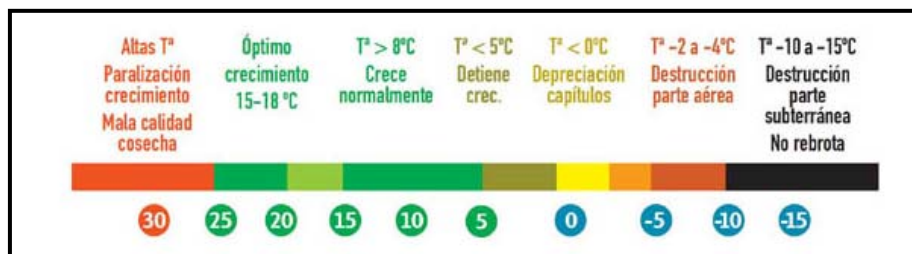


Imagen 2. **Efecto de la temperatura sobre el cultivo de alcachofa**

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

1.1-2. PROPIEDADES NUTRICIONALES

Tabla 1: **Composición nutricional según los valores de nutrición**

Valor nutricional			
Parte comestible (%)	48	Fibra	10,8
Agua (g)	82,5	Sodio (mg)	47
CAL (Kcal)	18	Potasio (mg)	353
Proteínas	2,4	Magnesio (mg)	26
Hidratos de carbono (g)	2,9	Calcio (mg)	53
Grasa (g)	0,1	Fosforo (mg)	130
Poli (g)	0,1	Hierro (mg)	1,5

Además, contiene vitaminas como:

- vitamina C (8 mg.),
- vitamina B1 (0,15 mg.)
- y vitamina B6 (0,07 mg.).

El componente fundamental de las alcachofas es el agua con un valor del 85% aproximadamente, seguido por los hidratos de carbono, donde es la inulina el principal componente y además es tolerada por los diabéticos.

Es rica en fibra; vitaminas A, B y C; y minerales, sobre todo el potasio y, en menor medida, fósforo, calcio y magnesio.

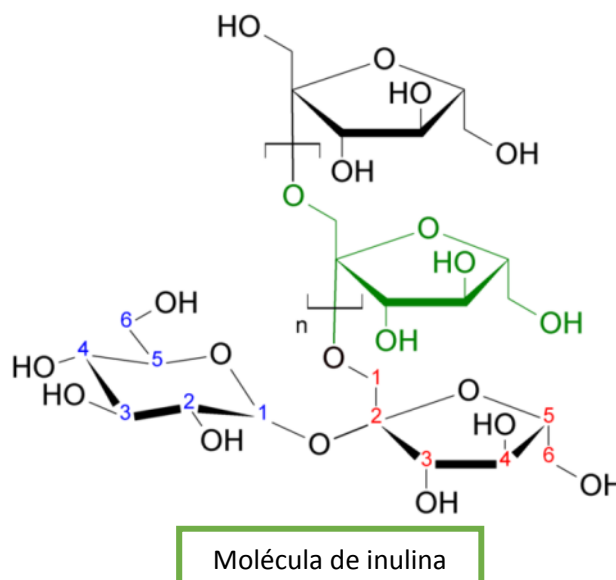
Los valores nutricionales no disminuyen con el tratamiento térmico utilizado en las conservas, ni tampoco en las que se ofrecen ultracongeladas. Por lo que esto nos permite disponer de una amplia oferta y de mucha calidad durante todo el año.

1.1-3.PROPIEDADES FUNCIONALES

Las alcachofas pueden comerse tanto como verdura fresca, enlatada o incluso después de haber sido congelada (Lattanzio et al., 2009; Costabile et al., 2010). Antiguamente, esta planta se ha utilizado en el ámbito de la medicina desde la época romana, por sus beneficios para la salud que principalmente son debidos a su alto contenido en polifenoles e inulina (Lattanzio et al., 2009; Pandino et al., 2007). Estas sustancias son importantes para la nutrición humana, especialmente en el área Mediterránea que es donde más se cultiva, ya que están implicados en la prevención del cáncer (Williamson and Manach, 2005; Clifford and Brown, 2006).

La alcachofa es una planta genéticamente resistente, con una tolerancia marcada a patógenos y áfidos, esto probablemente se debe a su alto contenido de sesquiterpenos con actividad antialimentaria (como el cynaropicrin, que es el responsable del típico sabor amargo de la alcachofa). La alcachofa tiene bajo contenido en grasas y un alto contenido en vitamina C (10 mg/100 p.f.), en comparación con otros vegetales, las cabezas de las flores de la alcachofa son particularmente ricos en inulina (19-36% peso seco), las cabezas de las flores de alcachofa también presentan una fuente rica de minerales en particular, K y Ca contenido en 360 y 50 mg/100 p.f., respectivamente. Desde un punto de vista nutricional, los altos niveles de compuestos bioactivos en las brácteas interiores y los envases presentan un valor añadido para la cabeza de la flor de alcachofa.

Se ha encontrado que las hojas y las cabezas de alcachofa son ricos en compuestos polifenólicos, inulina, fibra y minerales. En varios estudios farmacológicos, los extractos de hoja de alcachofa han mostrado una amplia gama de efectos, incluyendo colerético, hipocolesterolémicos y actividad antioxidante. El efecto diurético y



hepatoestimulante de las hojas de alcachofa son conocidos desde la antigüedad, pero en las últimas décadas los constituyentes bioactivos ya han sido identificados. Estos compuestos fenólicos muestran una marcada actividad captadora contra las especies reactivas al oxígeno y los radicales libres, actuando como protección contra los daños por la oxidación a las moléculas biológicas, tales como proteínas, lípidos y ADN, así como la capacidad de inhibir la biosíntesis de colesterol y la oxidación de las LDL.

Las propiedades farmacológicas de los extractos de hoja de alcachofa están bien documentadas en varios estudios *in vitro*.

Las flavonas como son apigenina y luteolina se han identificado en las hojas y cabezas de la planta en forma de glucósidos y rutinósidos, mientras que los pigmentos de antocianina sólo están presentes en las cabezas en forma de glucósidos y soforósidos. Estos pigmentos son responsables del color de los capítulos de la alcachofa que oscila entre verde y violeta. Las antocianinas, además de sus propiedades saludables, tienen también un papel importante en la elaboración de alimentos a partir de plantas y por lo tanto en la aceptación por los consumidores hacia estos alimentos (Brown and Rice-Evans, 1980).

Las alcachofas sintetizan moléculas de inulina con una longitud de cadena de hasta 200 carbonos (Hellwege et al., 2000). El contenido de inulina en alcachofa se ve afectada fuertemente por los tratamientos térmicos y las condiciones de almacenaje. La inulina es un carbohidrato altamente soluble en agua, no digerible o absorbible en el intestino porque los seres humanos carecen de las enzimas necesarias para la hidrólisis de fructanos, pero es fermentado en el colon por bacterias beneficiosas como son las bifidobacterias. La inulina actúa como prebiótico, puede ser consumida como suplementos dietéticos o en alimentos funcionales. Este compuesto tiene efectos beneficiosos en la absorción mineral, composición lipídica sanguínea y prevención del cáncer de colon.

Por lo tanto, podemos concluir diciendo que la alcachofa es una fuente de inulina y puede ofrecer nuevas oportunidades a la industria alimentaria para elaborar nuevos productos sanos.

1.2- CULTIVO Y VARIEDADES DE ALCACHOFA

La alcachofa o alcaucil es una planta perenne y que crece en climas templados. Pertenece al género de las *cynara* como ya se ha nombrado anteriormente y más concretamente a la familia *asteraceae* que es una especie de cardo del cual se come la

flor. Se dice que es una de las flores comestibles más célebres de Occidente y que probablemente provenga como derivación de un cardo muy apreciado en la antigua Grecia. Su nombre es una derivación italianizada del vocablo árabe *al'qarshuf* (cardo pequeño), y comparte cierta familiaridad y sabores con los cardos, la lechuga y el salsifí.

En la cuenca mediterránea se obtiene, aproximadamente, el 90% de la producción mundial de alcachofa, que se encuentra estabilizada en torno a 1,2 millones de toneladas. Los países de la Unión Europea obtienen cerca del 80% de la producción mundial, siendo Italia, con el 45%, y España, con el 24% de la oferta, los países más significativos.

En España las principales zonas productoras se encuentran en la costa mediterránea, especialmente en Murcia y Alicante, y en el Valle del Ebro. La principal característica de la producción española es su alta tasa de transformación industrial. Aunque España es el segundo productor mundial, ocupa el primer puesto como país exportador de alcachofas frescas y en conserva.



Fotografía 1: **alcachofas en parada estival**
Fuente: magrama

1.2-1.VARIEDADES DE ALCACHOFA

Consideraremos dos grandes grupos de variedades de alcachofa:

- El de **multiplicación vegetativa**, que es el más importante,
- y el de **multiplicación por semilla**.

Sala y Carpintero (1967) subdividían las variedades españolas en dos grupos, a saber:

- blancas
- y violetas.

Las variedades violetas solían ser de origen extranjero. Más tarde se desarrolló algo más este tipo de cultivo con la variedad francesa «Violeta de Provenza», que se cultiva en la zona sureste española.

Las variedades blancas suelen ser de origen español, entre ellas se citan diferentes variedades:

- ✓ Blanca de Tudel,
- ✓ Aranjuez,
- ✓ Del Prat
- ✓ Getafe
- ✓ De Benicarló
- ✓ De Reus
- ✓ Monquelina

Las variedades Blanca de Tudela, de Benicarló, del Prat y de Reus, son variedades muy parecidas y éstas suelen iniciar la subida a flor en otoño, prosiguiéndola en invierno y primavera.

Las variedades Monquelina, Aranjuez y Getafe son variedades también próximas entre sí, pero estas son más tardías, es decir, la subida a flor la tienen a finales del invierno.

Variedad de Blanca de Tudela:

En esta variedad se ha encontrado una gran variabilidad interclonal, habiéndose seleccionado algunos clones superiores por su precocidad, productividad y calidad. Un carácter que ha sido reconocido de forma universal en ésta variedad es su alta capacidad de rebrotación.



Fotografía 2: **Alcachofa Blanca de Tudela.** Fuente: por el amor de una alcachofa

Variedad Aranjuez o Getafe:

Es una variedad menos precoz y productiva que la anterior. Además, el peso de los capítulos es algo inferior.

También existen variedades extranjeras, como la variedad **Violeta de Provenza**, ésta es muy próxima a la Blanca de Tudela pero menos precoz y con una pigmentación violeta mayor. Y como la variedad **Macau**, ésta tiene capítulos de mayor tamaño y es más tardía que la Blanca de Tudela pero es del mismo color.



Fotografía 3: **Variedad francesa, Violeta de Provenza**

Fuente: magrama

Fuera de esta última clasificación son destacables otras variedades híbridas que se reproducen por semilla: Imperial Star, Emerald, Orlando, Lorca, Harmony, Madrigal.

Las variedades también se clasifican respecto a su capacidad de florescencia. Las variedades reflorescentes son aquellas que fructifican dos veces al año y las no reflorescentes lo hacen una sola vez. Otro elemento clasificador es el que tiene en cuenta si la producción es otoñal o invernal (Maroto, 1995).

Los criterios de agrupación varietal de la alcachofa son muy variados. En estudios iniciados por Rodríguez en 1979 para seleccionar y tipificar las variedades de la alcachofa, se han utilizado los siguientes:

- *Caracteres morfológicos*: basados en las características generales de las plantas (porte, altura, ahijado, etc.) en los diversos aspectos que representan las hojas

(color, heterofilia, espinosidad, etc.) y en el tipo de capítulos (color, forma, compacidad, etc.)

· *Caracteres productivos*: basados en el rendimiento, precocidad de la producción, duración del ciclo productivo, etc.

Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se ha optado por clasificar las variedades de alcachofa según su época de recolección en variedades precoces, susceptibles de iniciar la formación de capítulos en otoño, prosiguiéndose en invierno y primavera, variedades tardías, que inician la formación del capítulo al final del invierno, y variedades de media estación, cuya iniciación floral y consecuente formación de capítulos se produce en un periodo intermedio.

Tabla 2. **Variedades precoces de alcachofa**

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

<u>Variedades precoces</u>			
Blanca de Tudela		Lorca	
Imperial Star		Violeta de Provenza	

Tabla 3. **Variedades de ciclo medio de alcachofa**

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

<u>Variedades de ciclo medio</u>			
Green Globe		Harmony	

Tabla 4. **Variedades tardías de alcachofa**

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

Variedades tardías			
Concerto		Opal	
Madrigal			

Dentro de todas las variedades que se han mencionado aquí, en el territorio nacional tiene especial importancia la variedad ‘Blanca de Tudela’, por esta misma razón es la que se ha empleado en la realización de este proyecto.

1.3.- TRATAMIENTO EN POST-COSECHA

Los frutos y verduras, en general, productos hortifrutícolas son cosechados cuando alcanzan el estado de desarrollo apropiado para el mercado y el consumidor final. La recolección genera estrés o lo que es lo mismo una tensión en el producto, que desencadena incrementos en la respiración, maduración acelerada y muerte del producto de manera rápida. La tecnología de poscosecha es aplicada para disminuir el incremento en el metabolismo de los productos cosechados. Para ello se emplean diferentes tratamientos que incluyen preferiblemente el uso de baja temperatura, preenfriamiento, atmósferas modificadas, retardantes de maduración, ceras y películas comestibles entre otras que contribuyen a hacer lentos los cambios asociados con la senescencia del producto hortícola.

