



# **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

## **MÁSTER EN INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

### **“APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS POST-COSECHA PARA MANTENER LA CALIDAD DE LA CEBOLLA D.O.P. FUENTES DE EBRO”**

#### **Autor:**

Víctor Barriando Olivito

#### **Directores:**

Domingo Blanco Parmo

M<sup>a</sup> Eugenia Venturini Crespo

Facultad de Veterinaria

2013

*A mi madre y a mi hermana*

ÍNDICE	PÁG.
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1.- INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.- Características de la cebolla.....	7
1.2.- Cebolla de Fuentes bajo la denominación de origen protegida.....	7
1.2.1.- Cebolla de Fuentes de Ebro: Características morfológicas y organolépticas...	8
1.2.2.- Cultivo de la cebolla de Fuentes de Ebro.....	9
1.2.3.- Producción.....	11
1.2.4.- Conservación de la cebolla .....	11
2.- OBJETIVOS Y DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	17
2.1.- Objetivos.....	17
2.2.-Diseño experimental.....	18
3.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
3.1.- Material vegetal.....	20
3.2.- Descripción de los lotes establecidos.....	20
3.3.-Parámetros analizados.....	21
3.3.1.-Análisis físico-químico.....	21
3.3.1.1.-Color.....	22
3.3.1.2.-Calibre .....	22
3.3.1.3.-Firmeza y crocantez.....	23
3.3.1.4.-Sólidos solubles totales.....	24
3.3.1.5.-Acidez titulable y pH.....	25
3.3.2.-Análisis microbiológico.....	25
3.3.3.-Alteraciones y apariencia general .....	26
3.3.4.- Análisis sensorial.....	26
4. RESULTADOS.....	27
4.1.-Caracterización inicial de las cebollas.....	27
4.2.-Color.....	27
4.3.-Firmeza.....	28
4.3.1.- Firmeza medida con el penetrómetro manual.....	28

4.3.2.- Firmeza determinada con el texturómetro.....	29
4.3.3.- Ensayo de corte.....	31
4.4.-Sólidos solubles totales.....	33
4.5.-Acidez titulable y pH.....	34
4.6.- Recuentos microbiológicos.....	35
4.6.1.- Microorganismos aerobios mesófilos totales.....	36
4.6.2.-Psicrótorofos totales.....	36
4.6.3.-G <sup>o</sup> <i>Pseudomonas</i> .....	37
4.6.4.-Familia <i>Enterobacteriaceae</i> .....	38
4.6.5.-Mohos.....	38
4.6.6.-Levaduras.....	39
4.6.7. Comparación de la evolución de los microorganismos en función de los 2 lugares de conservación: Central o Laboratorio.....	40
4.6.8. Eficacia descontaminante de los tratamientos con radiación ultravioleta e ionización catalítica radiante.....	41
4.7.- Evaluación sensorial.....	42
4.8.- Alteraciones fisiológicas, podredumbres y apariencia general.....	44
5.-CONCLUSIONES.....	47
6.-BIBLIOGRAFÍA.....	48

## RESUMEN

La cebolla Fuentes de Ebro es la primera cebolla en estar incluida bajo una Denominación de Origen. Sus características organolépticas (escaso picor, succulencia, ternura y ausencia de retrogusto) la hacen única para su consumo en crudo, pero tiene una baja aptitud para la conservación debido principalmente a la aparición de podredumbres y a la pérdida de firmeza. Para prolongar su vida útil, manteniendo sus criterios de calidad, se han evaluado diferentes tratamientos como la refrigeración rápida, la radiación ultravioleta-C y la ionización catalítica radiante en continuo como métodos descontaminantes, y el 1-metilciclopropeno (1000 ppb) como inhibidor de la maduración. El estudio se llevó a cabo tanto en la Central Hortofrutícola como en las cámaras de refrigeración del Grupo de Investigación “Alimentos de Origen Vegetal”. Los parámetros físico-químicos (color, firmeza, sólidos solubles, pH y acidez), microbiológicos (aerobios mesófilos y psicrótrofos, G<sup>o</sup> *Pseudomonas*, F<sup>a</sup> *Enterobacteriaceae*, mohos y levaduras), aparición de brotes y raicillas, porcentaje de podredumbres y análisis sensorial se determinaron a los 0, 15, 30, 60, 90 y 120 días.

La población microbiana asociada a las cebollas no es muy elevada (~ 5 unidades logarítmicas /u.log) y está dominada por las enterobacterias, seguidas por los mohos y las pseudomonas, y por último las levaduras, siendo todos ellos microorganismos con potencial alterante. Sin embargo, son las alteraciones fisiológicas (aparición de raicillas y brotes) las que determinan el fin de la vida útil de este producto. Así, la vida útil de las cebollas DOP Fuentes de Ebro alcanzó 90 días ya que durante este tiempo se mantienen los criterios de calidad y por tanto de comercialización observándose una mejor calidad y ausencia de podredumbres en los bulbos refrigerados rápidamente y conservados en las cámaras del grupo de investigación “Alimentos de Origen Vegetal” frente a las cebollas almacenadas en la Central. Se recomienda por tanto para la mantener la calidad de las cebollas, una rápida disminución de la temperatura y un menor hacinamiento en las cámaras de conservación. Los lotes conservados bajo radiación ultravioleta e ionización catalítica radiante obtienen recuentos microbianos inferiores al resto (entre 0,5-1 u.log) pero sin diferencias significativas. Además, en las cebollas tratadas con UV-C se detecta ausencia de bulbos con signos de brotación lo que contribuye a aumentar la calidad del producto. No se recomienda el empleo del 1-MCP ya que en los lotes tratados aparecen raicillas y brotes prematuramente.



## ABSTRACT

“Fuentes de Ebro” onion is the first one included under a Protected Designation of Origin (POD). Its organoleptic characteristics (little itching, succulence, tenderness and no aftertaste) make it unique for raw consumption, but has a low aptitude for conservation due primarily to the loss of firmness and decay. To prolong its shelf-life, keeping its quality criteria, different treatments have been evaluated: rapid cooling, ultraviolet radiation and radiant catalytic ionization applied in continuous as decontamination methods, and 1-methylcyclopropene (1000 ppb/24 h/2 °C) as ripening inhibitor. The study was carried out in either, a Horticultural Center and in the cold chambers of the Research Group "Food of Plant Origin." Physicochemical (color, firmness, soluble solids, pH and acidity) and microbiological (aerobic mesophilic and psychrotrophic, *G* ° *Pseudomonas*, *F* <sup>a</sup> *Enterobacteriaceae*, molds and yeasts) parameters, emergence of shoots and roots, percentage of rots and organoleptic characteristics were determined at 0, 15, 30, 60, 90 and 120 days.

Microbial populations associated with onions were not very high (~ 5 log units / u.log) and were dominated by enterobacteria, followed by molds and pseudomonas, and the yeast with the lowest counts, all of them potential spoilage microorganisms. However, the physiological disorders (appearance of roots and shoots) were the reasons that determine the end of the shelf-life of this product. Thus, the shelf-life of onions POD “Fuentes de Ebro” reached 90 days, maintaining their quality characteristics and being marketable. The bulbs rapidly cooled and stored in the chambers of the research group "Food of Plant Origin" showed a better quality than the onions stored in the Central and no rots were detected. It is therefore recommended, to keep the quality of onions, a rapid decrease of temperature and to reduce the overcrowding in the cooling chambers. The bulbs preserved under ultraviolet and radiant catalytic ionization showed lower microbial counts (between 0.5-1 u.log) than the rest ones, but with no significant differences. Also, in UV-treated onions shoots and roots were not detected, which contributes to increase the product quality. We do not recommend the use of 1-MCP as the physiological disorders appear prematurely.

## 1.-INTRODUCCIÓN

### 1.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CEBOLLA

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una hortaliza perteneciente a la familia de las *Amaryllidaceae*, cuyo órgano comestible es el bulbo. Su origen es de Asia central. Es una planta bianual, que en condiciones normales se cultiva como anual para recolectar sus bulbos, y como bianual, cuando se persigue obtener semillas.

El sistema radicular está constituido por un gran número de raíces fasciculadas blancas. El tallo está representado por una masa caulinar aplastada llamada disco con entrenudos muy cortos situado en la base del bulbo, emitiendo un escapo floral hueco de sección cilíndrica que da origen a la inflorescencia. Las hojas insertadas sobre el disco están constituidas de dos partes fundamentales, una inferior o vaina envolvente, y una superior o filodio, hueca, redondeada y con bordes unidos. Las vainas pertenecientes a las hojas exteriores adquieren una consistencia membranosa y actúan como túnicas protectoras, mientras que las vainas de las hojas interiores engruesan, al acumular sustancias de reserva, formando la parte comestible del bulbo. (Maroto, 1995).

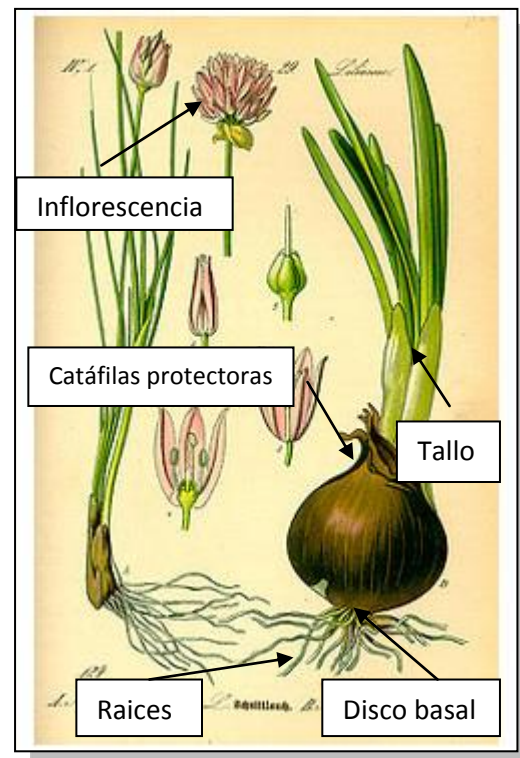


Figura 1: Planta completa de la cebolla.

### 1.2.- CEBOLLA DE FUENTES BAJO LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA

La cebolla D.O.P. Fuentes de Ebro, es la primera cebolla de España que cuenta con Denominación de Origen (DO) Protegida. El Boletín oficial de Aragón hizo público el 26 octubre de 2010, la integración de las cebollas de Fuentes de Ebro en el Registro de Protegidas, ensalzando su “satisfacción gustativa” y escaso picor.



Figura 2: Logotipo de la Cebolla Fuentes de Ebro

Su integración en el Registro de Denominaciones de Origen Protegidas limita la zona de cultivo, la cual se sitúa en la confluencia del valle del Ginel con el valle del Ebro, englobando las localidades de Fuentes de Ebro, Mediana de Aragón, Osera de Ebro, Pina de Ebro, Quinto de Ebro y Villafranca de Ebro, tal y como se refleja en la siguiente figura.



Figura 3: Vista aérea de las localidades que conforman la D.O. Cebolla Fuentes de Ebro (Google Earth, 2013).

### 1.2.1.- Cebolla de Fuentes de Ebro: Características morfológicas y organolépticas

Se entiende por “Cebolla Fuentes de Ebro” los bulbos de la especie *Allium cepa* L., procedentes de las variedades “Cebolla Dulce de Fuentes” y “Cebolla Blanca Gruesa de Fuentes”, de la población autóctona tradicionalmente originaria de Fuentes de Ebro inscrita en el Catálogo Común de Variedades de Especies de Plantas Hortícolas. Las principales características morfológicas que presenta la cebolla de Fuentes de Ebro son: cuello grueso, forma globosa redondeada por la raíz y ligeramente alargada hacia el tallo, coloración externa blanco-paja





Figura 4: Cebolla de Fuentes recién recolectada del campo

Las túnicas interiores son blancas, según la carta de color de The Royal Horticultural Society of London and Flower Council of Holland (RHS), carnosas y crocantes. Con un calibre y peso medio de 77 y 190 g respectivamente.

Se trata de un producto agroalimentario de Aragón que es valorado muy positivamente por el consumidor debido fundamentalmente a su sabor suave, su ternura y jugosidad, y por su escaso picor (niveles menores a 5,5  $\mu\text{g}$  de ácido pirúvico). Estos niveles bajos de picor se consiguen por estar cultivadas en unos suelos con unas características edafológicas determinadas y en un clima árido, donde hay estrés hídrico. Además, no deja un gusto desagradable en la boca, hecho que marca la diferencia con el resto de las variedades de cebolla.

### **1.2.2.- Cultivo de la cebolla de Fuentes de Ebro**

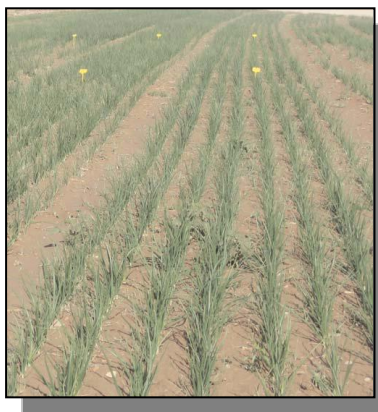
#### **1. -Preparación del terreno**

Hay que realizar un laboreo, rompiendo la costra superficial del terreno y eliminar las malas hierbas, usando un herbicida en presembrado (pendimetalina). Se debe realizar un abonado de fondo en función de las necesidades de: 56 Unidades Fertilizantes (a partir de ahora denominadas: U.F.)/ha de N, 105 U.F./ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 105 U.F./ha de  $\text{K}_2\text{O}$ . Unos días antes de la siembra hay que pasar un rotovator, para dejar la tierra preparada para la siembra.

## 2. -Siembra

En febrero se procede a la siembra con una sembradora de precisión mecánica de 9 de líneas a 15 cm entre líneas con una dosis de 121 semillas/m<sup>2</sup>.

## 3. -Laboreo durante el crecimiento del cultivo



Se realizan 2 abonados en cobertera de 94 U.F. de N y el segundo de 32,5 U.F. de N y 115 de K<sub>2</sub>O y 10 riegos a manta durante todo el ciclo y se eliminan las malas hierbas mediante una escarda mecánica y varias aplicaciones de herbicidas de post-emergencia a base de Oxifluorfen e Ioxinil. Se deben realizar tratamientos preventivos contra mildiu y contra mosca en los meses de junio y julio.