Las técnicas de almacenamiento que se utilizan después de la cosecha y una vez que las frutas han sido empacadas para su comercialización en fresco, tienen el propósito de conservar la calidad de las mismas, teniendo en cuenta las condiciones ambientales adecuadas que permitan reducir la velocidad de los procesos vitales de estos productos, y disponer de ellos por períodos más prolongados que los normales, además ofrecer productos frescos a mercados distantes y reducir pérdidas durante su comercialización.

Los vegetales frescos tienen una vida útil corta, y están expuestos a condiciones que destruyen la calidad del producto en un período de tiempo corto, antes de ser cocidos o consumidos.

Por este motivo y por la dependencia estacional de los cultivos y de su recolección se hace necesaria la aplicación de tecnologías de conservación, combinando el mantenimiento de sus características tanto nutricionales como sensoriales y alargando su vida útil.

Los tratamientos en post-cosecha son aquellos que tienen lugar una vez que la alcachofa ha sido recolectada y pueden influir en la aceptación que tengan los consumidores hacia dicho producto, ya que afectan a su calidad.

Este tratamiento se realiza en prácticamente todas las frutas y hortalizas con la finalidad de: desinfectar, adicionar fungicidas, alargar la vida útil del producto y prevenir enfermedades durante el almacenamiento.

La alcachofa es un producto muy perecedero que no puede almacenarse durante largos periodos de tiempo. En caso de ser almacenadas, deben hacerse con temperaturas entre 0-1°C y una humedad del 95%, únicamente se conservan entre 15 y 30 días. Si se hace preeenfriamiento y se usan plásticos se llegan a conservar hasta 45 días. En diversos estudios se ha comprobado que el uso de atmósferas modificadas mejora la conservación, disminuyendo el marchitamiento y el pardeamiento de las hojas protectoras, así como la pérdida de peso (www.frutas-hortalizas.com).

Las técnicas de conservación que se conocen a día de hoy, y que más se utilizan son la conservación por frío o por congelación. Este tipo de conservación permite mantener las características nutricionales y organolépticas del fruto, así como alargar su vida útil.

En ambas técnicas, lo que se pretende es ralentizar las reacciones químicas, la actividad enzimática y la multiplicación de los microorganismos.

También existen otras técnicas, aunque no tan utilizadas en la industria:

- **Almacenamiento en atmósferas controladas (AC):** se define la atmósfera controlada como una modificación controlada de la misma durante todo el ciclo de procesado (Guillén, 2010).

- **Envasado en atmósferas modificadas (MAP):** una atmósfera modificada es una modificación de la atmósfera natural teniendo en cuenta las actividades respiratorias de los productos e implica el uso de polímeros plásticos permeables a los gases (Guillén, 2010). El O₂ y el CO₂ son moléculas fundamentales en el metabolismo primario y secundario de frutas y hortalizas. Su influencia radica en la modificación del comportamiento de la planta que se traduce en la prolongación de la vida comercial. Los bajos niveles de O₂ retardan la respiración y el metabolismo de carbohidratos, y los altos niveles de CO₂ empleados en la atmósfera de almacenamiento actúan eficientemente en retardar los mecanismos dependientes de la síntesis de etileno, como la degradación de la pared celular y los cambios de color.
- **Envasado en film macroperforado:** consiste en una técnica de poscosecha totalmente natural. Se utiliza con diversos productos en la actualidad, pero aún no se comercializa con alcachofa.

En este Trabajo Fin de Grado se ha utilizado este último tipo de envasado combinado con aceites esenciales para observar los resultados, y de tal forma ver si podría ser un producto comercializable.

1.4.- PROBLEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN EN POST-RECOLECCIÓN

La recolección suele comenzarse a partir del mes de noviembre, pudiéndose prolongar durante todo el invierno. El ritmo de recolección varía a lo largo del periodo productivo, pudiéndose diferenciar dos etapas: en la primera se recolectan el 25-35 % de la producción y en la segunda entre el 65 y 75%.

Para consumo en fresco, las alcachofas se clasifican en función de su diámetro ecuatorial, estableciéndose tres categorías (extra, I y II). Las alcachofas se disponen en cajas y se almacenan en cámaras frigoríficas entre 15 y 30 días a 0-1° C y 90-95% de humedad relativa. Las alcachofas también pueden destinarse a la industria conservera.

En el caso de la alcachofa, una vez se ha recolectado el capítulo inmaduro de la planta y se inicia el periodo denominado poscosecha, pueden ocurrir una serie de cambios o alteraciones que afectan a la calidad del producto progresivamente:

1. Pérdida de peso
2. Endurecimiento de las brácteas

3. Apertura de las brácteas
4. Aumento de la pilosidad del receptáculo
5. Alteraciones en el color
6. Podredumbre
7. Daños por frío

Los dos motivos más importantes a las que se deben estos cambios son la respiración y la transpiración del fruto, una vez ha sido separado de la planta.

Con la transpiración del fruto, se produce una pérdida de peso importante. Dependiendo del porcentaje de pérdida, el producto podrá ser comercializado o no, y además, se produce una bajada del rendimiento que el vendedor final va a conseguir de la alcachofa. Esta bajada de peso también se ve afectada junto al aspecto, la textura y el valor nutritivo de la alcachofa. En diferentes bibliografías se habla de que un 5% de pérdida de peso torna las alcachofas incomercializables, pues presenta claros signos de marchitamiento como resultado de la plasmolisis celular (Salunkhe et al. 1991). Se puede deducir que reduciendo la tasa de respiración se puede llegar a minimizar el impacto de un gran número de alteraciones poscosecha.

El endurecimiento y la apertura de las brácteas se produce por la pérdida de peso, por lo que para retrasar estos efectos es necesario conservar las alcachofas en frío.

El aumento de la pilosidad del receptáculo, puede verse favorecida por la deshidratación producida en la alcachofa.

Una vez el fruto es recolectado, hay un cambio en los pigmentos. En este caso la alcachofa se oscurece, lo cual es provocado por la degradación de las clorofilas presentes en el fruto.

Para poder evitar la podredumbre del fruto, éste debe ser almacenado y distribuido en condiciones de temperatura óptimas. Para ello es necesario emplear un enfriamiento rápido y un mantenimiento de temperatura lo más baja posible, evitando que se produzcan daños por frío (Universidad de California, 2012).



Fotografía 4: **Alcachofa con podredumbre.**
Fuente: magrama

El daño por frío se produce en aquellos productos almacenados a temperaturas por encima de su punto de congelación. Los síntomas del daño por frío se hacen más notorios después de que el producto es transferido a temperaturas más altas. Los síntomas más comunes son oscurecimientos internos y de la superficie (pardeamiento), pequeños hundimientos en la superficie, áreas en el fruto que tienen la apariencia de estar llenas de agua, una maduración desuniforme o una pérdida de la capacidad de madurar, el desarrollo de olores no propios de una maduración normal, y una aceleración en la incidencia de hongos y pudriciones superficiales.

1.5.- ANTIMICROBIANOS NATURALES

La contaminación microbiana reduce la vida útil de los alimentos e incrementa el riesgo de enfermedades de origen alimentario. Los métodos convencionales para la preservación de los alimentos del efecto del crecimiento microbiano incluye procesos térmicos, secado, congelación, refrigeración, irradiación envasado en atmósfera modificada y adición de agentes antimicrobianos. Algunas de estas técnicas no pueden ser aplicadas en productos puntuales como carnes, frutas y hortalizas o alimentos listos para comer. Por ello, una alternativa que resulta muy interesante es la aplicación de sustancias naturales antimicrobianas.

En la actualidad, los consumidores muestran su preocupación ante el aumento de aditivos en los alimentos que ingieren. Sin embargo, los consumidores esperan y es

más, exigen alimentos libres de carga microbiana, toxinas o cualquier otro elemento que deteriore la calidad al mismo tiempo que se conserven las características de calidad y frescura características. En muchos casos, esta preocupación les lleva a elegir uno u otro producto, que siendo aparentemente similares, se diferencian en los compuestos que incluyen. Por este motivo, la industria agroalimentaria se esfuerza en desarrollar técnicas para la conservación de los alimentos que empleen compuestos antimicrobianos alternativos basados en los extractos de diferentes plantas.

Diversos experimentos científicos desde el s. XIX han expresado las propiedades antimicrobianas de algunas especias, hierbas y sus componentes (Shelef, 1983; Zaika, 1988).

Sobre la efectividad antimicrobiana de hierbas y especias podemos decir que (Zaika, 1988):

- los distintos microorganismos presentan diferente resistencia ante una hierba o especia dadas,
- un microorganismo dado difiere en su resistencia ante varias especias y hierbas,
- las bacterias son más resistentes que los hongos,
- la eficacia para esporas es diferente que para estados vegetativos,
- las bacterias gram-negativas son más resistentes que las gram-positivas,
- el efecto de una hierba o especia puede ser inhibitorio o letal,
- las hierbas y especias pueden servir como sustrato para el crecimiento microbiano y la producción de toxinas,
- la cantidad de hierbas y especias que se añaden a los alimentos son, generalmente, insuficientes para prevenir el crecimiento microbiano,
- los componentes activos de las hierbas y especias, cuando se añaden en pequeñas concentraciones, pueden interactuar sinérgicamente con otros factores como sales o ácidos para aumentar el efecto conservador y
- los nutrientes presentes en las hierbas y especias pueden estimular el crecimiento y/o las actividades bioquímicas de los microorganismos.

Algunas hierbas y especias de conocida actividad antimicrobiana son: canela, clavo, ajo, cebolla, mostaza, pimienta inglesa, laurel, alcaravea, cilantro, comino, orégano, romero, salvia, tomillo, pimienta negra, pimentón y jengibre (Zaika, 1988).

Otros autores citan un número mayor de plantas con actividad antimicrobiana, éstas son: alfalfa, aloe vera, manzana, albahaca, arándano, bardana, botón de oro, anacardo, camomila, coca, cizaña, tusílogo, eneldo, pomelo, cáñamo, lúpulo, hisopo, regaliz, caléndula, mezquite, menta, patata, quinina, ajedrea, sena, tanaceto, estragón, cúrcuma, valeriana, gaulteria, asperilla, milenrama o romaza amarilla, entre otros (Duke, 1985; Thomson, 1978).

Los compuestos de las plantas que pueden desarrollar actividad antimicrobiana son: fenoles y polifenoles (fenoles simples, ácidos fenólicos, quinonas, flavonas, flavonoides, flavonoles, taninos y cunarinas), terpenoides y aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos.

En la Tabla número 5 se recogen algunas de las hierbas y especias indicando el compuesto antimicrobiano correspondiente a cada una de ellas, así como su importancia cuantitativa.

TABLA 5.- Contenido aproximado de aceites esenciales en algunas hierbas y especias y sus componentes antimicrobianos (Shelef, 1983).

Hierba o especia	%	Compuesto antimicrobiano
Ajo	0,3-0,5	Alicina
Mostaza	0,5-1,0	Isitiocianato de Alilo
Canela	0,5-2,0	Aldehido cianámico, eugenol
Clavo	16-18	Eugenol
Salvia	0,7-2,0	Timol, eugenol
Orégano	0,8-0,9	Timol, carvacrol

En el presente Trabajo de Investigación se ha aplicado una mezcla de distintas sustancias naturales antimicrobianas (eugenol, timol y carvacrol) para tratar de evaluar el efecto que tienen sobre la conservación de la alcachofa ‘Blanca de Tudela’.

2. OBJETIVOS.

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es el estudio del comportamiento de las alcachofas al ser tratadas con compuestos naturales bioactivos. Estos compuestos son aceites esenciales, capaces de desarrollar actividad antimicrobiana y por tanto teóricamente serían capaces de mejorar el comportamiento durante la post-recolección de los productos vegetales.

Para optimizar el impacto de los aceites esenciales sobre la calidad de las alcachofas el objetivo principal podría dividirse en dos objetivos parciales:

- 1- Estudiar el efecto de los aceites esenciales sobre un lote de alcachofas dejando actuar a estas sustancias naturales dentro de las bolsas macroperforadas durante todo el almacenamiento.
- 2- Realizar un tratamiento previo de 24 horas mediante la introducción tanto de las alcachofas a granel como de los aceites esenciales en el interior de un envase hermético. Este tratamiento se realizó durante 24 horas, pasadas las cuales las alcachofas se envasaron de forma individual en envases macroperforados.

Con el fin de conocer el efecto de los dos tratamientos sobre la conservación post-recolección de la alcachofa, se han analizado parámetros tanto físicos, fisiológicos, y bioquímicos. Los parámetros analizados han sido:

- Respiración
- Producción de etileno
- Pérdida de Peso
- Firmeza
- Evolución del color
- Aspecto externo
- Contenido en Polifenoles Totales

Estos parámetros nos ayudaran a dilucidar, por un lado el impacto que tiene la acción de los aceites esenciales sobre la calidad general de las alcachofas envasadas con film macroperforado durante el almacenamiento, así como el efecto que pueden tener estos tratamientos sobre compuestos bioactivos como son los polifenoles totales durante el almacenamiento post-recolección.



3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1.- MATERIAL VEGETAL

El material vegetal que se ha utilizado para llevar a cabo el experimento es la alcachofa, más concretamente la variedad de “*Blanca de Tudela*”. Se adquirieron alrededor de 1000 alcachofas, el cual hubo que hacer una selección de ellas ya que presentaban una gran heterogeneidad en cuanto a tamaño se refiere. Después de realizar un destrío, se seleccionaron 300 alcachofas con tamaños de calibre similares entre ellas, es decir, se intentó homogeneizar el fruto de la mejor manera posible.

Las alcachofas han sido trasladadas al laboratorio tras la recolección en campo, por lo que no han pasado por cámaras refrigerantes.



Fotografía 5: **Capítulos de alcachofa receptionados y dispuestos en cajas**

Fuente: elaboración propia

Se ha elegido esta variedad de alcachofa por su buena calidad y por ser la más ampliamente comercializada en la zona de la Vega Baja. Se ha utilizado la parte comestible de la planta, es decir, el capítulo floral.

3.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL

En este estudio se intenta mejorar la conservación de las alcachofas envasadas en bolsas macroperforadas añadiendo aceites esenciales para mejorar o alargar su vida útil. Primeramente se hizo un estudio realizado por *María Espinosa Vicente* con el

título de **“Utilización del envasado macroperforado en poscosecha para mantener la calidad de la alcachofa Blanca de Tudela”**.

Para conseguir esta mejora, se hace una combinación de diversos aceites esenciales (timol, eugenol y carvacrol), con la finalidad de crear una atmósfera macroperforada alrededor de los capítulos de alcachofa.

El experimento se fundamenta en realizar muestreos semanales, concretamente 5. La mitad de las alcachofas se sometieron a tratamiento con aceites esenciales. Se emplearon dos tipos de tratamientos distintos:

1. **ACEITES + BOLSA:** en este tratamiento lo que se hizo fue poner 15 alcachofas en botes de plástico de gran capacidad junto a un vaso con los aceites esenciales necesarios para conseguir en el interior del envase una concentración de 1mM de la mezcla de aceites esenciales. Lo que se pretendía con ello era impregnar la atmósfera donde por un día respirarán las alcachofas. Después de un día entero en los botes cerrados herméticamente, las alcachofas se depositaban en bandejas de plástico y luego eran embolsadas en bolsas de plástico macroperforadas y se refrigeraban hasta el día del muestreo.



Fotografía 6: **Bolsa+aceites**
Fuente: propia

2. **BOLSA + ACEITES:** para este segundo tratamiento se emplearon las mismas bandejas y las mismas bolsas macroperforadas. En este caso, las bandejas llevaban adheridas unas cápsulas donde se introducía una gasa con 1 mL de la mezcla de los aceites esenciales. A diferencia del

tratamiento anterior, para éste la aplicación de los aceites era continua, por lo que la atmósfera no varía a lo largo del estudio hasta la fecha del muestreo.



Fotografía 7: **Bolsa+Aceites, a la izquierda; Aceites+Bolsa, a la derecha.**

Fuente: elaboración propia

Además de estos dos tratamientos se hicieron dos muestras controles para poder comparar los resultados finales obtenidos. Se hicieron:

- ✓ Control aire
- ✓ Control bolsa

La única diferencia existente entre ambos controles, es la presencia o no del envasado en film macroperforado. Ambos, permanecían en refrigeración hasta el día del muestreo al igual que los otros dos tratamientos.



Fotografía 8: **Control aire, a la izquierda; Control Bolsa, a la derecha.**

Fuente: elaboración propia

En esta tabla podemos observar cómo se han hecho los diferentes muestreos:

Tabla 5: **distribución de los distintos muestreos semanales.**

1° Muestreo	1° Sesión	Semana 0	Día 0	Aplicación de los dos tratamientos
	2° Sesión	Semana 0	Día 0+2	2 días a 20°C
2° Muestreo	1° Sesión	Semana 1	Día 7	7 días a 3°C y 85%HR
	2° Sesión	Semana 1	Día 7+2	7 días a 3°C y 85%HR + 2 días a 20°C
3° Muestreo	1° Sesión	Semana 2	Día 14	14 días a 3°C y 85%HR
	2° Sesión	Semana 2	Día 14+2	14 días a 3°C y 85%HR + 2 días a 20°C
4° Muestreo	1° Sesión	Semana 3	Día 21	21 días a 3°C y 85%HR
	2° Sesión	Semana 3	Día 21+2	21 días a 3°C y 85%HR + 2 días a 20°C
5° Muestreo	1° Sesión	Semana 4	Día 28	28 días a 3°C y 85%HR
	2° Sesión	Semana 4	Día 28+2	28 días a 3°C y 85%HR + 2 días a 20°C

En la semana 0, se aplicaron los tratamientos a los lotes de aceite bote y aceite bolsa. En el caso del aceite bolsa, se envasaban en el mismo momento, pero los aceites bote pasaron un día entero en el bote y al día siguiente se envasaron de la misma forma que el resto.

En el primer muestreo de cada semana En las primeras sesiones de cada muestreo, lo que se hacía era medir la tasa de respiración y el peso, en grupos de dos alcachofas e individualmente, respectivamente. En estos primeros muestreos, la hortaliza estaba recién sacada del refrigerador y envasada. Una vez extraídos de la cámara frigorífica, la mitad de los lotes se dejaban dos días a temperatura ambiente hasta el segundo muestreo.

Con este almacenamiento durante dos días más a 20°C lo que se pretendía era simular las **condiciones reales de comercialización** o lo que hoy en día se conoce como **vida útil o shelf life**. Desde el punto de vista de la industria alimentaria, la vida útil está basada en la cantidad de pérdida de calidad que se permitirá antes del consumo del producto. Desde el punto de vista sensorial, la vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales (Ellis, 1994).

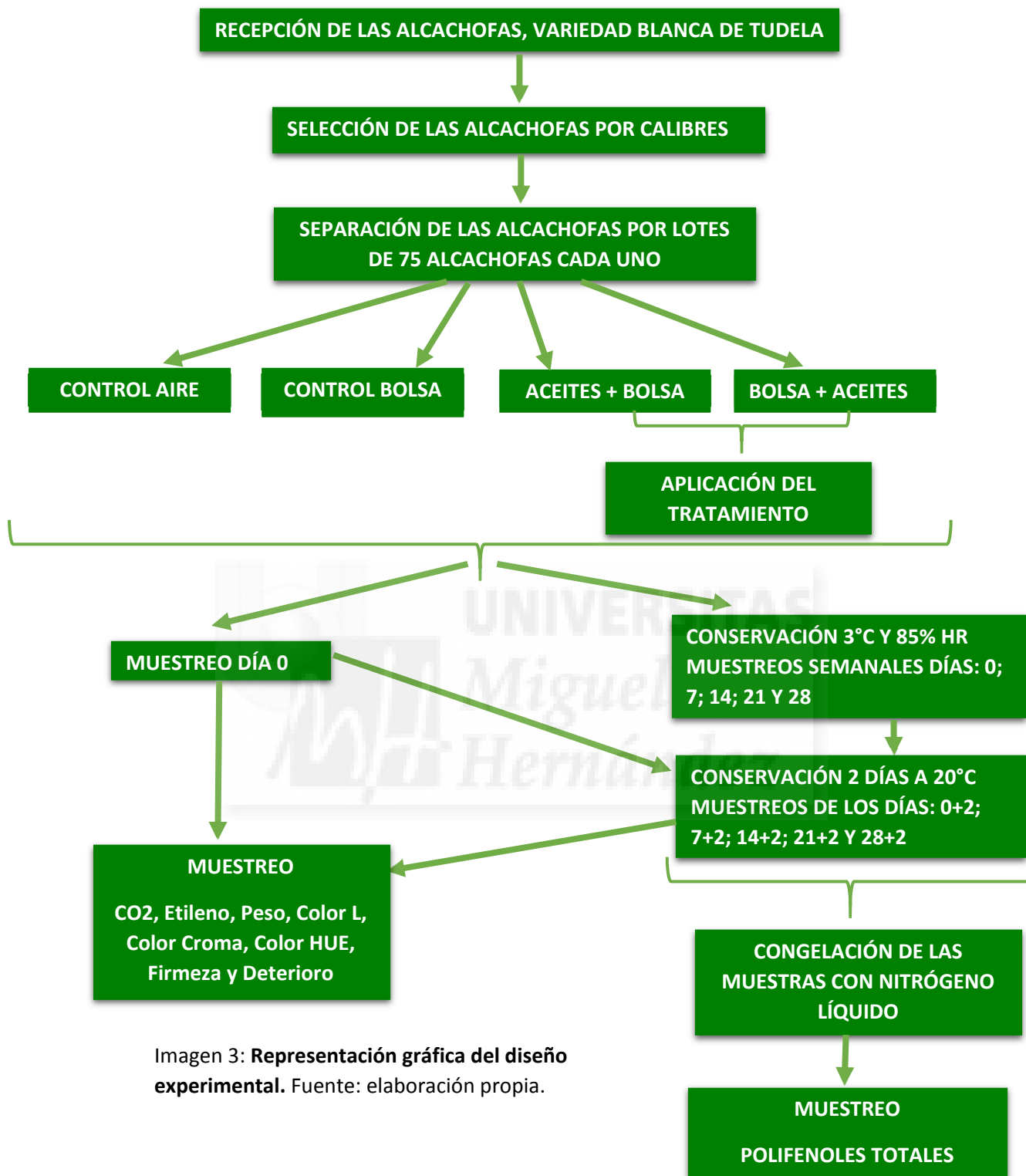


Imagen 3: Representación gráfica del diseño experimental. Fuente: elaboración propia.

3.3.- DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Se realizaron dos tipos de determinaciones analíticas. En primer lugar, se empezó con las determinaciones de los parámetros fisiológicos: pérdida de peso, color, tasa de respiración y producción de etileno. Después se prosiguió con la determinación de la firmeza. Y finalmente, se realizaron determinaciones para el parámetro funcional: polifenoles totales.

3.3.1.- PARÁMETROS FISIOLÓGICOS.

3.3.1.1.- PÉRDIDA DE PESO

Las pérdidas de peso en las frutas y hortalizas se incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha y significa una disminución de la calidad y aceptabilidad, estas pérdidas suelen ocasionar mermas superiores al 5% durante la comercialización, al 7 % en la conservación frigorífica durante tres meses y posterior comercialización (Jiménez -Cuesta y col., 1983).

Las condiciones de baja humedad provocan un incremento de la transpiración y por tanto una elevada pérdida de agua, lo que acelera la senescencia del fruto y una marcada pérdida de la calidad, tanto por la aparición de arrugas en la superficie como por el encogimiento y ablandamiento (Guerra, 1996).

En el experimento, tanto en refrigeración como posteriormente durante el estudio de la vida útil a 20 °C, las pérdidas de peso se han calculado en % con respecto al peso inicial del producto antes de la conservación. Éste último, se consideró como el 100 %.

3.3.1.2.- TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

La respiración es el principal proceso de deterioro de los frutos, el mismo es atenuado por las bajas temperaturas, que logran disminuir la tasa respiratoria y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas. La velocidad de respiración de un fruto se reduce a la mitad por cada 10°C en que disminuye la temperatura (Guerra, 1996).

Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos. Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que

disminuyen será un factor de gran importancia en la duración de la vida postcosecha del mismo (*Repositorio FAO, 2015*).



Imagen 9: **Reacción química del proceso respiratorio aerobio.** Fuente: Repositorio FAO, 2015

La medida de la actividad respiratoria de los capítulos de alcachofa, se puede realizar mediante:

- ♣ Un **sistema estático o cerrado**,
- ♣ O mediante un **sistema dinámico de flujo o abierto**.

En este estudio, se optó por realizar el experimento mediante el sistema estático o cerrado. Éste sistema fue propuesto por Kader (1992) que consiste en encerrar el producto en un recipiente de cierre hermético durante un periodo de tiempo determinado, de manera que el CO₂ producido como consecuencia de la respiración y el etileno producido se acumulan con el tiempo.



Fotografía 9: **Sistema estático o cerrado de extracción de gases de los capítulos de alcachofa.** Fuente: elaboración propia.

En nuestro caso, el tiempo de espera en los botes, fueron de 30 minutos y los frascos de cristal utilizados para encerrar los frutos estaban provistos de un tapón de goma en la tapadera que permitía la extracción de 5 jeringuillas de 1 mL de aire de cabeza de cada uno de los botes, de los cuales 2 fueron utilizadas para cuantificar el CO₂ y 2 para el etileno, quedando una de reserva por si fallara alguna de las anteriores.

Para la determinación del CO₂, se inyectaron las jeringuillas en el **cromatógrafo de gases Shimadzu GC-14B**, equipado con un integrador **Shimadzu C-R6A Chromatopac**. Las condiciones de trabajo de dicho cromatógrafo utilizadas en el experimento son las siguientes:

TEMPERATURA DEL HORNO	35°C
TEMPERATURA DEL INYECTOR	115°C
TEMPERATURA DEL DETECTOR	150°C
FLUJO DEL GAS PORTADOR (HELIO)	16 mL min ⁻¹
TIPO DE CALIBRACIÓN	PATRÓN EXTERNO (AIRE ATMOSFÉRICO)
TIEMPO DE RETENCIÓN DEL CO ₂	0,6 min
DETECTOR DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (TDC)	
SEPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL CO ₂	Columna CHROMOSORB 102 80/100 DE 2 m x 1/8"

Finalmente, la tasa de respiración se calculó mediante la fórmula que se muestra a continuación, conociendo el peso del producto, el volumen del recipiente y la concentración de CO₂, después de un determinado tiempo, que en este caso fueron 30 minutos

$$\frac{mgCO_2}{kg \times h} = \frac{(V - P) \times 0,687 \times A \times 60}{A_{patrón} \times P \times T}$$

Siendo:

V = Volumen del recipiente (mL).

P = Peso del producto (mg).

A = Área de CO₂ obtenida en el cromatógrafo al analizar la muestra (mm²).

A_{patrón} = Área de CO₂ obtenida en el cromatógrafo al introducir el patrón de aire exterior (mm²).

T = Tiempo que ha permanecido la muestra cerrada en el recipiente (min).



Fotografía 10: **Cromatógrafo de gases Shimadzu GC-14B**. Fuente: Elaboración propia.