Figura 5: Campo de cebollas

## 4. -Recolección

Se procede a la recolección en el mes de mayo, para la temprana y el mes de agosto, para la cebolla madura.

Tradicionalmente se recolectan cebollas maduras de forma manual, dejando secar los cuellos en el campo durante 5 a 20 días, dependiendo de la temperatura, y cuando los cuellos están secos se cortan en el campo, dejando aproximadamente unos 2 cm.

**-Cebolla temprana**, (figura 6) recolectada en el período de plena vegetación donde tiene lugar la formación del bulbo, que corresponde con el estadio 7 (engrosamiento) según la escala descrita por Suso *et al.* (1992).

**-Cebolla madura**, (figura 7) es la que se recolecta cuando el bulbo está maduro y que corresponde al estadio 9 de madurez según la escala fenológica para la cebolla descrita por Suso *et al.* (1992).



Figura 6: Cebolla temprana



Figura 7: Cebolla madura

### 5. -Acondicionamiento

Antes de conservarlas, las cebollas deben ser acondicionadas (peladas y clasificadas por tamaños).

#### 1.2.3.- Producción

Cada año se cultivan en Aragón unas 700 ha de cebolla. Una parte importante de esta superficie, aproximadamente unas 150 ha, está dedicada a la variedad autóctona aragonesa Cebolla Fuentes de Ebro (CFE), que producen unas 40000 y 50000 kg/ha.

#### 1.2.4.- Conservación de la cebolla

Para una buena conservación de la cebolla, hay que proceder a su enfriamiento, existiendo 2 formas:

- Aire forzado (a través del uso de corrientes de aire utilizando cajones denominados De Grot en Slot.

- Natural (conseguir que la temperatura y humedad vaya disminuyendo lentamente, simplemente con el contacto con el aire que hay alrededor de los cajones de 1,05 x 1,05 x 0,70 m.

- Cámaras frigoríficas (disminuyendo la temperatura de la cebolla lentamente).

### ❖ Métodos de conservación actuales

- Tradicional → Las cebollas se colocan extendidas en lugares umbríos (no muy húmedos) y con temperatura constante no muy elevada, sobre sacos u otro material para evitar el contacto directo con el suelo y el hacinamiento, responsable de una mayor tasa respiratoria y por tanto, de una pérdida más acelerada de la calidad del bulbo.

- Uso de cámaras frigoríficas → Este método de conservación consiste en colocar las cebollas en cajones e introducirlas en cámaras frigoríficas a las condiciones climáticas adecuadas (2° C y una humedad relativa (HR) del 75-80 %).

Con este proceso de conservación, las cebollas tienen una vida útil de aproximadamente 2 o 3 meses. A partir de esa fecha, se observan alteraciones fúngicas causadas principalmente por el moho *Aspergillus niger* y pérdidas en la calidad del bulbo, principalmente por el desarrollo de fisiopatías, por una excesiva condensación generada sobre el fruto, y por una pérdida de firmeza (Mallor, 2007). Además, la Cebolla Fuentes de Ebro, presenta una actividad de agua ( $a_w$ ) mayor y un número de sólidos solubles menor que otro tipo de cebollas existentes en el mercado, lo que implica que presente un peor comportamiento durante la conservación. Por ello, es preciso mejorar o utilizar otros mecanismos de conservación más modernos combinando diversas técnicas. Prolongar la vida útil de la cebolla fuera de estación sería muy interesante, ya que existe un vacío en el mercado de cebollas durante los meses de invierno, tal y como se observa en la figura 8, siendo este, el principal objetivo que se pretende alcanzar con el desarrollo de este proyecto Fin de Máster.

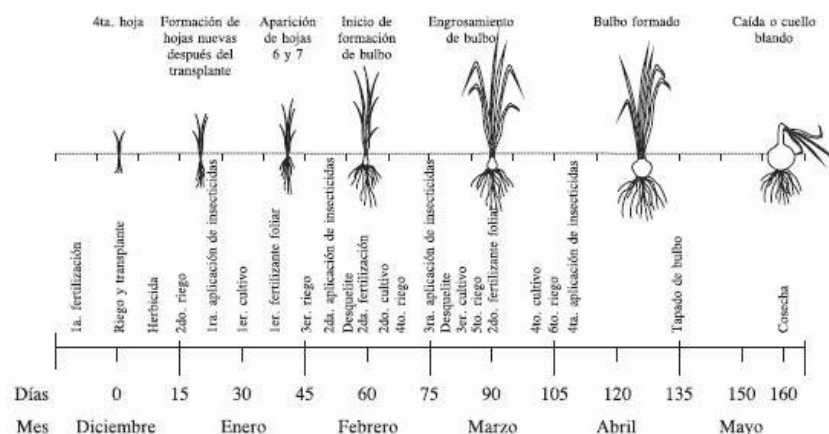


Figura 8: Ciclo medio del cultivo de la cebolla. Fuente: Maroto 2002.

### ❖ Métodos modernos de conservación

- Uso de cámaras frigoríficas y técnicas de descontaminación de la superficie del producto → La conservación a bajas temperaturas, se puede combinar de forma continuada, con diferentes tratamientos de descontaminación de la superficie del producto como radiación ultravioleta o ionización catalítica radiante.

1.- Radiación ultravioleta (UV)→ es una radiación débilmente ionizante (longitud de onda de 40 a 390 nm, siendo la longitud de onda más microbicida la de 254 nm). Cuando los microorganismos están sometidos a la luz UV, el ADN celular absorbe la energía y provoca uniones entre las moléculas de timina adyacentes, como muestra la figura 9 (Otto *et al.* 2011). De esta forma, el ARN mensajero no se puede unir, fallando la síntesis de proteínas y provocando la imposibilidad de reproducirse produciendo la muerte del microorganismo.

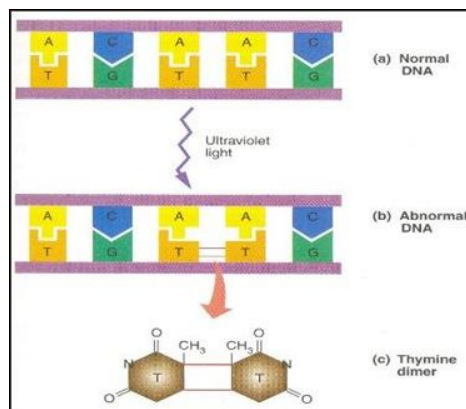


Figura 9: Esquema del modo de acción de la luz UV sobre el ADN. Fuente: Microbiology Online

La radiación UV se usa para descontaminar ambientes (quirófanos, industrias alimentarias) o superficies (mesa de trabajo, frutas,...) (Allende *et al.*, 2008). Entre las desventajas que presenta, es su escasa capacidad de penetración, por lo que solo eliminará la microflora de la superficie que sea expuesta directamente a los rayos UV. Por ello, si tenemos el producto a desinfectar con algún material (papel, plástico,...) que interponga el contacto directo con la fuente de rayos, el efecto bactericida no será el deseado. Otro problema potencial es que la luz UV daña los ojos por quemaduras o problemas en la piel. Además, es prooxidante y puede ocasionar cambios sustanciales en el color de los alimentos. En cuanto a los microorganismos, las bacterias Gram negativas son más sensibles a los tratamientos UV, que las Gram positivas (Otto *et al.*, 2011).

2.- Ionización catalítica radiante→ La fotocatalisis activa RCI™ es una tecnología de última generación desarrollada por la empresa estadounidense AktivTek Environmental, que se aplica a procesos de regeneración y tratamiento del aire. Se basa en el principio físico de la fotocatalisis heterogénea, por el que se generan iones oxidantes (radicales hidroxilo  $\text{OH}^\cdot$ , vapores de peróxido de hidrógeno  $\text{H}_2\text{O}_2$ , iones superóxidos  $\text{O}_2^\cdot$ , hidrógeno gas, hidroperóxidos  $\text{H}_2\text{O}_2^\cdot$  y bajos niveles de ozono  $\text{O}_3$ . Estos oxidantes naturales reaccionan con compuestos orgánicos volátiles, células bacterianas y virus, oxidándolos, dando lugar a la deshidratación y lisado de las células (Northward Group, 2011).

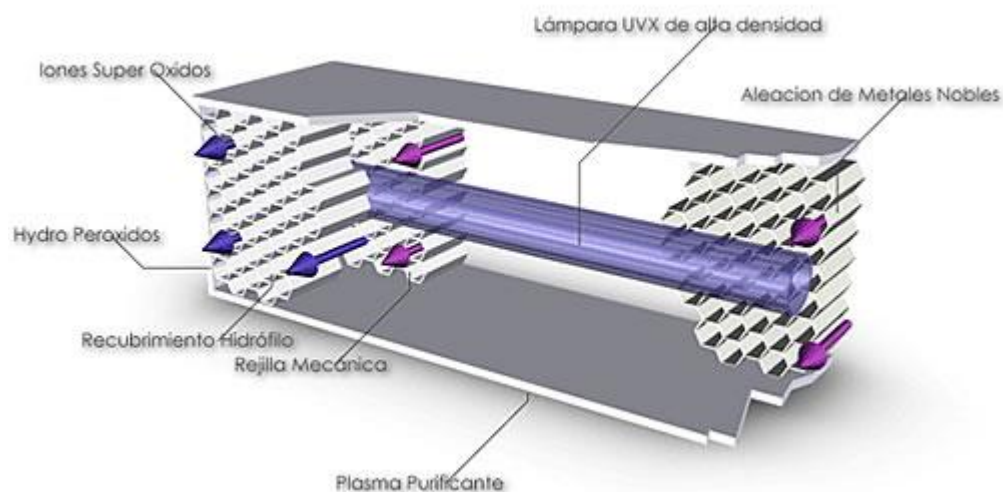


Figura 10: Esquema de funcionamiento del proceso de Ionización Catalítica Radiante.

Fuente: [AktivTek Environmental](#), 2010.

Cuando el reactor fotocatalítico y sus componentes absorben la radiación ultravioleta, se produce pares de electrones ( $e^-$ ) y huecos ( $h^+$ ). Estos últimos reaccionan con vapor de agua, generando hidroperóxidos,  $\text{H}_2\text{O}_2$  gaseoso, e iones hidróxilo. Por otro lado, los electrones reaccionan con el oxígeno, formando iones super óxidos. En cuanto al ozono, este se descompone dando lugar a compuestos hidroxilos.



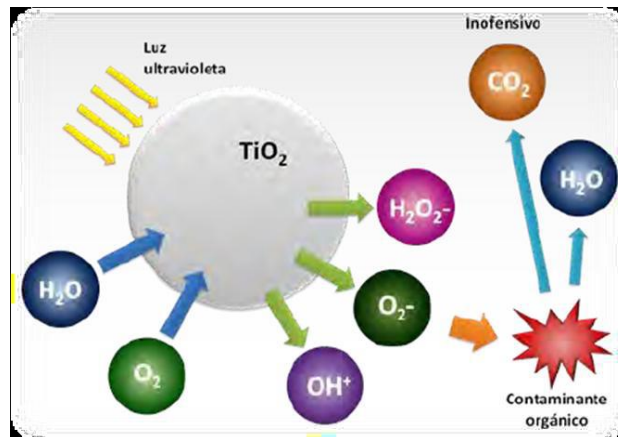


Figura 11: Proceso de fotocatalisis. Generación de oxidantes (Northward Group, 2011)

Estos oxidantes (hidroperóxidos,  $\text{H}_2\text{O}_2$  gaseoso, e iones hidróxilo; e iones super óxidos) rompen la pared celular y reaccionan con el hidrógeno presente en la célula bacteriana, obteniéndose: agua, dióxido de carbono y provocando un deshidratado y lisado de las células bacterianas (figura 12).

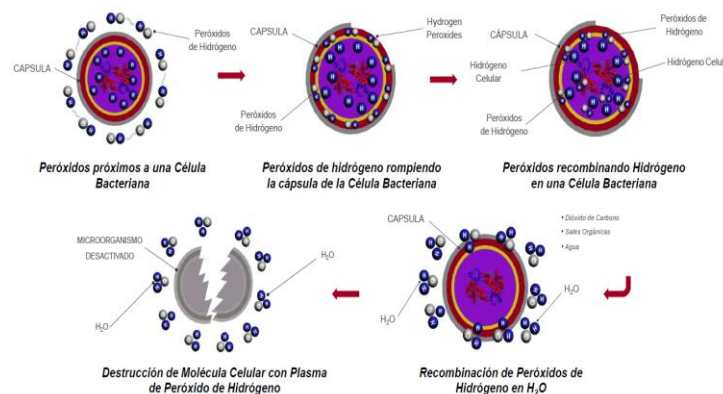


Figura 12: Mecanismo de acción de los compuestos oxidantes generada por ICR

Algunas ventajas de esta técnica de descontaminación son:

- 1) Es efectiva en la reducción de etileno lo que ayuda a disminuir sus niveles en las cámaras de conservación de frutas y hortalizas
- 2) No altera las propiedades organolépticas de los productos, no apreciándose alteraciones ni en color, ni en textura, ni en los sólidos solubles, ni en acidez, ni en pH, y tampoco genera el desarrollo de sabores extraños.

- 3) Reduce significativamente la concentración de microorganismos en las cámaras de conservación y maduración.

3.- 1-metilciclopropeno (1-MCP)→ es un inhibidor competitivo del etileno. Una vez que la molécula de 1-MCP se une al sitio activo del receptor de etileno, actúa como agente bloqueante impidiendo el acceso del etileno a dicho sitio. El centro activo del MCP ocupa los receptores del etileno permanentemente, de forma que el etileno no se puede unir ni producir su acción. En consecuencia, en los frutos climatéricos, los procesos de maduración característicos (ablandamiento, amarilleamiento, aumento de la tasa respiratoria, pérdida de acidez titulable, síntesis de volátiles) se ven retrasados o se inhiben con la aplicación de 1-MCP. La afinidad del 1-MCP por el receptor es 10 veces mayor que la que posee el propio etileno. El principal beneficio de este tratamiento en las cebollas podría ser la disminución de la pérdida de firmeza que sucede durante su conservación (Guillén *et al.*, 2006), al disminuir su metabolismo.

Sin embargo son múltiples los factores que influyen en el efecto del 1-MCP como la temperatura, duración del tratamiento, dosis, estado de maduración del fruto.

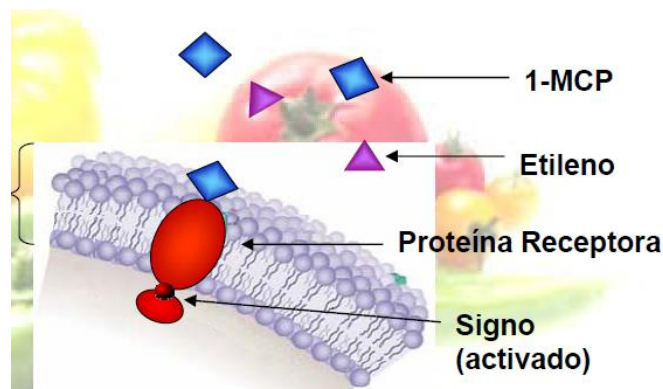


Figura13: Mecanismo de acción de la molécula de 1-MCP



## 2.- OBJETIVOS Y DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 2.1.- OBJETIVOS

En el presente proyecto se planteó como objetivo principal:

-Alargar la vida útil de las cebollas Fuentes de Ebro manteniendo los criterios de calidad establecidos en la Denominación de Origen Protegida y reducir su porcentaje de pérdidas, que puede alcanzar un 80%.

Este porcentaje de pérdidas está determinado principalmente por:

**I.- Podredumbre negra:** originada por el moho *Aspergillus niger* que genera un micelio fértil negro. Este factor es uno de los más frecuentes en el deterioro de esta cebolla.



Fotografía 1: Cebollas D.O. Fuentes de Ebro con signos de crecimiento fúngico (zonas de color negro) bajo la primera túnica

### II.- Desarrollo fisiológico o de órganos florales y/o radiculares

### III.- Pérdida de firmeza durante la conservación desencadenado por enzimas endógenas

Con el proceso productivo actual, las cebollas con DOP tienen una vida útil de aproximadamente 2 o 3 meses. Con el fin de minimizar los factores de deterioro anteriormente descritos y prolongar la vida útil del producto, manteniendo su calidad, se plantean las siguientes actuaciones:

1. Optimizar la temperatura tanto en la fase de enfriamiento, como en la de conservación.
2. Aplicar tecnologías de descontaminación de bajo impacto (ultravioletas e ionización catalítica radiante) para reducir la incidencia de podredumbres.
3. Controlar la maduración del producto mediante la aplicación de un inhibidor de la maduración: 1-Metilciclopropeno (1-MCP).

## 2.2.-DISEÑO EXPERIMENTAL

### - Optimización de las condiciones o pautas de enfriamiento y de conservación

La primera actuación fue la optimización del enfriamiento de la cebolla D.O. Fuentes de Ebro tras su recolección.

Para ello se comparó la eficacia de aplicar un pre-enfriamiento rápido (aplicando una corriente de aire frío en una cámara frigorífica sobre el producto, provocando una drástica disminución de la temperatura), frente al método de enfriado tradicional seguido por las empresas del sector en la que la disminución de la temperatura se realiza de forma progresiva y lenta.

Ambos sistemas de enfriamiento (rápido y tradicional), se compararon con otro tipo de enfriamiento rápido (por aire forzado), que se llevó a cabo en el interior de unos cajones de Groot de Slot



Fotografía 2: Sistema de enfriamiento rápido por aire forzado de Grot en Slot

### - Eficacia de 2 tratamientos físicos de descontaminación (UV y fotocátalisis)

Se determinó la eficacia de dos tratamientos físicos de descontaminación, usados de forma continua durante la conservación del producto, para reducir la incidencia de podredumbres negras.

### - Eficacia del 1- metilciclopropeno (1-MCP)

Se evaluó la eficacia del 1-metilciclopropeno (1-MCP), para retrasar la senescencia del producto. Se utilizó una dosis de 1000 ppb durante 24 h a 2 °C, tiempo tras el cual, la cámara fue abierta para su ventilación. Posteriormente, la mitad de las cebollas tratadas fueron



introducidas en la cámara equipada con el equipo de RCI, para determinar el efecto combinado del inhibidor de la maduración y de este tratamiento descontaminante. De forma paralela, en la central de Fuentes de Ebro se aplicó el tratamiento de 1-MCP con la misma dosis y la misma duración a la misma temperatura que se realizó en el laboratorio.

### 3.- MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1.- MATERIAL VEGETAL

Las cebollas DOP “Fuentes de Ebro”, todas procedentes de la misma parcela, se recolectaron el 28 de Agosto de 2012 en la localidad de Fuentes de Ebro (Zaragoza). Inicialmente, y de forma aleatoria, se dividieron en 9 lotes (ver figura XX) y a su vez, de cada lote se obtuvieron 6 sub-lotes, que se corresponden con los seis periodos de análisis (0, 15, 30, 60, 90 y 120 días), cada uno de ellos constituido por 30 cebollas contenidas en cajas de plástico perforado.

#### 3.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS LOTES ESTABLECIDOS

Los lotes fueron los siguientes:

1.-Control

2.-Aire Forzado

3.-Tratamiento con MCP

4.-Control

5.-Radiación UV

6.-Tratamiento con MCP

7.-Tratamiento de Fotocatálisis

8.-Tratamiento combinado (MCP+Fotocatálisis)

Central Hortofrutícola “La  
Corona” de Fuentes de Ebro

Laboratorio del Grupo de  
Investigación “Alimentos de  
Origen Vegetal” de la  
Universidad de Zaragoza

Figura 14: Denominación de los lotes y lugar de conservación (laboratorio o central hortofrutícola)

Los tres primeros lotes (nº 1, 2 y 3), se mantuvieron en cajones de 1 m<sup>3</sup> dentro de la cámara frigorífica de la Central Hortofrutícola “La Corona” de Fuentes de Ebro a 2°C y a una humedad relativa del 75-80% y los seis restantes, almacenados en cajas de plástico a 2°C y a una HR del 75-80%, dentro de las cámaras del Laboratorio del Grupo de Investigación en Alimentos de Origen Vegetal sito en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza.

Utilizando esos datos y tras consultar trabajos realizados por Sumner en 1995 y

Tanaka *et al.* en 1985, en el que de 3 a 6 horas con HR < 76% y temperaturas por debajo de los 17°C, inhiben el crecimiento del moho, a continuación se describen las condiciones de conservación y los tratamientos aplicados a los diferentes lotes:

Lote nº1-**Control Fuentes**→ proceso de enfriamiento usado normalmente en la central.

Lote nº 2-**Aire Forzado**→ constituido por bulbos colocados en cajones de madera de Groot en Slot (empresa holandesa) que disponen de un sistema de autoventilación forzada de forma paralela al suelo.

Lote nº 3-**MCP**→ cebollas enfriadas rápidamente después de 24 horas en cámara aplicando la hormona gaseosa inhibidora de la maduración.

Lote nº 4- **Control Laboratorio**→ enfriamiento rápido después de 24 horas en cámara de laboratorio.

Lote nº 5-**Radiación Ultravioleta**→ cebollas enfriadas rápidamente sometidas a luz ultravioleta (254 nm) durante su conservación.

Lote nº6-**Fotocatálisis o ionización catalítica radiante**→ cebollas enfriadas rápidamente y conservadas bajo RCI.

Lote nº 7 -**MCP + fotocátalisis**→ combinación de ambos tratamientos.

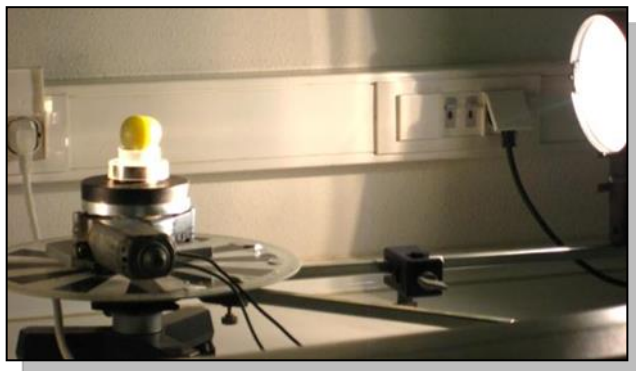
### 3.3.-PARÁMETROS ANALIZADOS

Todos los lotes fueron conservados durante 4 meses. Los análisis para determinar la calidad se realizaron antes de la entrada en cámara (día 0) y tras 15 días, 1, 2, 3 y 4 meses de conservación a 2 °C y una HR del 75-80%. A continuación se detallan los parámetros de calidad analizados y la metodología empleada. Los análisis físico-químicos se realizaron sobre 10 muestras de cada lote mientras que para el análisis microbiológico se utilizaron 3 muestras.

#### 3.3.1.-ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Los parámetros de calidad analizados en las cebollas y la metodología empleada son los siguientes:

**3.3.1.1.-Color:** La medida instrumental del color se realizó con un espectrorradiómetro IS CAS 140 (Instrument Systems; München, Alemania), con una sonda telescópica TOP 100 de medida a distancia y analizada mediante el software ISCOLOR (Instrument Systems Optische Messtechnik GmbH; München, Alemania. Versión 2.53, 1996). La iluminación fue suministrada por una lámpara (12V-100W) de tipo 6834 de Royal Philips Electronics (Amsterdam, Holanda).



Fotografía 3: Medida del color mediante espectrorradiómetro IS CAS 140.

La determinación se realizó durante 3 segundos, mientras la cebolla rotaba sobre sí misma 360°. Las medidas de reflexión se realizaron cada 1 nm en el espectro visible y en el infrarrojo, con un intervalo de medida de 360 nm a 900 nm. A partir de estas medidas se obtienen las coordenadas CIELAB,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , que forman parte de los parámetros CIE (Comisión Internationale de l'Éclairage). En este espacio de color,  $L^*$  indica luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas de cromaticidad, que indican direcciones de colores:

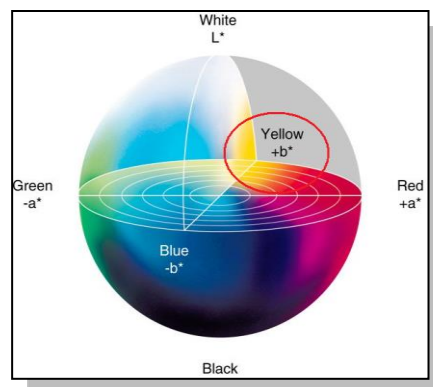


Figura 15: Espacio Espacio CIE  $L^*a^*b^*$

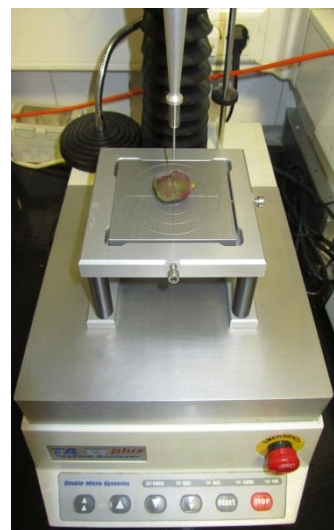
$+a^*$  es la dirección del rojo,  $-a^*$  es la dirección del verde,  $+b^*$  es la dirección del amarillo y  $-b^*$  es la dirección del azul (figura 15).

Para estudiar la evaluación del color se han seleccionado los parámetros de espacio L y b. El parámetro L nos informa de la posible pérdida del color blanco y b nos permite detectar las tonalidades amarillas.

**3.3.1.2.-Calibre:** Se determinó con un calibre digital (JP Selecta S.A. Barcelona, España) el diámetro mayor de cada bulbo.

**3.3.1.3.-Firmeza y crocantez:** La firmeza se determinó mediante penetrometría manual e instrumentalmente. Para la primera se utilizó un penetrómetro manual con puntal de 8 mm. La determinación se realizó en la zona ecuatorial del fruto.

La firmeza instrumental, se evaluó mediante un ensayo destructivo de penetración o Magness-Taylor, el cual se define como la fuerza necesaria para introducir en la zona ecuatorial del fruto un vástago cilíndrico de 7 mm de diámetro hasta una profundidad de 4 mm a una velocidad de 0,83 mm/s. Las medidas instrumentales de textura se llevaron a cabo en un texturómetro TA-XT PLUS (Stable Micro Systems, Goaldming, Inglaterra) dotado con una célula de carga de 30 Kg,



Fotografía 4: Texturómetro TA-XT PLUS

Las mediciones se realizaron en dos zonas opuestas de la zona ecuatorial del bulbo, obteniendo así dos valores para cada una de las cebollas estudiadas.

Con este mismo instrumento, se determinó la crocantez (un parámetro de textura de la cebolla) mediante el uso de la sonda de corte. Utilizando el software asociado al texturómetro, la sonda de penetración y la matriz adecuada, se ha obtenido la figura 16, donde se muestra cual es el esfuerzo máximo de corte realizado por el aparato para cortar la primera capa de la cebolla, que se corresponde con el valor máximo sobre el eje Y, expresado por unidad de superficie (Kg/cm<sup>2</sup>). Además de mostrar la distancia que ha tenido que realizar la sonda.