El pico de CO₂ se detectó por su tiempo de retención, que en estas condiciones de trabajo, se encuentra entre 0,6 y 1,04 minutos. Integrando el área resultante del pico y comparándola con la de un patrón de CO₂ de concentración conocida, en este caso la atmósfera de 0,036%, hallamos la concentración de CO₂ de la muestra analizada.

Para medir la producción de etileno se inyectaron 2 jeringuillas, en el **cromatógrafo HP-Packard GC-2010**, provisto de un detector de ionización de llama (FID) y columna de acero inoxidable de 3 m de longitud total y de 2 mm de diámetro interno, con relleno de alúmina de 60/80 mesh.

Sobró una jeringuilla, que era la de repuesto por si se presentaba algún problema al inyectar en los cromatógrafos de CO₂ o de etileno.

Las condiciones de trabajo del cromatógrafo de etileno son las siguientes:

FLUJO DEL GAS PORTADOR (He)	50 mL/ min.
FLUJO DE HIDRÓGENO	40 mL/min.
FLUJO DE AIRE	400 mL/min.
TEMPERATURA DEL INYECTOR	100°C
TEMPERATURA DEL DETECTOR	150°C
TEMPERATURA DE LA COLUMNA	100°C

La producción de etileno se identificó en el cromatógrafo por su tiempo de retención en la columna, para este caso estaba alrededor de 1,27 minutos.

La emisión de etileno puede calcularse mediante la fórmula que se muestra a continuación, conociendo el peso del producto, el volumen del recipiente, y el tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente.

$$\frac{\text{nL de etileno}}{\text{g x h}} = \frac{(\text{V} - \text{P}) \times \text{T} \times 10 \times \text{A muestra}}{\text{A patrón} \times \text{P} \times 60}$$

Siendo:

V = Volumen del recipiente en mililitros.

P = Peso de la muestra en gramos.

A = Área obtenida en el cromatógrafo.

A patrón = Área correspondiente a 10 ppm

T = Tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente en minutos.



Fotografía 11: **Cromatógrafo de gases para medir la concentración de etileno.**

Fuente: elaboración propia.

En el seguimiento diario, la tasa de respiración y la producción de etileno se determinaron de dos en dos alcachofas en los días 7, 14, 21 y 28 en botes herméticos de 1,2 L. En los días 0+2, 7+2, 14+2, 21+2, 28+2 se hicieron de forma individual y en este caso se utilizaban frascos de 500 mL de volumen (podemos observarlo en la imagen 10). En todos los casos los datos son la media \pm ES.

3.3.1.3.- FIRMEZA

Para determinar la firmeza de la alcachofa, se utilizó un **Texturómetro TAXT2i** (Textura Analyzer, Stable Microsystems, Godalming, UK) que es válido para hacer ensayos de tracción, compresión y flexión, con una fuerza máxima de ensayo de 25 KN y una precisión en la medida de 0,5-1 %. Esta máquina estaba conectada a un ordenador personal para el procesado de datos.

Se empleó como accesorio un disco plano de acero, montado sobre el texturómetro. La velocidad de descenso del disco de acero fue de 18 mm min^{-1} . Los resultados se expresaron como la relación existente entre la fuerza necesaria para conseguir la deformación mencionada y la distancia de dicha deformación (Nmm^{-1}).

Los ensayos de deformación se realizaron en todas las alcachofas procesadas tomando las medidas en la zona del diámetro ecuatorial de las mismas y los resultados representan la media de las 300 alcachofas \pm ES divididas en 4 lotes de 75 alcachofas cada uno.



Fotografía 12: **Texturómetro TA-XT2i.**

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.4.- COLOR

El color es una propiedad física, tal y como lo percibe el ojo, es una interpretación por parte del cerebro del carácter de la luz procedente de un objeto. El ojo contiene en la retina dos tipos de células sensibles: los bastones que son sensibles a la claridad y a la oscuridad y los conos al color. Vemos que para la interpretación del color se relaciona al mismo tiempo la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía radiante espectral de la fuente de luz.

En este experimento se determinó el color en la zona media de las brácteas de las diferentes alcachofas, justo en la segunda fila empezando por la zona del tallo. Esta medición se hizo mediante un **colorímetro triestimulo Minolta CR-300** y usando el **Sistema Cie Lab (L^* , a^* , y b^*)**.

Este sistema de medida permite una evaluación del color en términos numéricos, basados en la refractancia espacial de la muestra y es el más ampliamente conocido ya que pretende acercarse más a la percepción humana del color. Aporta una tripleta de coordenadas que permite situarse colorimétricamente en un lugar del espacio. Estas coordenadas están correlacionadas con tres conceptos (índices) básicos que se pueden distinguir en toda apreciación del color, los denominados: luminosidad (L^*) y cromaticidad (tono y croma, a^* y b^*).

- ♣ La luminosidad viene determinada por el parámetro L^* , que nos indica la luminosidad del vegetal. Varía de 0 (negro) a 100 (blanco).
- ♣ La cromaticidad nos la dan los parámetros a y b conjuntamente:

- a^* representa el eje que va de los colores verdes (- a) hasta colores rojos (+ a).

- b^* representa el eje que evoluciona desde azul (- b) hasta amarillo (+ b).

Los índices de croma y tono se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{Hue} = \arctg(a^*/b^*)$$

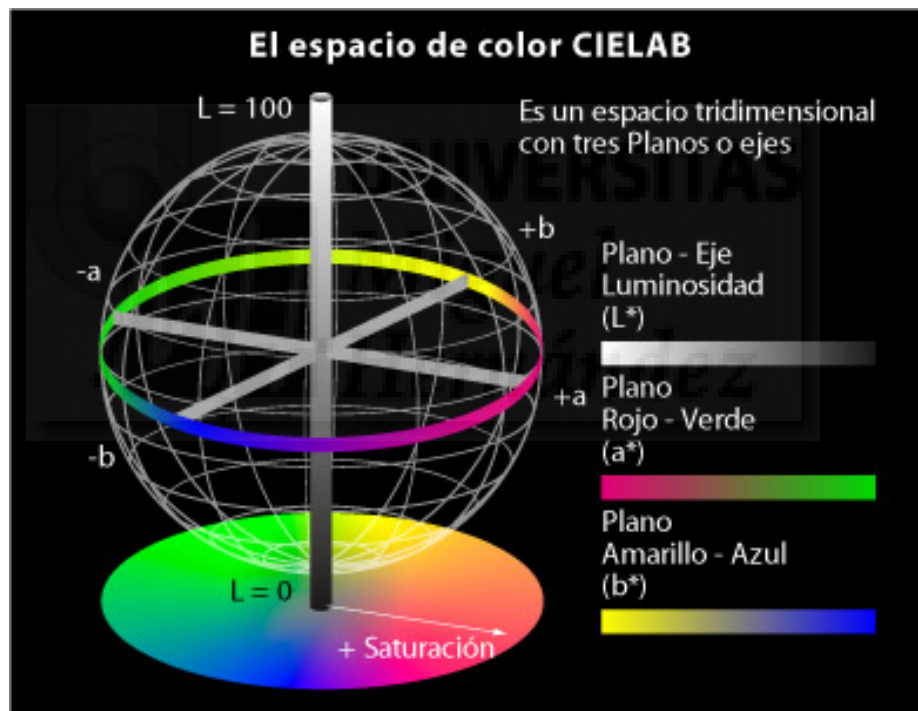


Imagen 4: Diagrama del sistema de notación de color L^* , a^* y b^*

Fuente: Westland, 2001



Fotografía 13: **colorímetro triestímulo (Minolta CR-300)**. Fuente: elaboración propia

El matiz o Hue es el estado puro del color, sin el blanco o negro agregados, y es un atributo asociado con la longitud de onda dominante en la mezcla de las ondas luminosas. El Matiz se define como un atributo de color que nos permite distinguir el rojo del azul, y se refiere al recorrido que hace un tono hacia uno u otro lado del círculo cromático, por lo que el verde amarillento y el verde azulado serán matices diferentes del verde.

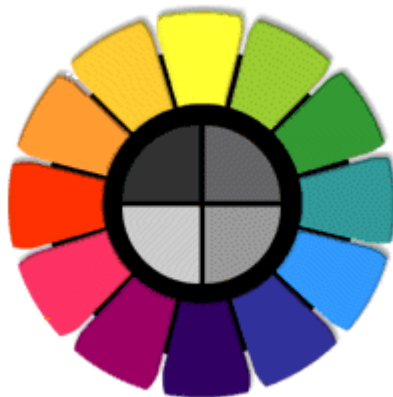


Imagen 5: **matices en el círculo cromático**. Fuente: Teoría del color. Propiedades de los colores

La saturación o Croma, representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo, y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando. Los colores puros del espectro están completamente saturados. Un color intenso es muy vivo. Cuanto más se satura un color, mayor es la impresión de que el objeto se está moviendo.

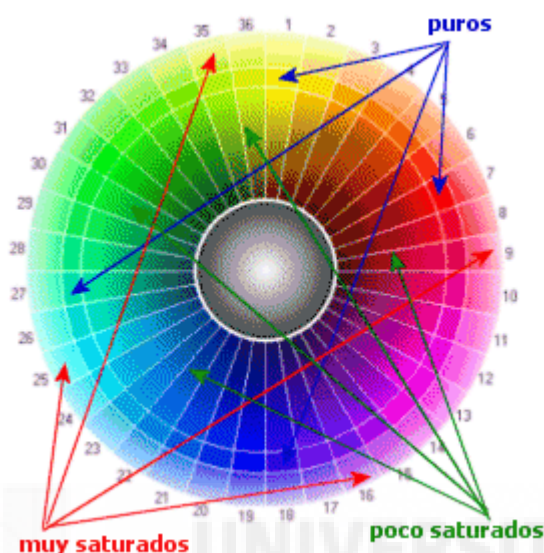


Imagen 6: saturación de los colores. Fuente: Teoría del color. Propiedades de los colores

3.3.2.- PARÁMETROS FUNCIONALES

3.3.2.1.- FENOLES TOTALES

En el caso de la alcachofa lo que hicimos fue dividir en ocho trozos el corazón y para la extracción utilizamos uno de ellos, que aproximadamente tenía un peso de 4-5 gramos dependiendo de la alcachofa. Los fenoles totales, fueron extraídos utilizando 15 ml de agua/metanol (2:8) junto a 2 mM de NaF que ayuda a inactivar la actividad de polifenol oxidasa y para evitar la degradación fenólica. Este último compuesto se utilizó como agente extractante y se homogeneizó en un **Polytron** durante 60 segundos. Tras la adición del metanol, los tubos de centrifuga se conservaron en hielo y en la oscuridad para evitar la degradación de los pigmentos.

Posteriormente, se centrifugó durante 15 minutos a 15.000 rpm a una temperatura de 4°C en una centrífuga modelo **C30P CENTRIFUGE, B. Braun. Biotech**. Una vez los tubos fueron sacados de la centrifuga se guardó 1 mL de cada muestra para la determinación de fenoles totales.

Este método se basa en la medida de la absorbancia para la posterior comparación con una recta de calibrado construida con las medidas de absorbancia correspondientes a distintas concentraciones de un patrón de contenido en fenoles totales conocido.

Se prepararon 2 tubos de ensayo por cada extracción y para el blanco. En cada uno de los tubos se añadieron:

- **Blanco:** 500 μ L de Tampón Fosfato 50 mM y pH 7,8
- **Muestra:** 200 μ L del muestra + 300 μ L de Tampón Fosfato 50 mM y pH 7,8

A continuación se adicionaron 2,5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu 1/10 (100 mL de Folin-fenol + 900 mL H₂O ultrapura) y se agitó. Al cabo de 2 minutos de reposo, la reacción se paró con la adición de 2 mL de Na₂CO₃ se volvió a agitar y se introdujeron los tubos de ensayo durante 5 minutos en un baño a 50°C. Finalmente se vertió cada una de las muestras en cubetas y se introdujeron en el Espectrofotómetro modelo **Uvikon XS, Bio-Tek Instruments** donde la absorbancia producida por la coloración azul fue medida a 760 nm. Los resultados se expresan en mg equivalentes de Ácido Gálico por 100 g de peso fresco y son la media \pm ES de las determinaciones realizadas por duplicado en cada una de las extracciones realizadas en cada muestra.

4.- Resultados y discusión.

En las siguientes figuras se van a observar los diferentes resultados que se han obtenido después de hacer las determinaciones de los parámetros fisiológicos y funcionales. Aquellos que contengan una A, serán los capítulos de alcachofa almacenados en frío; los que contengan una B, los que estén almacenados a temperatura ambiente. Este cambio de temperatura se ha hecho con el fin de ver cómo va degradándose el producto, es decir ver cuál es su vida útil después de ser recolectado y distribuido a los distintos comercios para ser consumidos por los consumidores.

4.1.- EVOLUCIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN

Las frutas y hortalizas, una vez que han sido recolectadas, siguen el proceso de respiración, por lo que, aunque estén en almacenamiento, continúan consumiendo oxígeno y desprendiendo dióxido de carbono. En concreto, las alcachofas son productos altamente perecederos, con unas tasas de respiración y transpiración elevadas.

La velocidad de la respiración depende de factores internos del producto como de factores ambientales que pueden llegar a acelerar los procesos, en los internos es importante mencionar, el tipo de tejido, el área superficial, la edad del producto, y el agua que contenga. Y en los externos hay que considerar daños mecánicos, la temperatura del ambiente (a mayor temperatura, mayor velocidad de respiración), la cantidad de oxígeno en el medio. El ineficiente manejo de las operaciones de cosecha, almacenamiento, transporte en las frutas y hortalizas, conduce a altas pérdidas de producto antes mencionadas (Valero y Serrano, 2010).