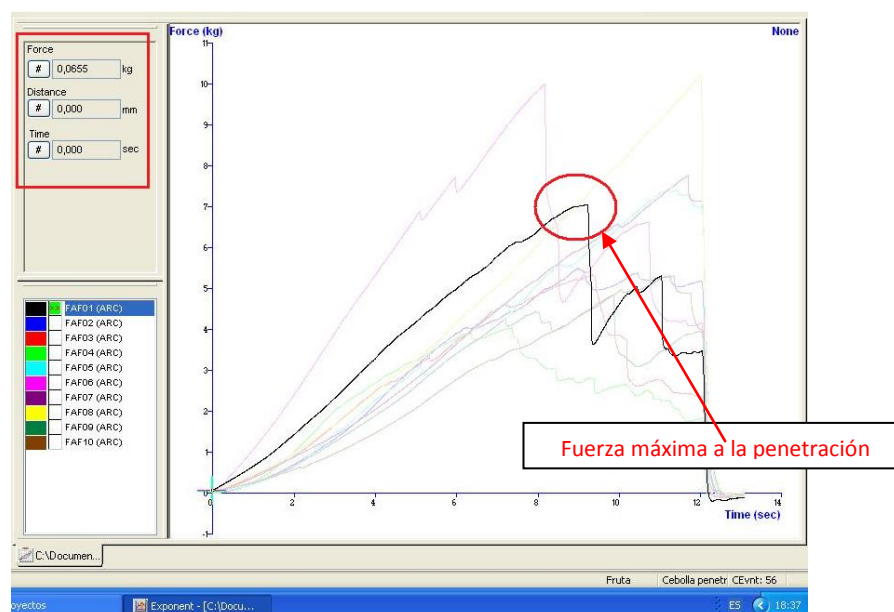


Figura 16: Representación gráfica de la fuerza aplicada y el cálculo de la distancia recorrida por la sonda.

### 3.3.1.4.-Sólidos solubles totales

Para la determinación del contenido en sólidos solubles se siguió la técnica descrita en los Métodos Oficiales de Análisis de Zumos de Frutas (AOAC 1984). La medida se realizó por triplicado sobre los zumos obtenidos a partir de 5 cebollas, analizándose en un refractómetro digital ATAGO DBX 55A, con corrector automático de temperatura (fotografía 5), por lo que los resultados se expresaron en °Brix a 20 °C. El contenido en sólidos solubles está relacionado con la aptitud para la conservación y el dulzor de las cebollas. A mayor contenido en sólidos solubles, mayor porcentaje en materia seca y por tanto mejor aptitud para la conservación. Por otro lado, los valores de sólidos solubles son considerados una buena aproximación al contenido de azúcares, aunque hay que considerar que el sistema refractométrico suma a su lectura otros componentes celulares hidrosolubles como por ejemplo, aminoácidos, proteínas, vitaminas, ácidos orgánicos, etc. Además, los compuestos organosulfurados dominan la percepción organoléptica de la cebolla cuando ésta es fuerte, de modo que el sabor dulce proporcionado por los azúcares sólo se percibe cuando la cebolla tiene los valores de pungencia bajos.

Fotografía 5: Refractómetro ATAGO DBX 55<sup>a</sup>





### 3.3.1.5.-Acidez titulable y pH

El contenido total en ácidos orgánicos se determinó por valoración con una solución de hidróxido sódico por el método potenciométrico (AOAC 1990). El análisis se realizó por triplicado para cada una de las frutas por el siguiente procedimiento: 10 mL de zumo obtenido para la determinación de los sólidos solubles se diluyó hasta aproximadamente 100 mL con agua destilada, y se valoraron con hidróxido sódico 0,1 N hasta alcanzar pH=8,1. Se utilizó el titulador automático Crison Compact Titrator el que también nos proporcionó los valores de pH (fotografía 6) para la determinación de la acidez. La acidez total se expresó en gramos de ácido glutámico por 100 mL de zumo, por ser éste el ácido mayoritario de las cebollas (Rodriguez *et al.*, 2008) .



Fotografía 6: Titulador automático Crison Compact Titrator para la determinación de la acidez.

### 3.3.2.-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Las poblaciones microbianas se evaluaron en las dos capas o túnicas más externas que soportan gran parte de la contaminación microbiana de la cebolla, ya que son las que contactan con la tierra, con el medio ambiente o con las cajas que las contienen. Es previsible que las capas interiores estén exentas de microorganismos.

Se tomaron 25 gramos de las túnicas o catáfilas externas de la cebolla que se introdujeron en una bolsa de Stomacher junto con el diluyente estéril [agua de peptona al 0,1%(Merck,Darmstadt, Alemania)] en una cantidad tal que permitiera la dilución 1/10 de la muestra. Las siguientes diluciones decimales se realizaron también en agua de peptona tamponada. Las condiciones de homogeneización de la muestra fueron de 230 rpm / 2 min en un Stomacher Lab-blender 400.

La tabla 1 muestra la normativa ISO, método de siembra utilizado, medio de cultivo y condiciones de incubación, para cada uno de los microorganismos.

Grupo Microbiano	Normativa ISO	Método de Siembra	Medio de Cultivo	Condiciones de incubación
Microorganismos aerobios mesófilos totales	ISO 4833:2003	Masa 1 mL	Agar PCA (Recuento en Placa) (Merck)	30 °C/72 h Aerobiosis
Microorganismos aerobios psicrótrofos totales	ISO 17410:2001	Masa 1 mL	Agar PCA (Recuento en Placa) (Merck)	20 °C/72 h Aerobiosis
G° <i>Pseudomonas</i>	ISO 13720:2010	Superficie 0,1 mL	Agar CFC (Cetrimida, Fucidina y Cefaloridina) (Oxoid)	25 °C/44 h Aerobiosis
Fª <i>Enterobacteriaceae</i>	ISO 21528-2:2004	Masa 1 mL	Agar VRBG (Glucosa, Cristal Violeta, Bilis y Rojo Neutro) (Merck) + doble capa del mismo medio	37 °C/24 h Aerobiosis
Micobiota	ISO 21527:2008	Superficie 0,1 mL	Agar DRBC (Dicloran Rosa Bengala y Cloranfenicol) (Merck) suplementado con gentamicina al 0,1%	25°C/72 h Aerobiosis

Tabla 1: Condiciones del análisis microbiológico llevado a cabo en las cebollas

### 3.3.3.-ALTERACIONES Y APARIENCIA GENERAL

Se evaluó la presencia de alteraciones (brotación y podredumbres) recogiendo el porcentaje de bulbos afectados y la apariencia general de las cebollas de cada tratamiento.

### 3.3.4.- ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial se realizó por tres personas obteniéndose los resultados bajo consenso. Se cogieron al azar 3 cebollas por tratamiento y punto de control, numerándose con un código numérico. Se determinaron parámetros como el aspecto general, el color exterior e interior, la jugosidad, crocantez, picor, retrogusto, olores desagradables,...

En la figura 17, se muestra la hoja de cata utilizada en el análisis sensorial.

Figura 17: Hoja de cata utilizada para realizar el análisis sensorial

**ANÁLISIS SENSORIAL CEBOLLA DE FUENTES**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Código muestra: \_\_\_\_\_

**Introducción:**  
La cata se realizará con cebollas cortadas a cuartos, (provisas de todas sus capas). El material que utilizará será el siguiente: cuchillo, servilleta, agua, manzana, colines y 1 plato. Marque y rellene lo que proceda.

**EVALUACIÓN VISUAL**

1.-Aspecto EXTERNO de la cebolla

1 9

MALO BUENO

2.-Forma del bulbo (según IPCRI, 2001):

- Plana esférica
- Globosa
- Alargada
- Esférica

3.- Consistencia

1 9

POCA MUCHA

4.- Color

- Exterior:
- Corazón:

5.- Comentarios: (daños, adhesión de láminas, sequedad en cuello)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en este trabajo: el calibre y peso medio de las cebollas y la evolución de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales durante el periodo de almacenamiento de los diferentes lotes de cebollas.

### 4.1.-CARACTERIZACIÓN INICIAL

En la tabla 2 se detallan los datos obtenidos en la caracterización físico-química inicial de las cebollas D.O. Fuentes de Ebro utilizadas en este estudio

Parámetro	Media $\pm$ DS
Calibre ecuatorial (mm)	76,9 $\pm$ 4,7
Peso (g)	190 $\pm$ 46,15
Firmeza (kg)	4,4 $\pm$ 0,9
Sólidos solubles totales (°Brix)	6,3 $\pm$ 0,4
Acidez (%)	0,21 $\pm$ 0,02
Color (L* y b*)	90,2 $\pm$ 5,3 y 22,3 $\pm$ 3,6
pH	5,42 $\pm$ 0,12

Tabla 2. Valores de la caracterización físico-química inicial de las cebollas DOP Fuentes de Ebro

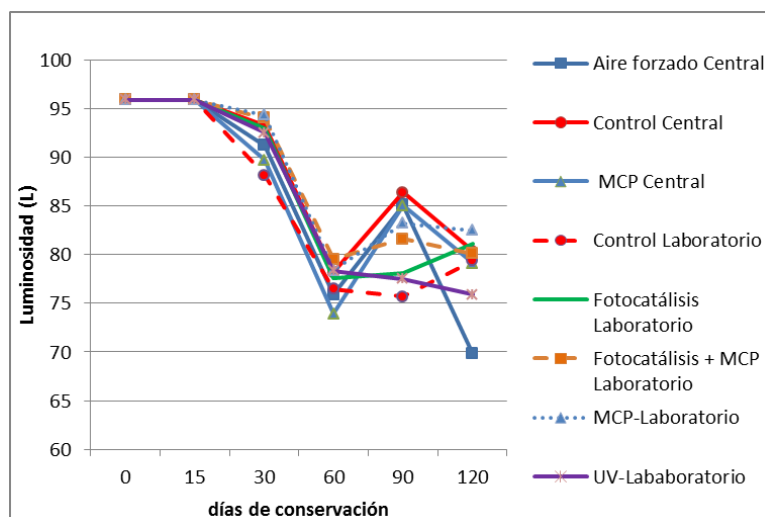
Una vez revisados los criterios de calidad de la D.O.P. Cebolla Fuentes de Ebro se concluye que los valores de los parámetros físico-químicos están dentro del rango impuesto por la DO Fuentes de Ebro.

### 4.2.-COLOR

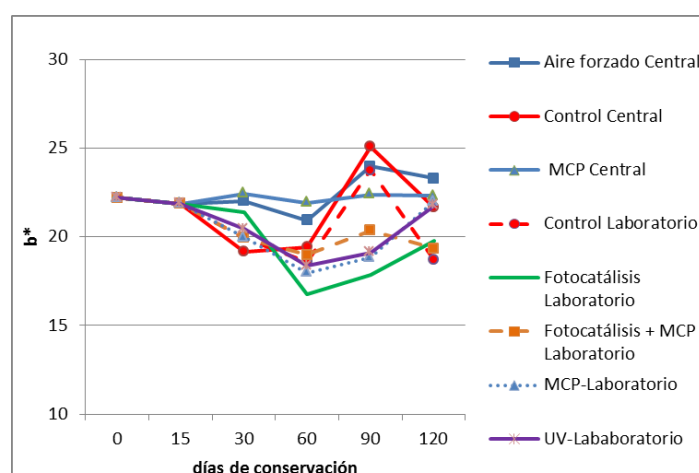
En la gráfica 1 se representa la evolución del parámetro L (luminosidad) a lo largo del tiempo de conservación y en la gráfica 2 se detalla la evolución del parámetro b\*.

El parámetro L disminuye durante los 30 primeros días de conservación desde un valor inicial en torno a 95 a un valor de 80, esto puede ser debido a que conforme la cebolla va envejeciendo, las capas van perdiendo el valor blanco inicial, se resecan y se vuelven más duras, siendo la luminosidad menor.

Los valores de b\* se mantienen constantes, en torno a 20, a lo largo de la conservación, no detectándose diferencias entre lotes. Estos valores son positivos y por tanto equivalen a un color amarillento característico de estas cebollas.



Gráfica 1: Luminosidad de los distintos lotes de cebollas DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

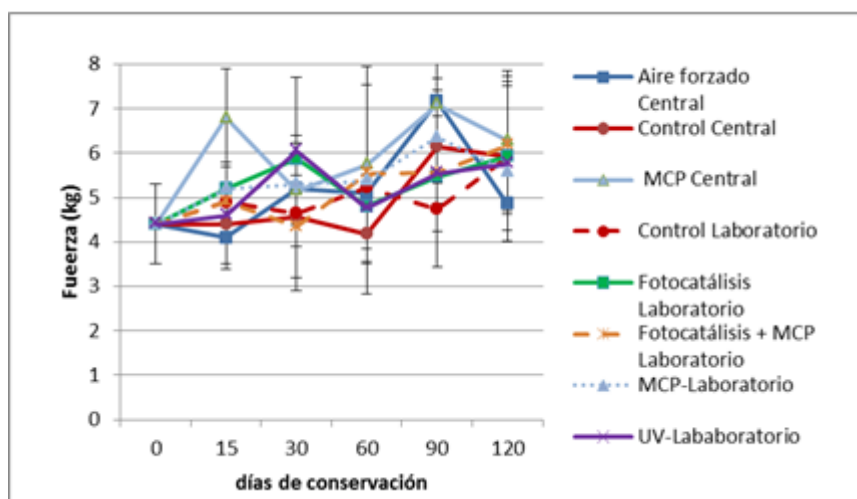


Gráfica 2: Valores de b\* de los distintos lotes de cebollas DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

### 4.3.-FIRMEZA

#### 4.3.1.- Firmeza medida con el penetrómetro manual

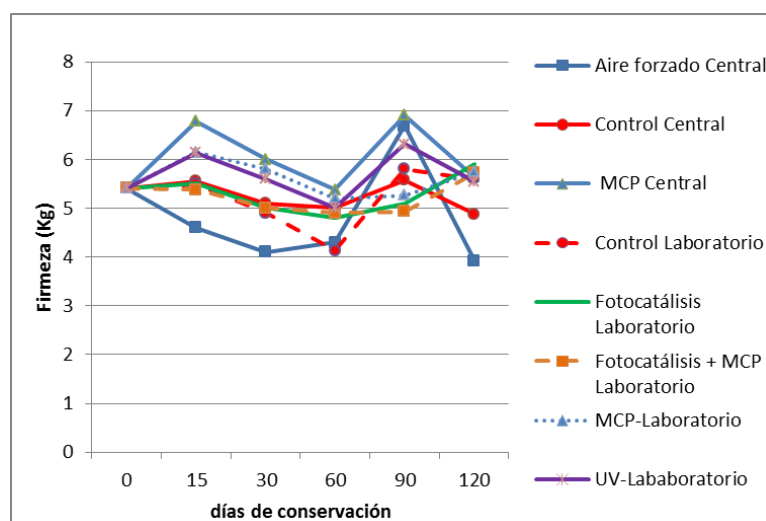
En la gráfica 3 se detalla la firmeza de las cebollas de Fuentes. Los resultados oscilan entre 4,1 kg y 7,2 kg, con un valor medio de 5,4 kg. Estos valores son bajos lo que refleja que estas cebollas son tiernas y succulentas; concordando con los obtenidos por Mallor (2008 a). La tendencia del parámetro de firmeza manual es la de permanecer constante a lo largo del tiempo.



Gráfica 3: Firmeza de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

#### 4.3.2.- Firmeza determinada por el texturómetro

La gráfica 4 muestra la fuerza necesaria, expresada en Kilogramos, y la distancia recorrida por la sonda, en mm, para romper las primeras catáfilas de las cebollas.

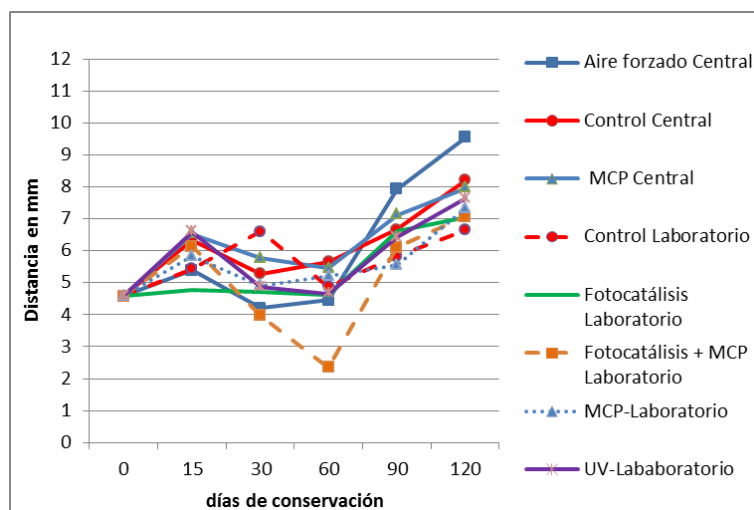


Gráfica 4 :Firmeza de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

En la gráfica 4, se observa que la fuerza que hay que realizar para romper las tunicas más externas va disminuyendo conforme avanza la conservación, hasta los 60 días. A partir de ahí, la fuerza que hay que realizar para romper las primeras capas, aumenta considerablemente. Esto no quiere decir que la firmeza de la cebolla de Fuentes aumente, sino que las peptidasas degradan en exceso la peptina de las paredes celulares, ablandándolas y

cuesta mucho más penetrar la sonda en la cebolla, ya que se observa un efecto esponja. En el último punto, la fuerza disminuye, debido a que las capas más externas están muy dañadas.

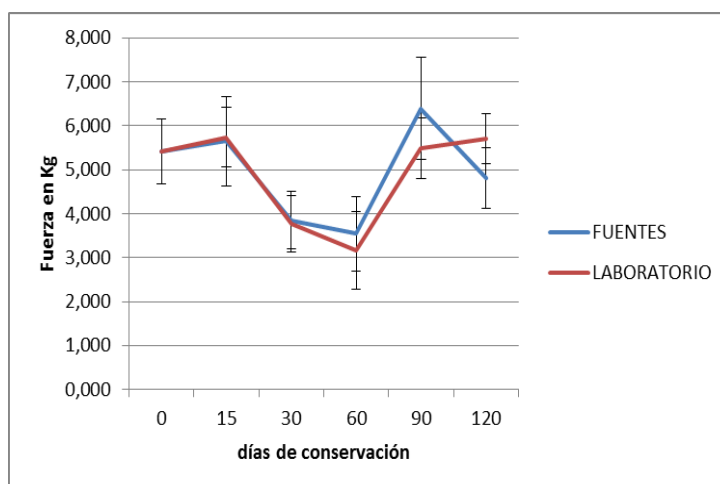
La gráfica 5 muestra la distancia que ha tenido que recorrer la sonda para romper la primera capa de la cebolla.



Gráfica 5 : Distancia recorrida por la sonda de firmeza en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

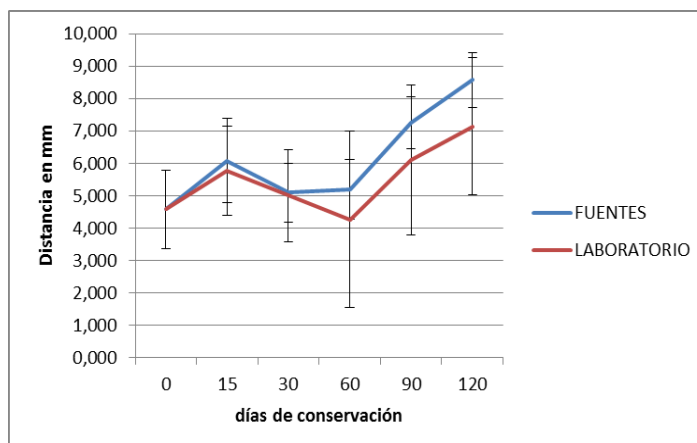
Conforme transcurre el tiempo de conservación, la distancia que ha tenido que recorrer la sonda ha sido mayor, debido al ablandamiento de las capas más externas.

En la gráfica 6 se observa la fuerza máxima media en función del lugar de conservación (Fuentes de Ebro ó Laboratorio) a lo largo del tiempo.



Gráfica 6: Firmeza comparando Central de Fuentes frente al laboratorio de cebolla DO Fuentes durante su conservación a 2°C.

La fuerza en ambos casos es muy similar hasta el día 60. A los 90 días en los lotes conservados en la central la fuerza aumenta considerablemente para disminuir luego drásticamente a los 120 días debido a la senescencia de los bulbos.

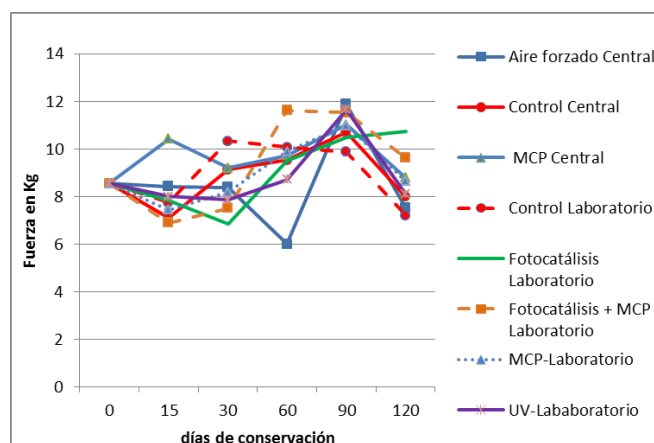


Gráfica 7: Distancia comparando Central de Fuentes frente al laboratorio de cebolla DO Fuentes durante su conservación a 2°C.

En la gráfica 7, se observa que la distancia que ha recorrido la sonda para poder romper las capas más externas en los lotes de la Central ha aumentado considerablemente en los dos últimos meses, debido a que en estos lotes, la calidad de las cebollas era inferior a las que estaban guardadas en la cámara del laboratorio.

#### 4.3.3.-Ensayo de corte

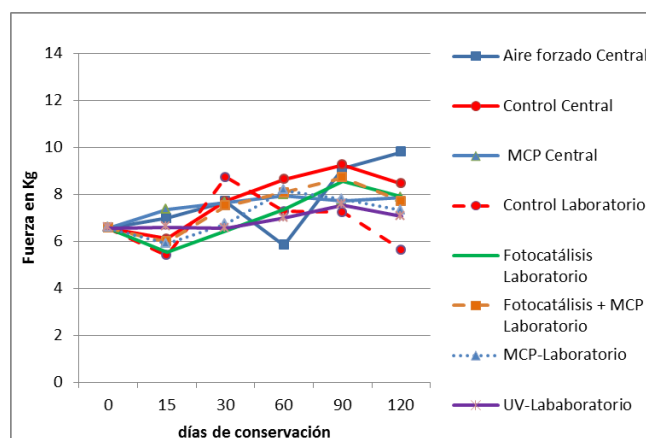
En la gráfica 8, se muestra la fuerza máxima que hay que realizar para poder cortar la túnica más exterior de la cebolla con la sonda especial para el corte.



Gráfica 8: Crocantez de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

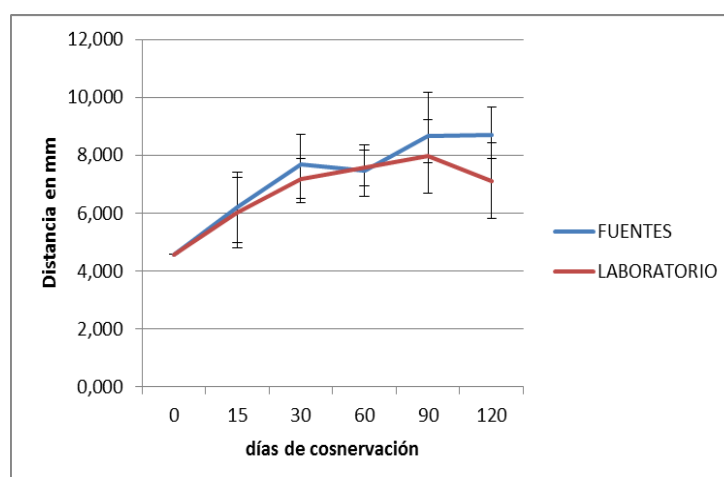
El comportamiento del parámetro de corte, es muy similar al de la firmeza, ya que aumenta conforme pasa el tiempo debido al ablandamiento de las capas. En el último punto de evaluación (120 días), el estado de las túnicas era tan desfavorable, que la fuerza que hubo que realizar disminuyó considerablemente, en torno a 2,5 Kg.

La gráfica 9 representa la distancia que ha recorrido la sonda desde su posición inicial hasta el punto correspondiente con la fuerza máxima, para los diferentes tratamientos.



Gráfica 9 : Distancia recorrida por la sonda de corte en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

La gráfica 9 informa que conforme transcurre el tiempo de conservación, la distancia que tiene que recorrer la sonda aumenta; no debido a un aumento de crocantez, sino debido a que las túnicas se han degradado.



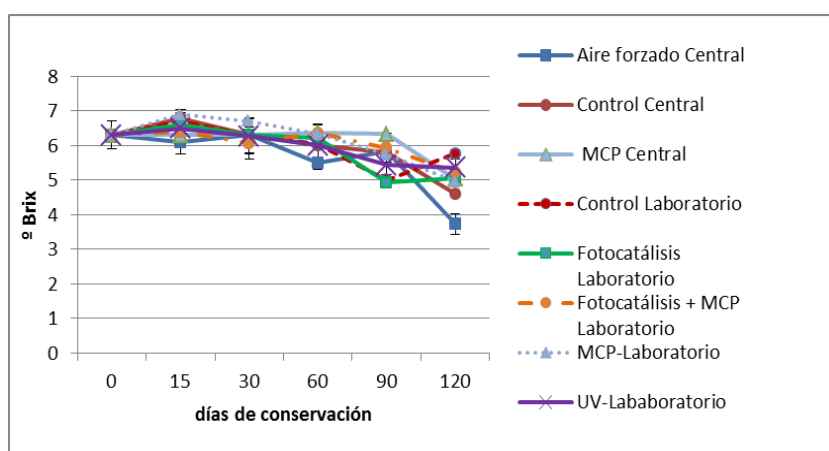
Gráfica 10: Distancia recorrida por la sonda de corte comparando la media de los lotes conservados en la Central de Fuentes frente al Laboratorio en cebollas DO Fuentes durante su conservación a 2°C.



En la gráfica 10 se observa que la distancia recorrida por la sonda es mayor en las cebollas del lote de la Central Hortofrutícola de Fuentes, ya que estas, están más degradadas.

#### 4.4.-SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.

El contenido en sólidos solubles está relacionado con la aptitud para la conservación, ya que a mayor contenido en sólidos solubles, mayor porcentaje en materia seca y por tanto los bulbos se conservan mejor. Como hemos señalado antes este contenido se determina mediante un refractómetro y los resultados se expresan en ° Brix. En la gráfica 11 se detallan los resultados para este parámetro.



Gráfica 11: Sólidos solubles totales de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

Los resultados muestran que este parámetro tiene una escasa variabilidad ya que los datos oscilan entre 5,9 y 6,6 ° Brix hasta los 90 días, con una desviación estándar de 0,4 ° Brix. En el último punto de análisis (120 días) la variabilidad aumenta y las cebollas conservadas en central muestran un descenso de 1,5° Brix. Esto puede ser debido a que en este punto las cebollas, sobre todo las de Fuentes de Ebro, han perdido la calidad, debido a podredumbres, pérdidas de firmeza y las brotaciones anticipadas de brotes y raíces.

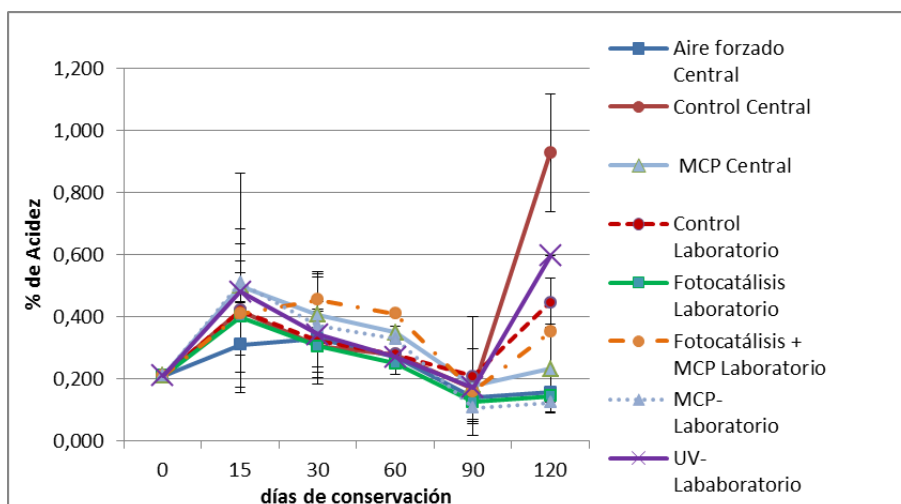
Los valores obtenidos indican que se trata de una cebolla típica para el mercado en fresco, de escasa aptitud para la conservación, poco recomendada para el deshidratado, ya que para ello, se requiere un contenido en sólidos solubles de entre 15 y 25 ° Brix. Si comparamos nuestros datos con los obtenidos por otros autores, en cebollas para el mercado en fresco, podemos observar que son bastante similares. Zambrano *et al.* (1994) y Rodríguez *et al.* (1998), estudiaron diversos cultivares y obtuvieron valores de sólidos solubles entre 5,4 y 5,8 °

Brix. Asimismo, Lai *et al.* (1994) evaluaron los sólidos solubles de varios cultivares de cebolla a diferentes épocas de cosecha, encontrando valores comprendidos entre 5,6 y 10,2 ° Brix; siendo los valores más altos los que mejor conservación post-cosecha presentan.