En la respiración, se consumen inicialmente los ácidos orgánicos, es decir al aumentar el grado de madurez el producto, es menos ácido, y los compuesto fenólicos, que generan astringencia. Después siguen los carbohidratos.

Lo que se ha hecho en este experimento, es determinar la intensidad con la que este proceso fisiológico ocurre, o lo que es lo mismo, analizar la cantidad de dióxido de carbono que la hortaliza es capaz de producir en un periodo de tiempo determinado. Con esto, se puede relacionar la actividad metabólica que tienen las alcachofas con la intensidad respiratoria.

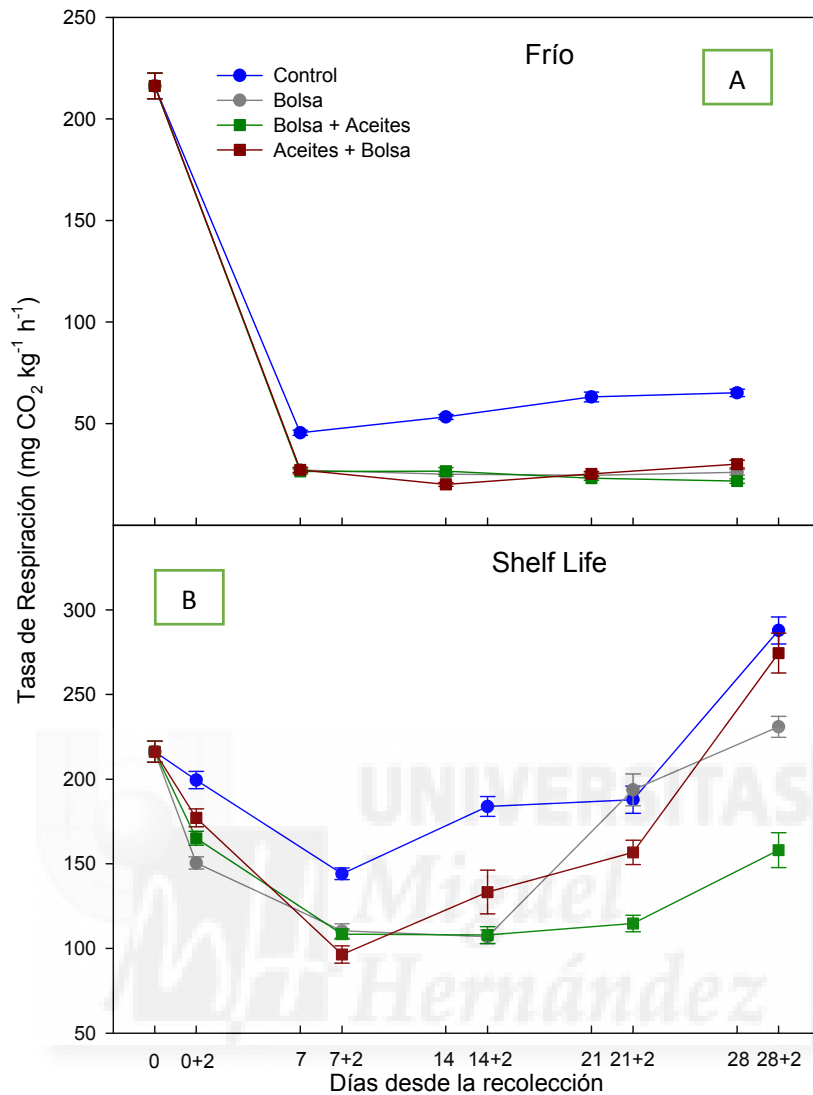


Figura 1. Evolución de la tasa de respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de las alcachofas almacenadas en frío a 3°C y 2 días más a 20°C , controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales. Los datos son la media \pm ES.

En la figura 1A se observó que durante el almacenamiento refrigerado, el frío disminuyó este parámetro en todos los muestreos realizados. Sin embargo encontramos diferencias entre los lotes que se envasaron en film macroperforado y las alcachofas control que no se almacenaron con envase., ya que estas últimas mostraron niveles sensiblemente superiores de respiración con respecto al resto de lotes. Así, en el momento de la recolección la tasa de respiración que presentaban las alcachofas era de $216.2 \pm 6.26 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, tras la aplicación del frío estos valores se reducen a la cuarta parte y si se combinan con la bolsa macroperforada a la octava, manteniéndose más o menos constantes hasta los 28 días desde la recolección.

Los productos hortofrutícolas siguen respirando y sufriendo cambios después de ser recolectados. La velocidad de deterioro es generalmente proporcional a la velocidad a la que transcurre la respiración del producto y está fuertemente influenciada por la temperatura de conservación, por ello se recomienda la conservación a 1-2 °C y la aplicación de una pre-refrigeración antes de conservarlo (Artés, 2007).

Por otro lado, con respecto a la figura 1B, como cabría esperar pudimos comprobar como los valores de respiración encontrados fueron muy superiores a los obtenidos durante el almacenamiento refrigerado, aunque los niveles de respiración fueron diferentes según el tratamiento aplicado. Nuevamente las alcachofas controles fueron las que mayores niveles de respiración mostraron durante todos los muestreos. Sin embargo encontramos diferencias con respecto a los distintos tratamientos de las alcachofas envasadas en film macroperforado. El film macroperforado fue suficiente para reducir la respiración de las alcachofas, aunque esta reducción fue mayor cuando el envase contenía aceites esenciales. Este hecho se mantuvo durante todo el experimento.

Los resultados obtenidos nos harían confirmar que el tratamiento de **bolsa+aceites**, es decir, aquel que contiene el aceite de forma continua, es el más idóneo tras la recolección para que disminuya la actividad respiratoria y metabólica de los capítulos de alcachofa mientras éstas son almacenadas durante al menos 30 días.

El problema del deterioro de los productos hortofrutícolas se debe a que éstos son tejidos vivos que están sujetos a continuos cambios tras ser recolectados. La velocidad de deterioro es generalmente proporcional a la velocidad a la que transcurre la respiración del producto y está fuertemente influenciada por la temperatura de conservación, por ello se recomienda la conservación a 1-2 °C y la aplicación de una pre-refrigeración antes de conservarlo (Artés, 2007). Por lo tanto los resultados nos confirman los obtenidos anteriormente por otros autores que experimentaron con sistemas de conservación similares (Espinosa, 2013; Barba, 2015), haciendo de esta técnica un herramienta idónea para reducir la actividad metabólica de las alcachofas alargando así su vida útil.

4.2.- EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETILENO

El etileno es el principal agente inductor de la maduración de frutas y hortalizas y puede causar la maduración prematura de algunos productos o arruinar otros.

Nunca se deben transportar o almacenar frutas y verduras que producen bastante etileno con productos que son sensibles al mismo.

Es un compuesto gaseoso químicamente simple y posee la actividad biológica de ser el regulador de un amplio número de procesos fisiológicos en las plantas. Se considera la hormona de la maduración puesto que es producido en forma endógena durante este proceso por las frutas (Jiang & Fu, 2000; Salveit, 2004; Martínez-Romero et al, 2007) e inicia una cascada metabólica de cambios químicos catalizados por enzimas causantes de los cambios del color, la textura, el aroma y el sabor.

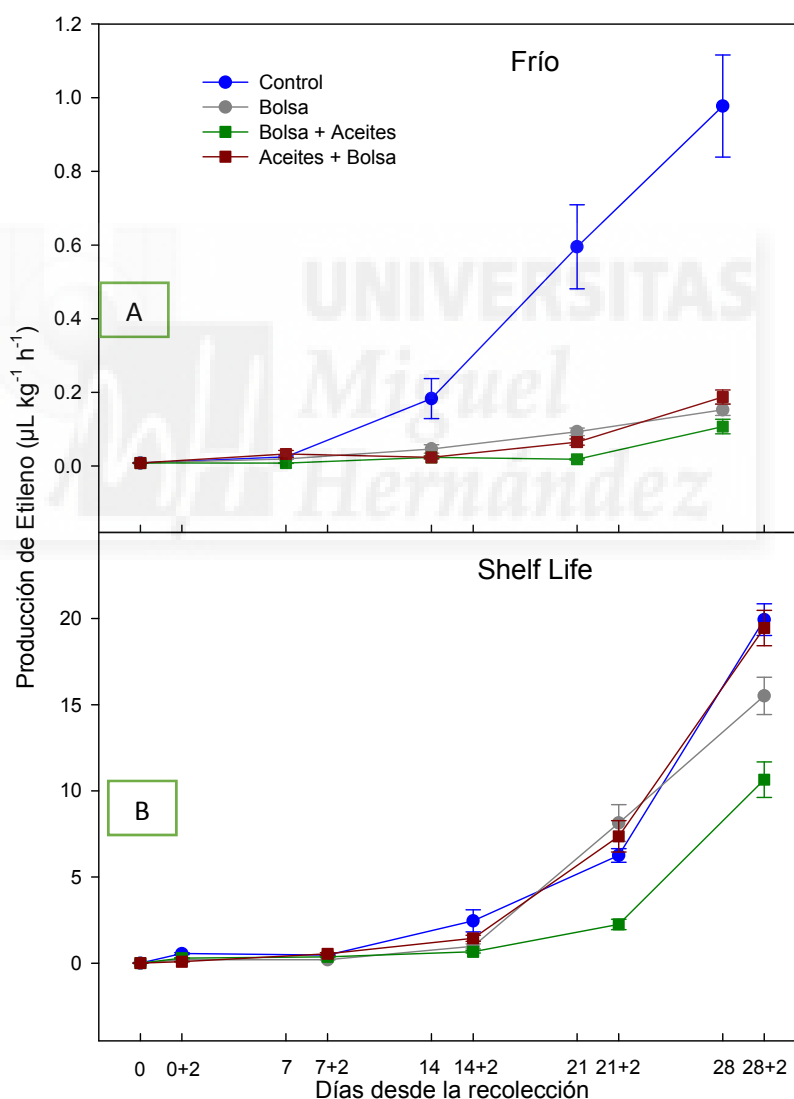


Figura 2. Evolución de la producción de etileno ($\mu\text{L Kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de las alcachofas almacenadas en frío a 3°C y 2 días más a 20°C , controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales. Los datos son la media \pm ES.

Tanto en frutas climatéricas como en no climatéricas, el etileno exógeno puede causar también efectos negativos que disminuyen la calidad, como la aceleración de la senescencia, desórdenes fisiológicos, susceptibilidad a microorganismos patógenos y por ende se disminuye la vida de anaquel de la fruta (Blankenship & Dole, 2003; Saltveit, 2004; Martínez-Romero et al,2007).

La reducción del etileno producido durante el almacenamiento de la fruta se logra de varias maneras. Primero, por la manipulación de la temperatura (almacenar a la temperatura más baja posible que la fruta en cuestión permita) o el almacenamiento bajo atmósfera controlada (un bajo nivel de O₂ y una alta concentración de CO₂). Segundo, empleando compuestos que ejercen una acción inhibitoria. Entre ellos se encuentra el 1-metilciclopropeno o 1-MCP.

Con respecto a la producción de etileno pudimos comprobar como el tipo de almacenamiento ejerció un efecto similar sobre este parámetro que el que observamos con respecto a la tasa de respiración, ya que durante el almacenamiento refrigerado, los niveles de etileno fueron sensiblemente inferiores que los que se observaron durante el posterior almacenamiento a 20°C.

Así mismo, se pudo constatar el efecto en la reducción de la producción de etileno por parte del film macroperforado, ya que todos los lotes a excepción del control mostraron unos niveles muy bajos durante el almacenamiento refrigerado.

Estas diferencias entre el control y el resto de lotes desaparecieron cuando se traspasaron los lotes a 20°C, ya que las únicas alcachofas que mostraron un retraso en la producción de etileno fueron aquellas que se envasaron de forma conjunta con los aceites esenciales, que alcanzaron los valores más bajos ($10,7 \pm 0,84 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de etileno.

Los resultados obtenidos nos harían confirmar que el tratamiento de **bolsa+aceites**, es decir, aquel que contiene el aceite de forma continua, es el más idóneo tras la recolección para que disminuya la producción de etileno de los capítulos de alcachofa mientras éstas son almacenadas durante al menos 30 días.

La naturaleza gaseosa del etileno le confiere ciertas ventajas especiales como regulador del desarrollo de las plantas. La capacidad de difusión por los espacios intercelulares permite, a diferencia de otras fitohormonas, alterar la concentración interna en los tejidos simplemente por cambios en la velocidad de síntesis. Esta característica ofrecería, al mismo tiempo, la posibilidad de actuar como una señal ante una alteración externa impuesta en otros lugares de la planta, coordinando una

respuesta rápida y uniforme en distintos tejidos, bien frente a un estímulo ambiental o en un determinado proceso del desarrollo. En nuestro ensayo, el deterioro acelerado que sufren las alcachofas durante su conservación poscosecha, le provoca un estrés mayor al que pueden sufrir otro tipo de vegetales, y este podría estar señalizado por la emisión de etileno, en este supuesto, la menor emisión de etileno que ofrecen las alcachofas almacenadas en bolsas y tratadas de forma continua con aceites esenciales podría tener esta explicación, aunque sería necesario ver el paso en la ruta de biosíntesis que se encuentra estimulado para tratar de relacionar con otros trabajos publicados.

4.3 PÉRDIDAS DE PESO

Las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua (80% o más) y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración. La atmósfera interna de frutas y hortalizas está saturada con vapor de agua, pero a la misma temperatura el aire circundante está menos saturado. Existe pues un gradiente a lo largo del cual el vapor producido se mueve desde el producto al aire que lo rodea.