La firmeza y los sólidos solubles son los dos parámetros más importantes a la hora de caracterizar una cebolla y poder predecir su potencial de conservación. En nuestro caso los datos concuerdan con los característicos de la cebolla D.O. Fuentes pero también nos informan de su baja aptitud para una conservación a largo plazo.

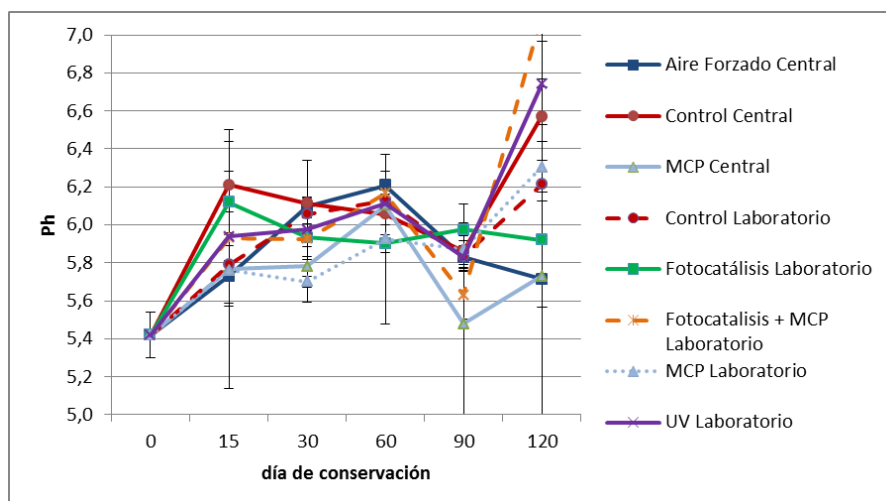
#### 4.5.-ACIDEZ TITULABLE Y PH

En la gráfica 12 se representa la acidez de las cebollas de los diferentes lotes, a lo largo del tiempo de conservación



Gráfica 12: Acidez total valorable de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

En la gráfica 13 se muestra el pH de las cebollas de los diferentes lotes, a lo largo de la conservación



Gráfica 13: pH de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

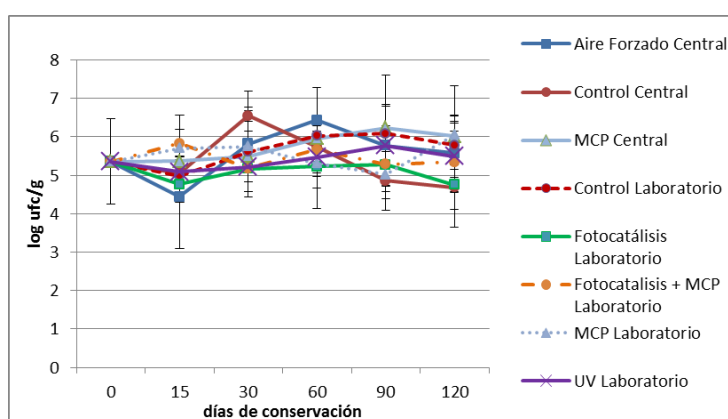
El pH inicial fue de 5,4 y únicamente se produce un aumento en el último mes de conservación, donde todos los lotes obtienen valores superiores a 5,7 alcanzando en algunos casos valores en torno a 6, lo que supone un incremento de media unidad respecto al valor inicial. Esta subida de pH debería relacionarse con una bajada de la acidez, como ocurre en la mayoría de los productos hortofrutícolas. Sin embargo, en las cebollas se detecta que los valores de acidez aumentan (gráfica 12), multiplicándose por dos respecto al valor inicial (0,21%), en la mayoría de los lotes en los primeros 15 días. Estos resultados coinciden con Currah y Proctor (1990), quienes encontraron que a mayor tiempo de almacenamiento aumenta el porcentaje de acidez debido a la síntesis en los bulbos de ácidos orgánicos, entre los cuales se encuentran el ácido glutámico, pirúvico, málico y cítrico; siendo el primero el que se encuentra en mayor proporción, seguido del cítrico y después del málico. (Rodríguez *et al.*, 2008).

#### 4.6.- RECUEENTOS MICROBIOLÓGICOS

En este capítulo se recogen los recuentos microbiológicos realizados en las cebollas D.O. Fuentes durante su conservación. Los grupos microbianos analizados fueron: microorganismos aerobios mesófilos totales, psicrótrofos, enterobacterias, pseudomonas, mohos y levaduras.

#### 4.6.1.- Microorganismos aerobios mesófilos totales

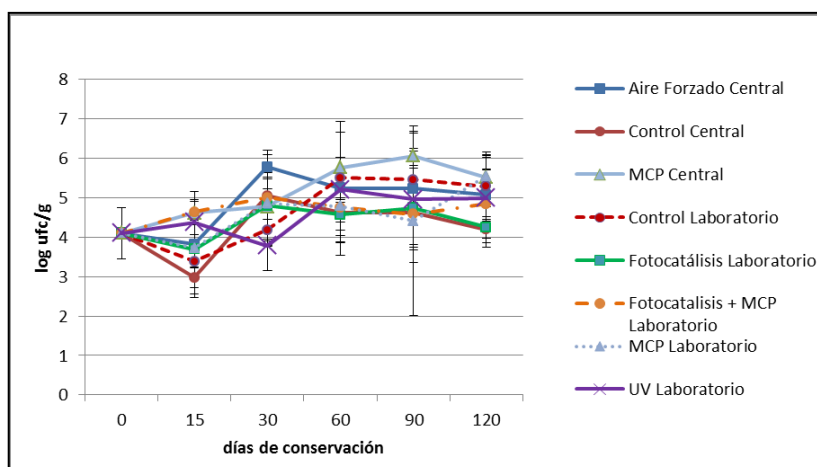
En la gráfica 14, se muestra la evolución de los microorganismos aerobios mesófilos totales de los distintos lotes. Los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos totales se mantienen, en los primeros 15 días de conservación, por debajo de las 6 unidades logarítmicas/g. No se observa un aumento notable de estos recuentos durante la conservación y no se detectan diferencias significativas entre los distintos lotes. Estos recuentos totales, en el que están incluidos casi todos los grupos microbianos, son elevados dado que es un producto, que se desarrolla en contacto con el suelo y que no está sometido a ningún tipo de estrategia para disminuir las poblaciones microbianas.



Gráfica 14: Evolución de los microorganismos aerobios mesófilos totales en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

#### 4.6.2.-Psicrótrofos totales

En la gráfica 15, se muestra la evolución de los microorganismos aerobios mesófilos totales en función de los distintos lotes



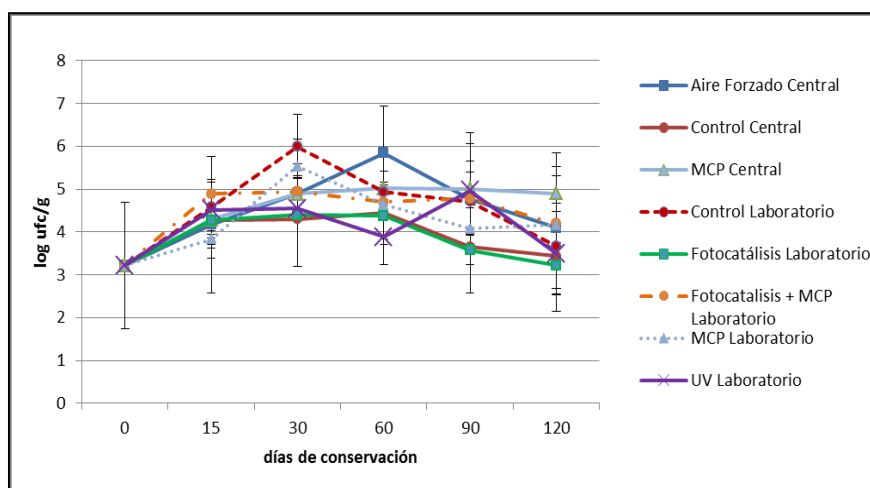
Gráfica 15: Evolución de los microorganismos psicrótrofos totales en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

Los microorganismos psicrótrofos totales engloban a todos aquellos microorganismos capaces de multiplicarse en refrigeración y por tanto es importante su evolución durante la conservación de este producto. En este caso los recuentos son menores a los aerobios mesófilos totales (AMT), teniendo un valor inicial de 4,1 unidades logarítmicas/g. Se observa un aumento en torno a una unidad logarítmica en la mayoría de los lotes conforme avanza el tiempo de conservación.

En estudios realizados por Blanchard *et al.* (1996) se detectaron niveles de microorganismos psicrótrofos totales de 4 unidades logarítmicas/g en cebollas mínimamente procesadas, valores muy similares a los obtenidos en esta investigación.

#### 4.6.3.-G° *Pseudomonas*

En la gráfica 16 se representa la evolución de las pseudomonas a lo largo del tiempo en los diferentes lotes de cebollas



Gráfica 16: Evolución del G° *Pseudomonas* en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

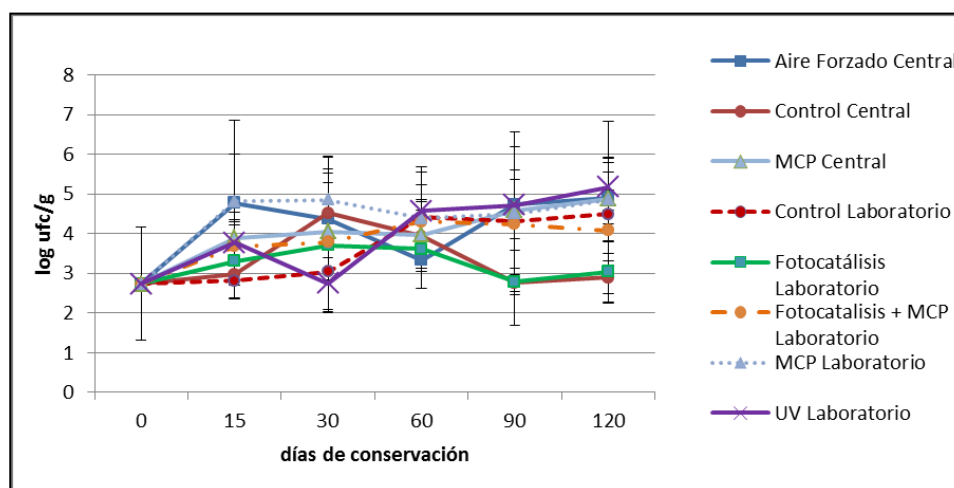
Los recuentos iniciales de pseudomonas fueron de 3 ufc/g y aumentan en 1-2 u.log durante los primeros 30 días de conservación, manteniéndose constantes en el intervalo de tiempo (30-60 días) para posteriormente, disminuir ligeramente. No se detectaron diferencias significativas entre distintos lotes.

Las pseudomonas son uno de los microorganismos predominantes en las cebollas que son capaces de multiplicarse en condiciones de refrigeración y pueden alterar el producto, cuando sus recuentos superan las 8 unidades logarítmicas/g. En este caso, en todos los lotes y

a lo largo de todos los puntos de control, no se han alcanzado estos valores. Los valores iniciales fueron de 3 ufc/g (punto de menor recuento) y 5 ufc/g en el punto de mayor recuento (30-60 días).

#### 4.6.4.-Familia *Enterobacteriaceae*

En la gráfica 17 se representa la evolución de las enterobacterias a lo largo del tiempo en los diferentes lotes



Gráfica 17: Evolución de la Fª *Enterobacteriaceae* en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

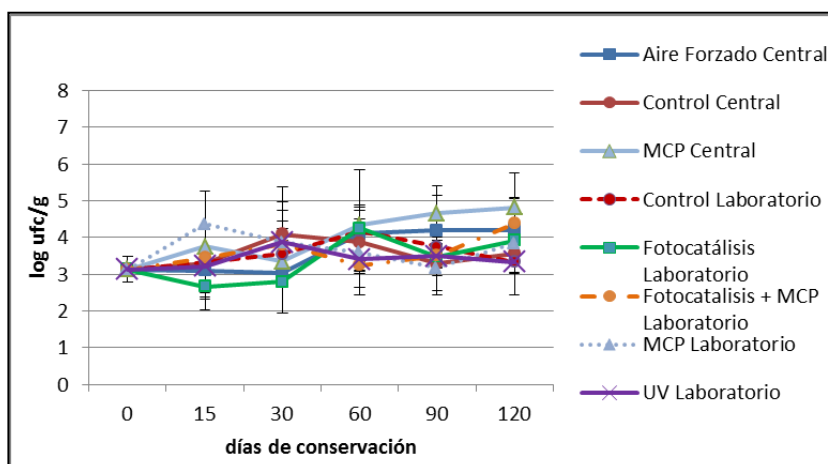
Los valores iniciales de enterobacterias fueron de 2,8 log ufc/g. Conforme avanza el tiempo de conservación se observa un aumento de este grupo microbiano alcanzando en algunos lotes recuentos de hasta 5 u.log y manteniéndose en torno a los valores iniciales en otros.

#### 4.6.5.-Mohos

En la gráfica 18 se representa la evolución de los mohos a lo largo del tiempo en los diferentes lotes. Los mohos, los cuales se asocian normalmente con el deterioro biótico de este producto, obtienen unos recuentos iniciales de 3,2 unidades logarítmicas/g iniciales, que se mantienen constantes o aumentan ligeramente, hasta las 4 unidades logarítmicas/g, al final de la conservación.