El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada. La velocidad con que ésta se pierde será un factor determinante en la vida de poscosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito.

Además del aspecto deshidratado que le confiere al producto, incrementa su susceptibilidad a sufrir ataques microbianos, con importantes repercusiones económicas.

Las frutas y hortalizas sufren pérdidas de peso como consecuencia de varios factores exteriores como son la temperatura (a mayor temperatura mayor transpiración), la humedad relativa (inversamente proporcional a la transpiración) y el recubrimiento de los vegetales (usado como barreras físicas que evitan el contacto entre el aire y el producto). A su vez, se ve afectado por algunos factores internos

como la especie o variedad, el tipo de tejido, la relación área/volumen y la integridad y la sanidad del producto.

Por lo tanto, las pérdidas de peso dependen directamente de las relaciones que se dan entre el interior del vegetal y la atmósfera externa.

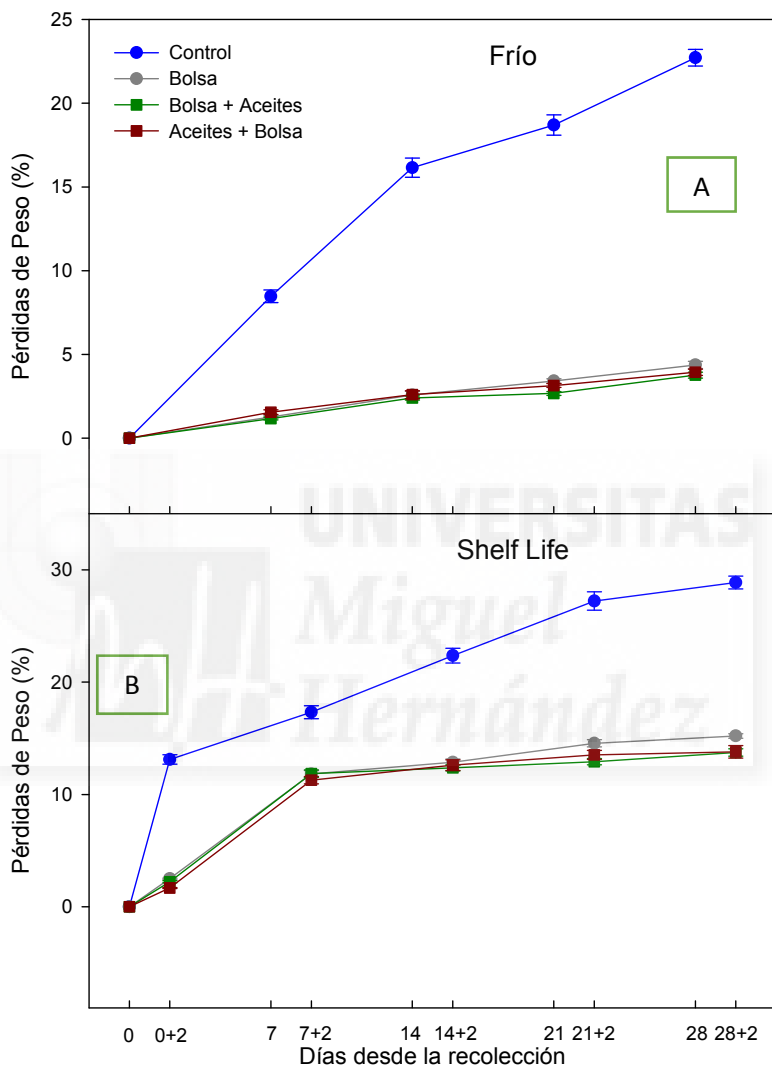


Figura 3. Evolución de la pérdida de peso (%) de las alcachofas almacenadas en frío a 3°C y 2 días más a 20°C, controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales. Los datos son la media \pm ES..

En la figura 3A se observa como la muestra control fue la que mayor pérdida de peso alcanzó, llegando a un valor del 24% aproximadamente a los 28 días después de haber sido recolectado y conservado a 3°C. Sin embargo el resto de tratamientos no llegaron a alcanzar el 5% de pérdida de peso, sin diferencias significativas entre ellos.

En la figura 3B, podemos observar que tras dos días de almacenamiento a 20°C, existió una pérdida de peso en la muestra control muy elevada en comparación con el resto de lotes, llegando ésta a alcanzar un valor \approx 13%. En el resto de muestras, que fueron envasadas, la pérdida de peso fue significativamente más baja durante todo el experimento. Sin embargo, y aunque no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, se observó cómo los niveles de pérdida de peso observados en los lotes tratados con aceites esenciales, fueron ligeramente menores con respecto a las alcachofas envasadas sin estos aceites.

Por lo tanto, esta gran diferencia encontrada entre las alcachofas almacenadas utilizando únicamente el sistema de refrigeración convencional y las conservadas con el envasado en film macroperforado, nos indica que esta última técnica lleva implícito un aumento considerable en el mantenimiento de la calidad, siendo ésta una de las principales ventajas que presenta el uso de los films en la poscosecha de frutas y hortalizas. En las frutas y hortalizas se acepta que unas pérdidas de peso que oscilan entre el 5 y 10% marcan el límite de comercialización, dependiendo de las características de cada una. En alcachofa, una hortaliza que a temperatura ambiente sufre disminuciones del 30% en tan sólo 5 días, se podría aceptar el 10% como el máximo, por lo que más de dos días serían suficientes para depreciar el producto. En nuestro experimento, podemos observar cómo sin la aplicación de la atmósfera macroperforada no es posible almacenar dos días las alcachofas a temperatura ambiente, ya que con 7 días de frío y 2 días a 20 °C las alcachofas sufren unas pérdidas de peso de casi el 15%, al igual que únicamente con refrigeración durante 14 días, por lo que la utilización de las bolsas macroperforadas nos permite almacenar las alcachofas durante dos semanas más que sin ellas, aumentando así las posibilidades de comercialización

La diferencia obtenida en los incrementos de pérdidas de peso entre el almacenamiento en frío a 1 °C y la conservación a 1 °C más dos días a 20 °C se debe a que este tipo de envasado preserva el vapor de agua, ralentizando por lo tanto la deshidratación y consecuentemente las pérdidas de peso (Martínez López, 2010). Cabe destacar, que en experimentos anteriores llevados a cabo por Gil et al. (2003), la atmósfera controlada también presentaba un incremento en la vida útil, sin embargo, el uso de film macroperforado presenta la ventaja de la simplicidad, y por lo tanto las posibilidades de uso en la industria manipuladora, tanto para una conservación y transporte a granel como en formatos de comercio definitivos. Y por otro lado, la aplicación de aceites esenciales puros (eugenol, timol y carvacrol) en combinación con MAP en estudios de cereza y uva de mesa para mejorar la calidad general de las mismas, se ha observado que mejoran los parámetros de calidad más importantes que

determinaban la aceptabilidad por parte de los consumidores, en cuanto a términos de una reducción en la pérdida de peso, retraso en el cambio de color y mantenimiento de la firmeza del fruto en comparación con el control (Mastromatteo et al., 2010).

4.4 CAMBIOS EN EL COLOR

Los tres aspectos principales para la aceptación de un alimento son el color, sabor y textura, siendo el color la propiedad óptica más importante en los alimentos. Muchos colorimetristas opinan que el color es el más importante, puesto que si un producto no tuviese una buena presencia colorimétrica, el consumidor no podría llegar nunca a juzgar los otros dos aspectos.

La organización internacional de luz y color CIE desarrolló en 1976 un importante sistema para la evaluación de color en términos numéricos basados en la medición de reflectancia espectral de la muestra. Este sistema se basa en tres parámetros L^* a^* b^* y se denomina CIELAB.

Los cambios de color suceden porque los cloroplastos de las células del fruto sufren un desmantelamiento, que acaba con las clorofilas. Este fenómeno desenmascara otros pigmentos existentes, como los carotenoides (β -caroteno, licopeno). Además, la maduración implica la síntesis de novo de pigmentos, como las antocianinas. Esto provoca un cambio en el color del fruto, que deja de ser verde.

En el caso de las alcachofas, el color varía de un tono verdoso intenso a un tono verde apagado con pigmentos oscuros provocados por la oxidación.

El color solo se midió cuando se retiró la bolsa, por tanto, únicamente están representados los resultados en frío más dos días a 20 °C.

Los valores del parámetro L^* descendieron ligeramente durante el almacenamiento de las alcachofas, sin encontrar diferencias con respecto a los tratamientos. Sin embargo y aunque las diferencias no fueron significativas, se observó un ligero descenso de las alcachofas que se trataron con aceites esenciales para posteriormente envasarse, ya que mostraron los valores más bajos en distintos muestreos.

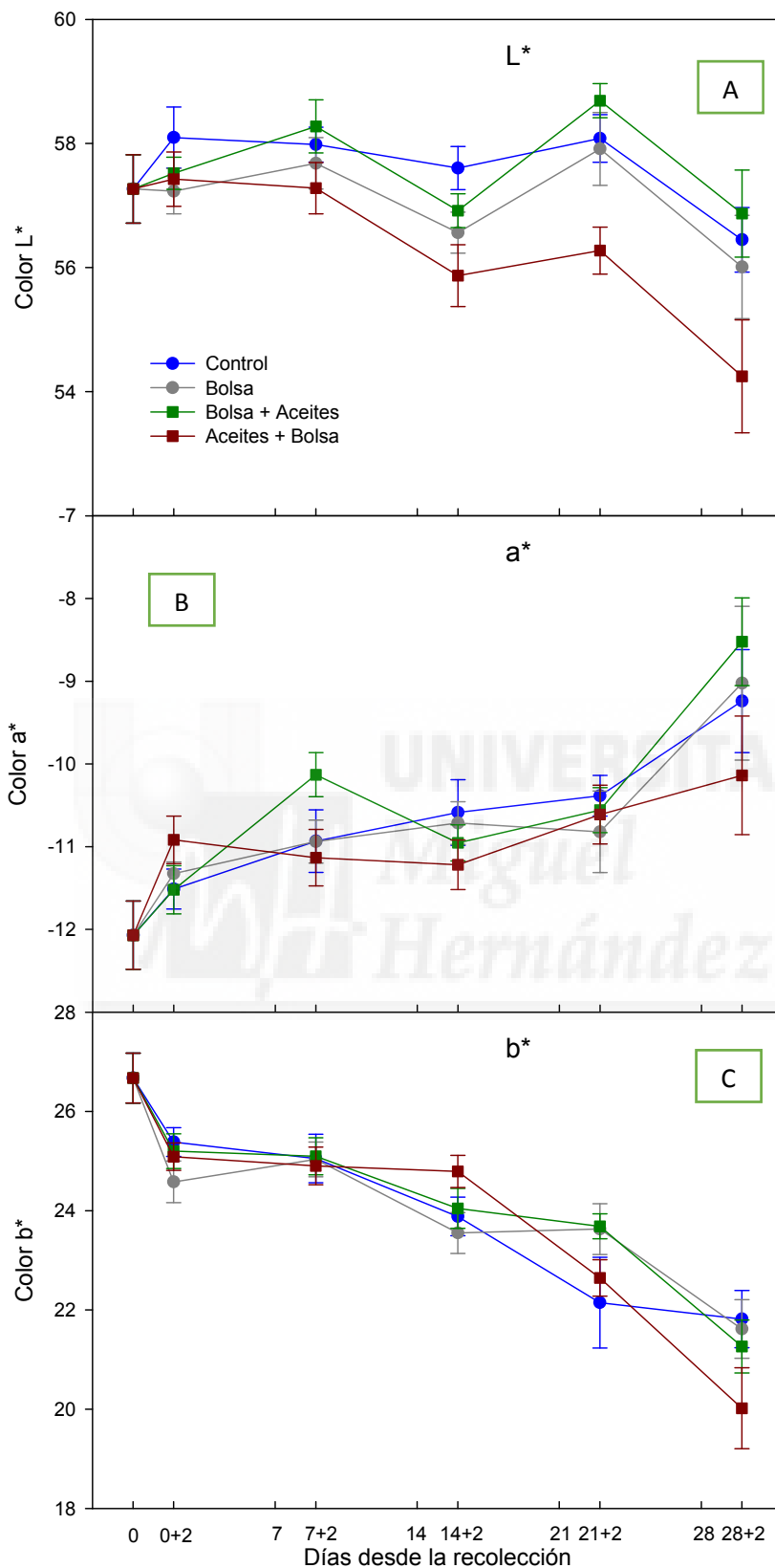


Figura 4. Evolución del color de las alcachofas almacenadas en frío a 3°C y 2 días más a 20°C, controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales. Los datos son la media \pm ES.

Por otro lado, los valores del parámetro a^* aumentaron conforme avanzó el periodo de almacenamiento pero sin obtener diferencias significativas con respecto a los distintos tratamientos. Asimismo, se puede decir que las alcachofas tratadas con aceites esenciales antes de envasarse, mostraron cierto retraso del incremento del color a^* , aunque sin diferencias significativas con respecto al resto de tratamientos.

Finalmente, el color b^* mostró un ligero descenso durante el almacenamiento de las alcachofas, sin observarse un claro efecto producido por los tratamientos sobre este parámetro, ya que no se encontraron diferencias en ninguno de los muestreos.

Numerosos trabajos han estudiado el color de las frutas y hortalizas y su relación con la aceptación de éstos por parte del consumidor. La mayoría de los consumidores consideran que el color de los vegetales está relacionado con aspectos que no sólo corresponden a la apariencia, sino que también indican el estado de madurez y frescor en el que se encuentra el vegetal: firmeza, sabor, aroma, etc., y que en definitiva determinan su decisión de compra (Crisosto et al., 2003). En el caso de la alcachofa, la coloración de la misma varía muy poco durante la poscosecha, y lo que lo hace es debido a la aparición de manchas negras que se pueden relacionar con la degradación de la clorofila o la sensibilidad a daños por frío.

En nuestro experimento se pudo observar como los valores de L^* , a^* y b^* varían como máximo en 5 o 6 unidades, lo que hace muy difícil establecer diferencias entre los tratamientos, e incluso entre la utilización o no de la bolsa macroperforada, aun cuando estas últimas son incomercializables en los últimos dos muestreos.

4.5 EVOLUCIÓN DE LA FIRMEZA

La firmeza es la consistencia de los productos vegetales, determinada tradicionalmente como la fuerza necesaria para deformar la superficie de un fruto con el pulgar. La firmeza es un atributo textural importante en frutas y hortalizas, que se utiliza en relación al establecimiento del momento óptimo de la recolección, a la evaluación de la calidad durante el almacenamiento, a la comercialización en fresco o al procesado inicial de los productos.

La firmeza puede determinarse a través de distintas magnitudes, como la resistencia a rotura, el módulo de elasticidad, la indeformabilidad (stiffness) o cualquier otra magnitud proporcional a las anteriores, aunque el método normalizado

de determinación de la firmeza es a través de una medida de resistencia (ensayo de penetración Magness-Taylor).

En hortalizas como la alcachofa que se recolectan en su fase de desarrollo, y no cuando están acabando su ciclo fisiológico como es caso de los frutos, la connotación de firmeza es diferente a la que se entiende en un fruto, ya que el proceso de ablandamiento corresponde más a una pérdida de turgencia del vegetal que a un ablandamiento de la estructura celular.

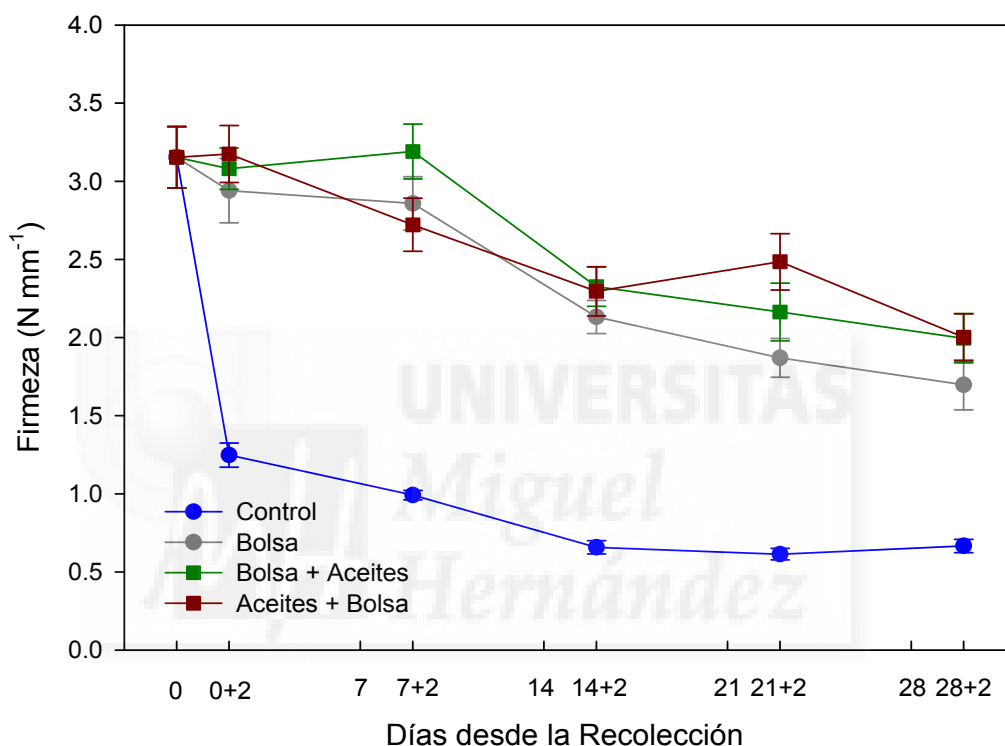


Figura 5. Evolución de firmeza ($N\ mm^{-1}$) de las alcachofas almacenadas en frío a $3^{\circ}C$ y 2 días más a $20^{\circ}C$, controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales. Los datos son la media \pm ES.

Este parámetro suele disminuir con el paso del tiempo y una vez el fruto ha sido cosechado. En nuestro estudio, la determinación de la firmeza se realizó únicamente durante el almacenamiento a $20^{\circ}C$, ya que para esta determinación era necesario extraer el producto vegetal del interior del envase.

En la figura 5 podemos comprobar como era de esperar, que la firmeza fue disminuyendo conforme avanzó el periodo de almacenamiento, sin embargo, este descenso fue sensiblemente mayor, en las alcachofas control que no fueron envasadas.

El envasado en las alcachofas de nuestro experimento, fue suficiente para retrasar la pérdida de firmeza de los capítulos florales estudiados, sin embargo se observaron diferencias entre los lotes de distintos tratamientos aplicados.

Así pudo comprobarse como aquellas alcachofas que habían sido tratadas con aceites esenciales, antes del envasado o durante su envasado, mostraron niveles de firmeza ligeramente superiores, aunque sin diferencias significativas entre los tratamientos.

La firmeza en la alcachofa puede ser interpretada como el grado de compacidad de la misma, es otra de las características apreciadas por los consumidores ya que, tras realizar una deformación sensorial con sus propias manos, demandan piezas con unas brácteas compactas pero que a la vez muestren la ternura de los tejidos cuando las cabezas son ligeramente apretadas.

4.6 ASPECTO VISUAL

Con respecto al aspecto visual que mostraron las alcachofas (Anexo 1), pudimos comprobar cómo tras dos días de almacenamiento a 20°C tras la recolección, las alcachofas no mostraron ninguna fisiopatía en ninguno de los lotes evaluados. Por otro lado, aunque los valores CIELab no mostraron diferencias, sí se puede observar que las alcachofas tratadas con aceites esenciales mostraron un oscurecimiento del color verde ligeramente inferior que el resto de alcachofas.

Cuando se evaluó el aspecto visual tras 21 días de almacenamiento refrigerado más dos días más a 20°C pudimos comprobar que aunque distintas fisiopatías u oscurecimientos estuvieron presentes en las puntas de las hojas de las alcachofas, todos los capítulos florales que se almacenaron con el film macroperforado, fueron efectivos, con o sin adición de aceites esenciales a la hora de retrasar el deterioro de las brácteas.

Finalmente en el último día de muestreo, tras 28 días de almacenamiento refrigerado más dos días más a 20°C, pudimos comprobar que si bien todos los productos vegetales acusaron cierto deterioro en las brácteas, los productos vegetales que peor aspecto presentaron fueron nuevamente los que no se envasaron en film. Asimismo, es interesante resaltar, que aunque el resto de tratamientos acusaron un ennegrecimiento de las brácteas, el tratamiento mediante el cual se envasaron las

alcachofas conjuntamente con los aceites esenciales mostró un aspecto sensiblemente superior con respecto al resto de las alcachofas envasadas.

Así mismo, cuando evaluamos visualmente la incidencia microbiana, pudimos comprobar cómo tras 21 días de almacenamiento refrigerado más dos días más a 20°C las alcachofas más afectadas fueron las que fueron tratadas con aceites esenciales durante 24 horas antes de ser envasadas, por lo que el tratamiento pudo provocar algún tipo de fisiopatía que condujo a la posterior invasión fúngica, que pese a no ser generalizada sí resultó visible. Asimismo el resto de lotes mostró valores de incidencia microbiana similar, afectando a no más de tres alcachofas de las 15 que componían cada lote.

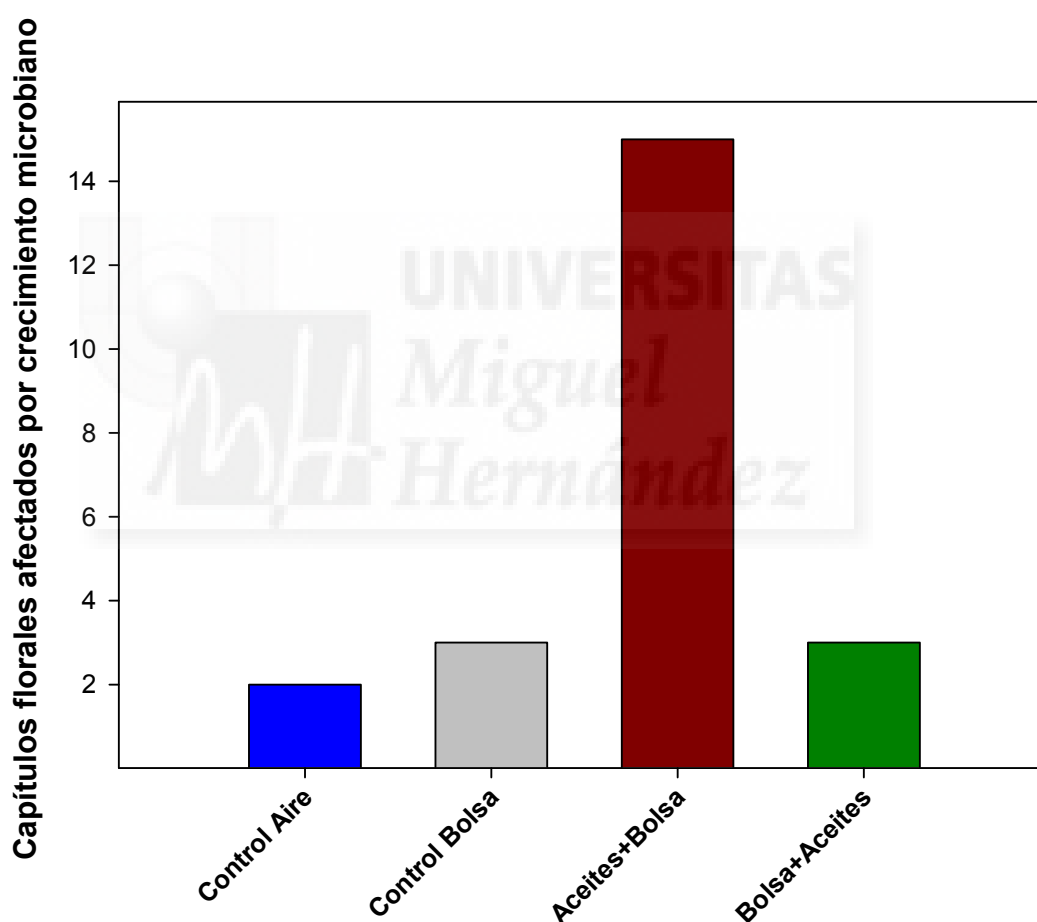


Figura 6. Incidencia fúngica en las alcachofas almacenadas durante 21 días a 3°C más dos días más a 20°C, controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales.. Los datos son la media \pm ES

4.7 POLIFENOLES TOTALES

Los compuestos fenólicos son un grupo muy común de metabolitos secundarios presentes en las plantas, estos incluyen a los fenoles simples, polifenoles, flavonoides, taninos, entre otros. Una gran cantidad frutas y vegetales frescos, así como los granos de cereales, contienen cantidades importantes de fenoles naturales. Los flavonoides son el mayor grupo de fenoles vegetales y los más estudiados (Palencia, 1999).

La actividad biológica de los compuestos fenólicos es generalmente antioxidante, antiinflamatoria, antibacteriana, antiviral y antitumoral, entre otras, siendo los flavonoides los que presentan mayor actividad (Braca, 2008).

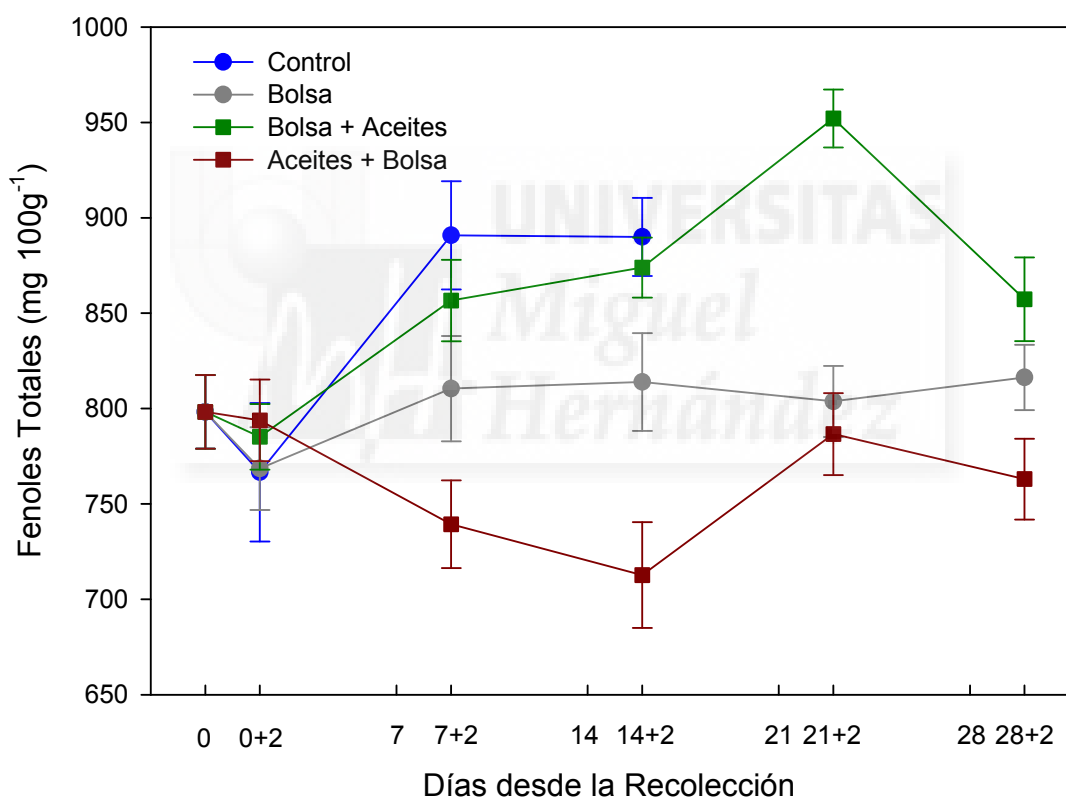


Figura 7. Fenoles totales (mg 100g⁻¹) en las alcachofas almacenadas en frío a 3°C y 2 días más a 20°C, controles o envasadas con film macroperforado y tratadas con aceites esenciales. Los datos son la media ± ES.