Las primeras túnicas y la base de la cebolla, suelen mostrar alteración fúngica conforme avanza la conservación del producto, como se puede observar en la gráfica 18, lo que limita su vida útil. Destacar que la contaminación fúngica del tratamiento de UV y el de

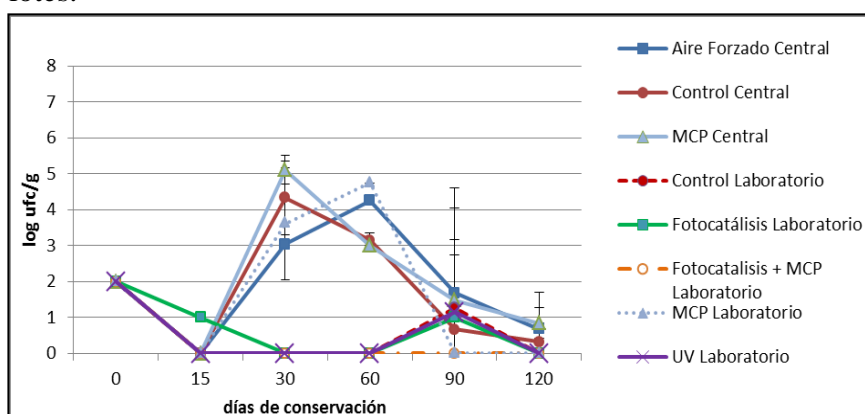
fotocatálisis es inferior aunque sin diferencias significativas con los otros lotes.



Gráfica 18: Evolución de los mohos en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

#### 4.6.6.-Levaduras

En la gráfica 19 se representa la evolución de las levaduras a lo largo del tiempo en los diferentes lotes.

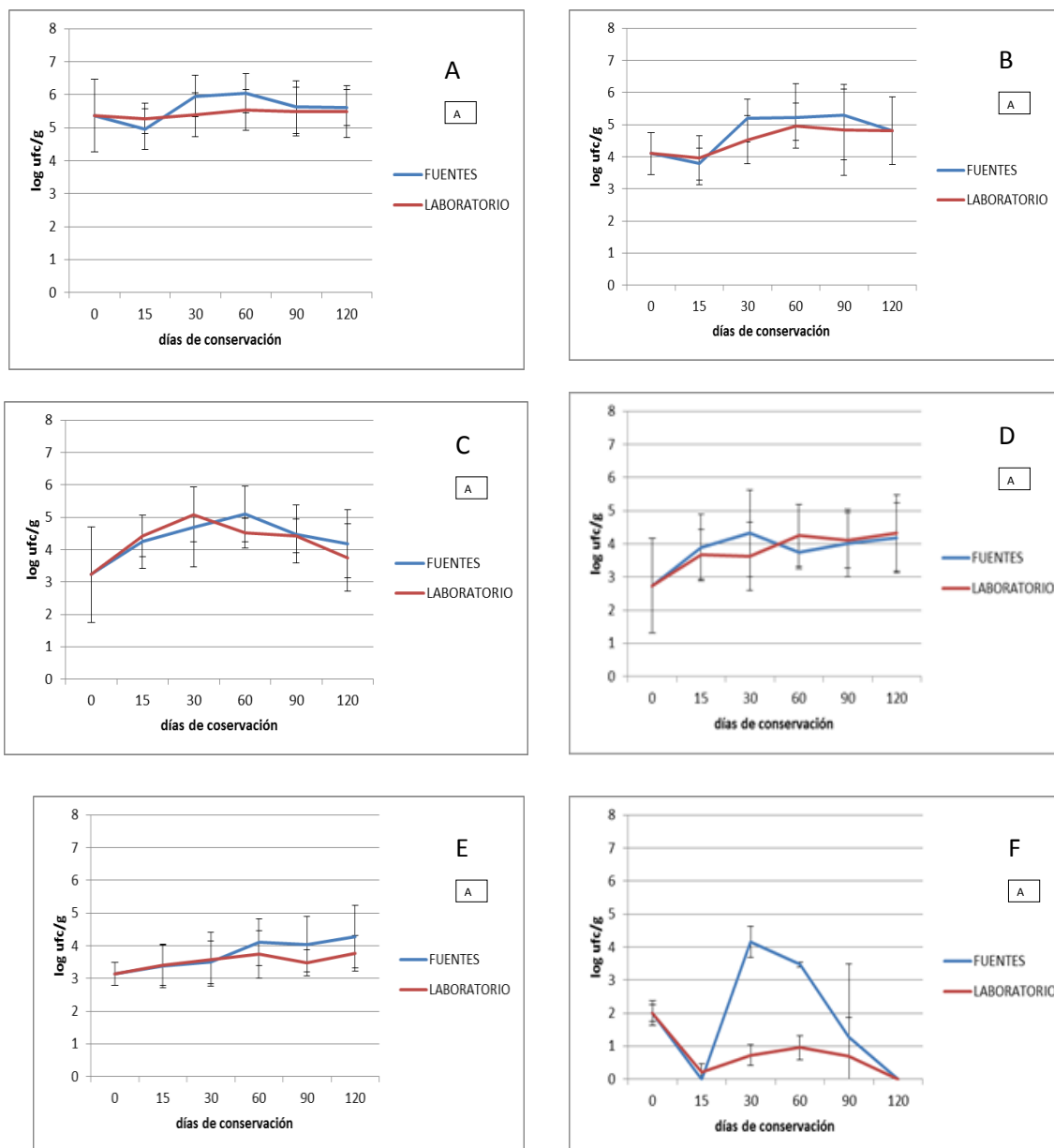


Gráfica 19: Evolución de los mohos en los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes durante su conservación a 2°C.

Para las levaduras sin embargo, no se ha podido establecer una tendencia clara en su evolución ya que presentan aumentan o disminuyen dependiendo del día de análisis. En otros trabajos realizados por Blanchard *et al.* (1996) se observó que no se obtenían apenas levaduras en la primera y segunda túnica o que su evolución era errática y estaba supeditada a la escasa presencia de mohos. Así en este proyecto se ha podido observar que cuando había cantidades elevadas de mohos el crecimiento de levaduras se veía inhibido y cuando había pocos mohos, aparecían colonias de levaduras.

#### 4.6.7.- Comparación de la evolución de los microorganismos en función de los 2 lugares de conservación: Central o Laboratorio

En la siguiente gráfica se detallan la media de los recuentos obtenidos en los lotes de la Central Hortofrutícola y los lotes conservados en las cámaras del laboratorio del grupo de investigación “Alimentos de Origen Vegetal”.



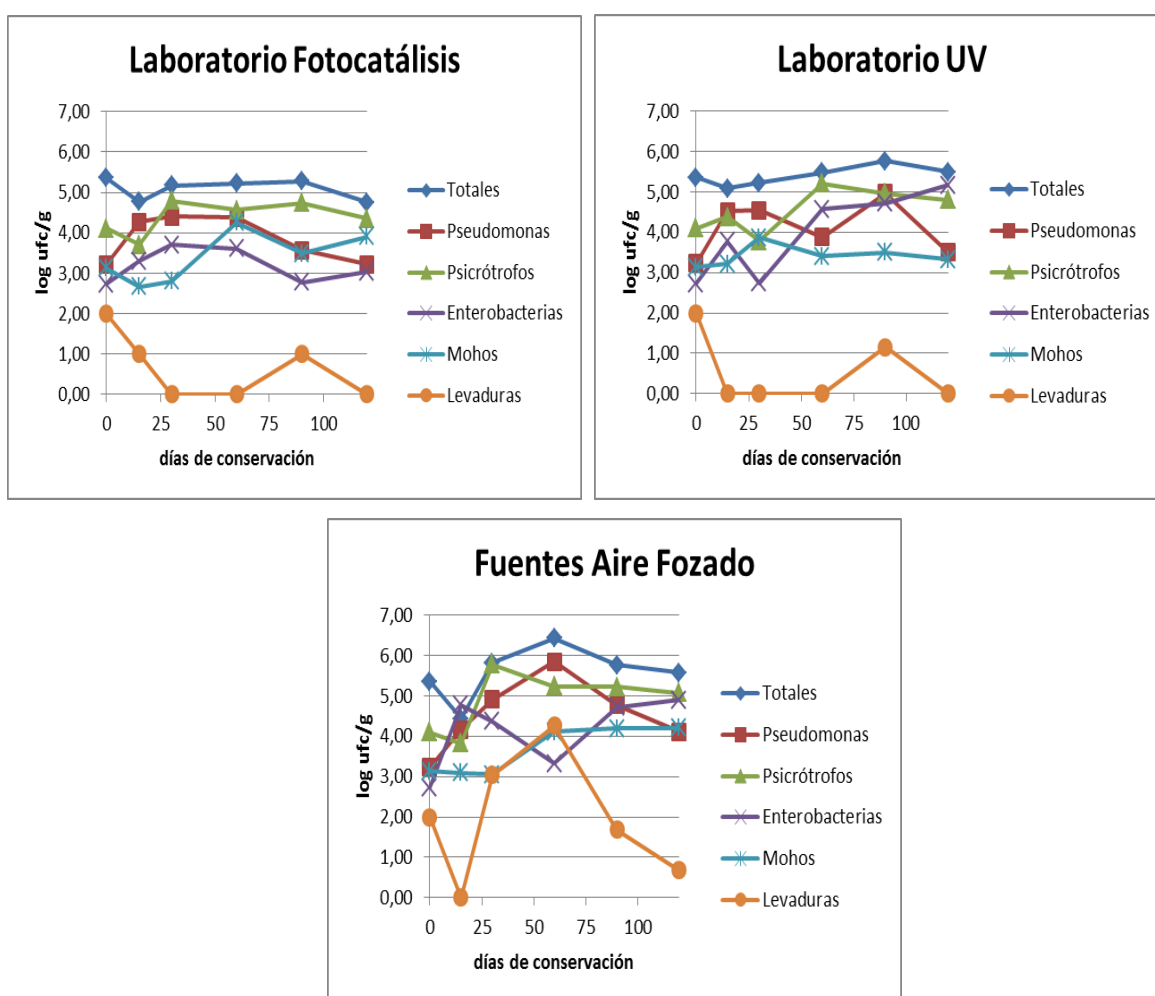
Gráfica 20: Evolución de los microorganismos en los 2 lugares de conservación (Central o Laboratorio) a lo largo del tiempo de almacenamiento de las cebollas DOP Fuentes de Ebro durante su conservación a 2°C. A) Aerobios mesófilos totales, B) Aerobios psicrótrofos totales, C) G° *Pseudomonas*, D) Enterobacterias, E) Mohos y F) Levaduras.



En la gráfica anterior, no se observan diferencias significativas en los recuentos en función del lugar de conservación en los primeros 30 días. A partir de esa fecha, los recuentos microbianos son superiores, por norma general, en las cebollas conservadas en la Central Hortofrutícola de Fuentes de Ebro.

#### 4.6.8.- Eficacia descontaminante de los tratamientos con radiación ultravioleta e ionización catalítica radiante

En la gráfica 21 se recogen los recuentos de todos los grupos microbianos analizados tomando en los lotes: laboratorio fotocátalisis, laboratorio ultravioleta y fuentes aire forzado para así poder establecer la eficacia de estos dos métodos de descontaminación.



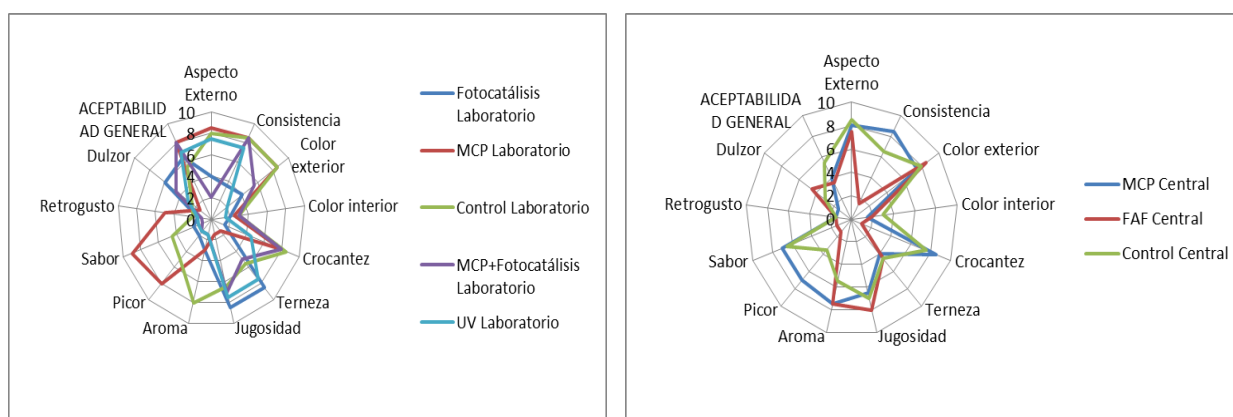
Gráfica 21: Evolución de los microorganismos en 3 de los lotes estudiados (laboratorio fotocátalisis, laboratorio ultravioleta y fuentes aire forzado) en las cebollas DOP Fuentes de Ebro durante su conservación a 2°C

Los mayores recuentos en las cebollas se obtuvieron para los mesófilos totales (5-6 unidades logarítmicas/g), seguido de psicrótrofos (4-5), enterobacterias (3-5), pseudomonas y mohos, con valores son muy similares (en torno a las 4 unidades logarítmicas/gramo) y por último las levaduras son el grupo microbiano en el que menores recuentos se obtuvieron.

Si se compara el recuento de microorganismos para el lote de UV y fotocátalisis, frente al lote Central Aire Forzado, se observa que la flora microbiana es del orden de 0,5-1 unidad logarítmica/g de media menos, por lo que podemos decir que las técnicas de descontaminación han reducido la carga microbiana. Si se compara los microorganismos frente lotes se observa que el número de pseudomonas y enterobacterias se reduce 1 y 2 unidades logarítmicas respectivamente el de fotocátalisis frente al aire forzado, en cuanto al lote UV, controla bien a las pseudomonas con reducciones de una unidad logarítmica y los mohos con una reducción de entre 1 a 2 unidades logarítmicas.