El estudio de los compuestos fenólicos totales, no se realizó en todos los lotes de las alcachofas controles, debido a la alta deshidratación que presentaban y que no permitían ningún uso comercial de las mismas. Mediante los resultados obtenidos, pudimos constatar que los niveles de polifenoles totales fueron mayores en aquellas

alcachofas que fueron envasadas junto a los aceites esenciales, mientras que los valores más bajos los mostraron las alcachofas que se trataron durante 24 horas con aceites esenciales antes de su envasado.

La alcachofa es considerada como una especie que proporciona durante su ingesta una gran cantidad de compuestos fenólicos y antioxidantes. Los compuestos fenólicos más representativos en la alcachofa son el ácido cafeico (ácido 3.4-dihidroxicinámico), el ácido clorogénico (ácido 3-Cafeilquinico), la cinarina, el cinarósido, la isorhoifolina, y la narirutina, todos estos con propiedades antioxidantes (Mabeau Serge et al. 2005).

En una purificación hecha en diferentes variedades de alcachofa (Wang et al., 2003), se muestra como los diferentes compuestos fenólicos presentes en alcachofa varían en función de la variedad y las diferentes partes de la misma. En nuestro ensayo, los resultados obtenidos muestran como la parte comestible tenía una mayor concentración de compuestos fenólicos, al igual que ocurría en otro estudio realizado por (Gil-Izquierdo et al., 2001) con la misma variedad, y como al final del experimento las alcachofas que habían sido almacenadas en film macroperforado mostraban unos niveles mayores de estos compuestos fenólicos, lo que podría ser debido a una menor degradación de la inflorescencia como se ha mostrado en los resultados fisiológicos anteriormente presentados. Espinosa (2013), en un trabajo similar únicamente con bolsas macroperforadas, obtuvo un resultado similar al nuestro, no encontrando variaciones en los niveles de los compuestos fenólicos durante 21 días de almacenamiento refrigerado y sin diferencias con respecto al peso fresco. Es importante resaltar que los resultados son relativos a peso fresco, ya que a la hora de evaluar el efecto de la bolsa macroperforada si tenemos en cuenta que las pérdidas de peso son la mitad la cantidad de compuestos fenólicos será superior por este motivo.

5. CONCLUSIONES

Una vez realizados los diferentes estudios, y bajo las condiciones descritas anteriormente, así como el correspondiente análisis de los datos obtenemos las siguientes conclusiones.

Todos los tratamientos fueron eficaces a la hora de mejorar la vida útil de las alcachofas en comparación con el control al aire, por lo que la aplicación de un film macroperforado con o sin aceites esenciales mostró ser eficaz a la hora de mantener la calidad general de la alcachofa “Blanca de Tudela”, pese a que debido a sus macroperforaciones podemos descartar la modificación de atmósfera interna del envase.

De entre todos los tratamientos, los mejores resultados en general se obtuvieron con la inclusión de los aceites esenciales dentro de los envases del film macroperforado, tanto en los parámetros físico-químicos como fisiológicos, afectando de forma positiva al incremento de compuestos bioactivos como son los polifenoles totales.

Finalmente concluimos que con los tratamientos aplicados se consiguió alargar la vida útil de las alcachofas dos semanas más durante su conservación frigorífica más dos días a 20°C, resultando tecnologías efectivas a la hora de detener el deterioro de estos productos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ARTÉS, F.** 2007. Challenges and advances in the chilling storage and minimal processing of artichoke *Acta Horticulturae*. vol. 730, pp. 429-434.
- BARBA, A. (2015).** Nuevas tecnologías poscosecha para la conservación en fresco de la alcachofa Blanca de Tudela. Trabajo final de carrera. Universidad Miguel Hernández.
- BLANKENSHIP, S.M. AND DOLE, J.M (2003).** 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Bio. And Tech.* 28: 1-25.
- BRACA, A.** 2008. Estudio Químico Biológico de Plantas Medicinales – Flora Ecuatoriana, Curso teórico dictado en la Escuela Politécnica del Ejército.
- BROWN, J. E., & RICE-EVANS, C. A. (1980).** Luteolin-rich artichoke extracts protects low density lipoproteins from oxidation in vitro. *Free Radical Res.*, 29, 247-255.
- CLIFFORD, M., & BROWN, J. E. (2006).** Dietary flavonoids and health, broadening the perspective. In O. Andersen, & K. Markham (Eds.), *Flavanoids: Chemistry, biochemistry and applications*. CRC Press, Boca Raton, USA.
- COSTABILE, A., KOLIDA, S., KLINDER, A., GIETL, E., BAUERLEIN, M., FROHBERG, C., LANDSCHUTZE, V., & GIBSON, G. R. (2010).** A double-blind, placebo-controlled, cross-over study to establish the bifidogenic effect of a very-long-chain inulin extracted from globe artichoke (*Cynara scolymus*) in healthy humans subjects. *Br. J. Nutr.*, 104, 1007-1017.
- CRISOSTO, C.H., CRISOSTO, G.M., Y METHENEY, P.** 2003. Consumer acceptance of “Brook” an “Bing” cherries is mainly depend ton fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, vol.28, pp. 159-167.
- DEPÓSITOS DE DOCUMENTOS DE LA FAO**
- DUKE, J.A. (1985).** Handbook of medicinal herbs. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla.
- EFTERPI CHRISTAKI, ELEFHERIOS BONOS, PANAGIOTA FLOROU-PANERI.** 2012. Nutritional and fuctional properties of *Cynara* Crops (Globe Artichoke and Cardoon) and their potencial applications: a review.
- ELHADI M. YAHIA, RAFAEL ARIZA FLORES.** 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza.
- ELLIS, R. 1994.** The study of second language acquisition. Oxford: Oxford University Press.
- ESPINOSA, M. (2013).** Utilizacion del envasado macroperforado en poscosecha para mantener la calidad de alcachofa Blanca de Tudela. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.
- GIL, M.I., CONESA, M.A., ARTÉS, F.** 2003. Effects of low-oxygen and high-carbon dioxide atmosphere on postharvest quality artichokes. *Acta Horticulturae*. 600, 385-388

- GIL-IZQUIERDO A., GIL M.I., CONESA M.A., FERRERES F.** 2001. The effect of storage temperatures on vitamina C and phenolics contenido of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. *Innovate Food Science & Emerging Technologies* vol. 2, pp. 199-202.
- GIL-IZQUIERDO, A., CONESA, M. A., FERRERES, F., GIL, M. I. (2015).** Influence of modified atmosphere packaging on quality, vitamin C and phenolic content of artichokes (*Cynara scolymus*L.)
- GUILLÉN ARCO, A. F.** 2010. Apuntes de la asignatura Conservación de los Alimentos en la Universidad Miguel Hernández de Elche.
- HELLWEGE, E. M., CZAPLA, S., JAHNKE, S., WILLMITZER, L., & HEYER, A. G. (2008).** Cultivation and characterization of *Cynara cardunculus* for solid biofuels production in the Mediterranean Region. *Int. J. Mol. Sci.*, 9, 1241-1258.
- JIANGYM, FU JR.2000.** Ethylene regulation of fruit ripening: molecular aspects.*Plant Growth Regulation*30, 193–200.
- LATTANZIO, V., KROON, P. A., LINSALATA, V., & CARDINALI, A., (2009).** Globe artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients. *J. Funct. Foods*, 1, 131-144.
- MABEAU SERGE ET AL. (2005),** Antioxidant activity of extracts of artichoke and by-products, BBV Applied Research Center for plant breeding, biotechnology and quality, Canadá.
- MABEAU SERGE ET AL. (2005).** Antioxidant activity of extracts of artichoke and by-products. BBV Applied Research Center for plant breeding, biotechnology and quality. Canadá.
- MARTÍNEZ LÓPEZ, J. A.** 2010. Optimización del envasado en atmósfera modificada de Lechuga Iceberg.<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/31759/TJAML.pdf;jsessionid=D26047DA404352DD7154AB175BD6FB4C.tdx2?sequence=1>
- MARTÍNEZ-ROMERO D, BAILEN G, SERRANO M, GUILLEN F, VALVERDE JM, ZAPATA P, CASTILLO S, VALERO D.** Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2007; 47:543–560.
- MASTROMATTEO M., DANZA A., CONTE A., MURATORE G., DEL NOBILE M. A. (2010).** Shelf life of ready to use peeled shrimps as affected by thymol essential oil and modified atmosphere packaging. *Int. J. Food Microbiol.* 144, 250–256
- PALENCIA, Y. (1999).** Sustancias Bioactivas en Alimentos, Universidad de Zaragoza, España.
- ROLZ, C.** Fruit postharvest physiology. A guide to quality characteristics, recommended storage, cold susceptibility, maturation and physiological disorders.
- ROPERO LARA, A. B. 2012.** Apuntes de la asignatura Valor Nutricional en la Universidad Miguel Hernández de Elche.

- SALTVEIT, M. E. (2004).** Ethylene effects. In: Gross, K.C., Wang, C. Y. and Saltveit, M. (eds.) The Commercial storage of fruits, vegetables, and florist an nursery stocks. USDA Agricultural Handbook Number 66. United States Department of Agriculture, Beltsville, Maryland.
- SALUNKHE, D.K. AND B.B. DESAI. 1984.** Post Harvest Biotechnology of Fruit. CRC Press, Florida. p. 85.
- SALUNKHE, D.K., H.R. BOUN AND N.R. REDDY. 1991.** Storage processing and nutritional quality of fruits and vegetables (pp. 156-161). Boston, MA. USA, CRC Press Inc.
- SHELEF, L.A. (1983).** Antimicrobial effects of spices. J. Food Safety 6: 29-44.
- SOLEDAD, M., BARRERA, J., MELGAREJO, L. M. IX.** Fisiología Poscosecha
- THOMSON, W.A.R. (1978).** Medicines from the Earth. McGraw-Hill Book Co., Maidenhead, United Kingdom.
- TOMAS-BARBERAN, F. A.; GIL, M. I.; CREMIN, P.; WATERHOUSE, A. L.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A.** HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. J. Agric. FoodChem. 2001, 49, 4748–4760.)
- VALERO, D. Y SERRANO, M., 2010.** Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. CRC-Taylor & Francis, Boca Raton.
- WANG, M., SIMON, J., AVILES, I., HE, K., ZHENG, Q., TADMOR, Y.** 2003. Analysis of Antioxidative Phenolic Compounds in Artichoke (*Cynara scolymus* L.).
- WILLIAMSON, G., & MANACH, C. (2005).** Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. Am. J. Clin. Nutr., 81, 243S-255S.
- ZAIKA, L.L. (1988).** Spices and herbs: their antimicrobial activity and its determination. J. Food Safety 9: 97-118.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

<http://www.abcagro.com/hortalizas/alcachofa.asp> (Mayo 2015)

http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1999_2097.pdf (Mayo 2015)

<http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm> (Junio 2015)

http://www.alimentacion.es/es/conoce_lo_que_comes/bloc/alcachofa/Historia/ (Mayo 2015)

<http://cocinafuturo.net/la-alcachofa-de-tierno-corazon/> (Mayo 2015)

<http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/Biolog%C3%ADa-y-Tecnolog%C3%ADa-de-Postcosecha.pdf> (Mayo 2015)

“Efecto de la aplicación de compuestos naturales en la conservación y vida útil de alcachofa (*Cynara scolymus* cv. Blanca de Tudela) envasada en film macroperforado.”

http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/aula_2_iii_unidad.pdf (Junio 2015)

<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5012/cuf0127s.pdf> (Junio 2015)

http://oa.upm.es/5379/1/Barreiro_17.pdf (Junio 2015)

<http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferencia/003-calidad-externa-1401191044.pdf> (Junio 2015)

<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1503.php> (Julio 2015)

http://bibliotecavirtual.aragon.es/bva/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705236 (Julio 2015)



Anexo 1

Día 0+2



Imagen 19: **control aire, izquierda; control bolsa, derecha.** Fuente: elaboración propia



Imagen 20: **bolsa+aceites, izquierda; aceites+bolsa, derecha.** Fuente: elaboración propia

Día 21+2



Imagen 21: **control aire, izquierda; control bolsa, derecha.** Fuente: elaboración propia



Imagen 22: aceites+bolsa, izquierda; bolsa+aceites, derecha. Fuente: elaboración propia

Día 28+2



Imagen 23: control aire, izquierda; control bolsa, derecha. Fuente: elaboración propia



Imagen 24: bolsa+aceites, izquierda; aceites+bolsa, derecha. Fuente: elaboración propia