#### 4.7.-EVALUACIÓN SENSORIAL

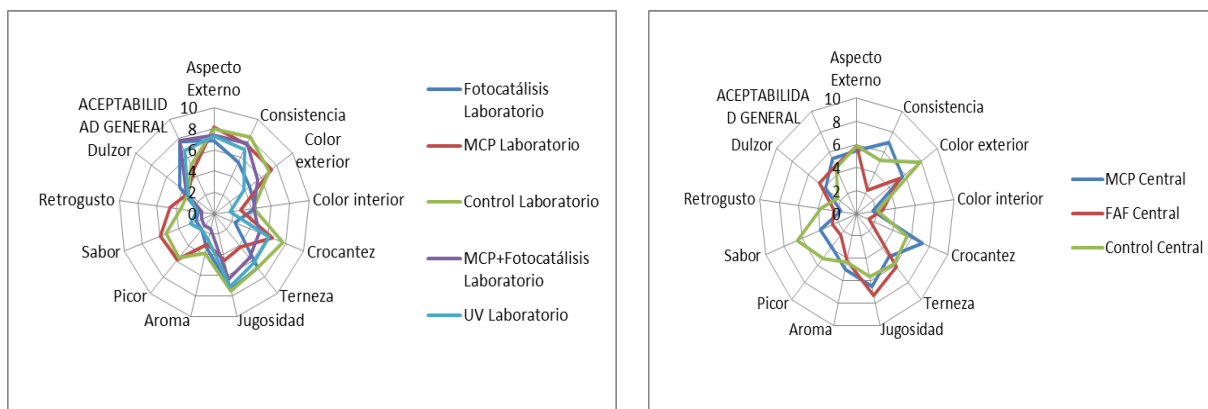
En las gráficas 22 y 23 se muestran los resultados del análisis sensorial a los 90 y 120 días, comparando las cebollas conservadas en las cámaras de la central y las que se han conservado en las cámaras del laboratorio.



Gráfica 22: Análisis sensorial de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes al final de su conservación a 2°C (90 días).

Los parámetros de lotes que se almacenaron en el mismo lugar, no presentan diferencias, exceptuando en el aroma, sabor y picor, observando que aunque la cebolla es un material vegetal con un fenotipo determinado, a veces hay diferencias dentro de la población

de cebollas Fuentes de Ebro. Comparando los parámetros en función del lugar donde se han conservado, no se observan diferencias significativas, exceptuando en el parámetro de aceptabilidad general, donde la puntuación es baja para las cebollas almacenadas en la Central de Fuentes de Ebro; debido a que en el día 90, estas cebollas presentan brotes, raicillas secundarias y pérdida de firmeza.



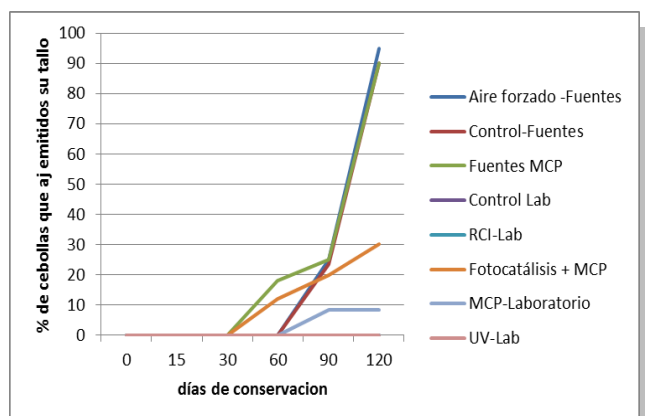
Gráfica 23: Análisis sensorial de los distintos lotes de cebolla DOP Fuentes al final de su conservación a 2°C (120 días).

Como se puede observar en la gráfica 23 los bajos valores de aceptabilidad general en el día 120 de almacenamiento impiden la comercialización de estas cebollas, especialmente de aquellas conservadas en la Central, donde la aparición de raicillas, brotes y podredumbres fue más acusada.

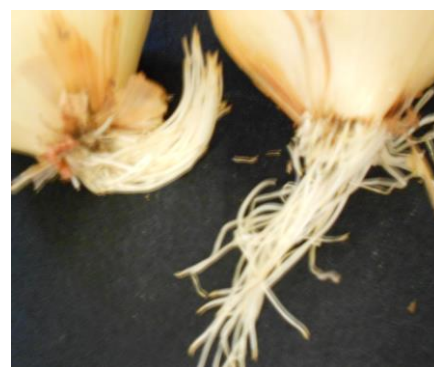
#### 4.8.- ALTERACIONES FISIOLÓGICAS, PODREDUMBRES Y APARIENCIA GENERAL

La gráfica 24 detalla el % de cebollas DO que han presentado emisión de raíces basales (fotografía 7).

La emisión de raíces empieza a producirse a los 60 días, pero sólo en los lotes tratados con MCP. Los lotes afectados incrementaron su porcentaje conforme transcurría el tiempo de conservación, alcanzándose los valores máximos a los 120 días de conservación, con hasta un 100 % de los bulbos afectados en los lotes conservados en la Central. No se observó emisión de raíces en los lotes conservados bajo la acción de los ultravioletas.

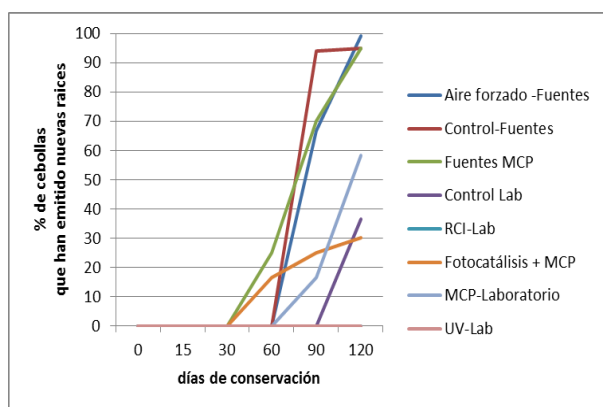


Gráfica 24: Emisión de raíces de los distintos lotes de cebollas D.O. Fuentes durante su conservación a 2°C



Fotografía 7: Cebolla con raíces

En la gráfica 25 se detalla el % de cebollas DO que han emitido brotes nuevos (fotografía 8).



Gráfica 25: Emisión de brotes en los distintos lotes de cebollas D.O. Fuentes durante su conservación a 2°C.

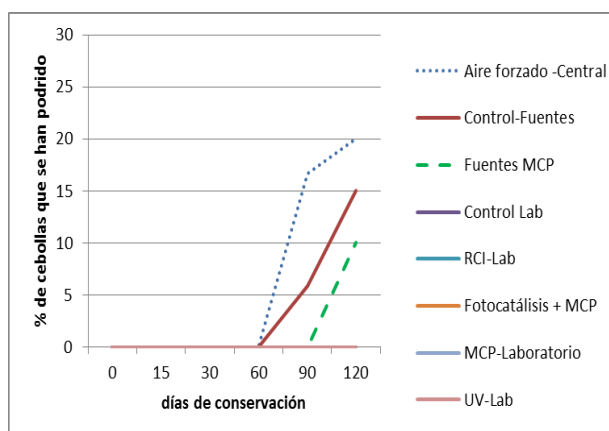


Fotografía 8: Emisión de brotes

En cuanto a la emisión de brotes, ésta se produce en las semanas finales del proceso. Sin embargo, y al igual que en el caso anterior, se observa emisión de brotes en los lotes MCP y Fotocatálisis + MCP a los 60 días de almacenamiento. A los 120 días en los lotes Control y Aire Forzado conservados en la Central ésta alteración afecta al 90 % de los bulbos. No se produce brotación en los lotes control laboratorio, RCI laboratorio y UV laboratorio.

En la gráfica 26 se detalla el porcentaje de cebollas que han presentado podredumbres. Las podredumbres comienzan a aparecer en el día 90 de conservación y únicamente en los lotes conservados en la Central. Aún así, al final de la conservación el porcentaje de cebollas afectadas no supera el 20 %. Esta alteración junto a la pérdida de textura y la aparición de raicillas y brotes limita la vida útil de este producto y que, coincidiendo con Mallor (2007) no

se puede prolongar más allá de 3 meses.



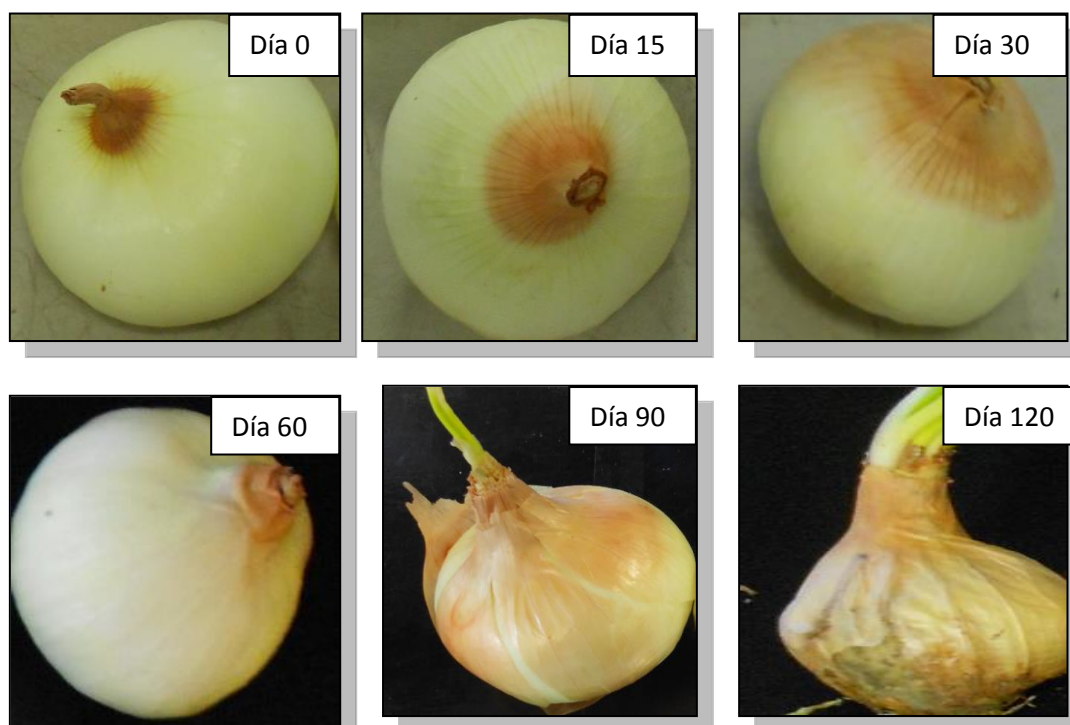
Gráfica 26: Podredumbres de los distintos lotes de cebollas D.O Fuentes durante su conservación a 2°C



Foto 9: Podredumbre en cebolla Fuentes


Las cebollas que se han conservado en las cámaras frigoríficas del laboratorio del Departamento de Vegetales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza, han mantenido mucho mejor los criterios de calidad que las que se almacenaron en la central hortofrutícola de Fuentes de Ebro. Esto ha podido ser debido a las oscilaciones de Tª de la cámara de la central por grandes tiempos de apertura de estas y debido también al hacinamiento de las cebollas en cajones de 1m<sup>3</sup>, que provocan una pérdida prematura de los parámetros de calidad de las cebollas DOP Fuentes de Ebro.


Por tanto se puede concluir que la vida óptima de conservación de la cebolla DOP Fuentes de Ebro, sería de 90 días y que se deben optimizar las condiciones de enfriamiento (rapidez y mantenimiento) y de almacenamiento. A modo de ejemplo en la fotografía 10 podemos observar la evolución de la apariencia externa de las cebollas desde el día 0 al 120.





Fotografía 10: Evolución de la apariencia externa de las cebollas DOP Fuentes de Ebro durante su conservación a 2°C.


## 5.-CONCLUSIONES


 La caracterización inicial de las cebollas D.O. Fuentes de Ebro utilizadas en este estudio coincide con las características fijadas en la Denominación de Origen ya que son bulbos tiernos, succulentos, con bajos niveles de sólidos solubles, ideales para el mercado fresco.

 Durante la conservación de las cebollas se produce una pérdida de brillo y un endurecimiento, los sólidos solubles se mantienen constantes y la acidez aumenta.

 La población microbiana asociada a las cebollas no es muy elevada, a pesar de ser un producto que se desarrolla en contacto con el suelo, siendo los grupos microbianos predominantes las pseudomonas y los mohos. Ningún grupo microbiano aumenta más de 2 unidades logarítmicas durante la conservación.

 Los lotes tratados con MCP emiten raicillas y brotes prematuramente no recomendándose este tratamiento para la conservación de las cebollas.

 En las cebollas conservadas en las cámaras equipadas con los equipos de radiación ultravioleta-C e ionización catalítica radiante se reduce la carga microbiana en torno a las 0,5-1 unidades logarítmicas de media, presentando las mayores reducciones las pseudomonas, enterobacterias y mohos, pero sin diferencias significativas con el resto de los lotes. Sin embargo sí que se observa en estos lotes un menor porcentaje de bulbos brotados.

 Las cebollas DOP Fuentes de Ebro cumplen los criterios de calidad, y por tanto de comercialización, hasta los 90 días de conservación, mejorando su calidad y minimizando la aparición de podredumbres cuanto mayor es el control de la temperatura y menor la densidad de carga. La vida útil finaliza por la aparición de alteraciones fisiológicas (raicillas y brotes).



## 6.-BIBLIOGRAFÍA

AKTIVTEK ENVIRONMENTAL. 2010. Resumen del estudio “Eficacia de la Fotocatálisis en la conservación postcosecha de la fruta” Noviembre 2010. 14 pp

ALLENDE, A., SELMA, M. V., LÓPEZ-GÁLVEZ, F., VILLAESCUSA, R., Y GIL, M. I. 2008. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 155-163.

BLANCHARD, M., CASTAIGNE, F., WILLEMOT, C. Y MAKHLOUF, J. 1996. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. *Postharvest Biology and Technology*, 9: 173-185.

CURRAH, L. Y PROCTOR, F. 1990. Onions in tropical regions. Natural Resources Institute. Bulletin No 35. pp. 144-163.

GUILLEN F., BAILÉN G., CASTILLO S. VELERO D., MARTINEZ-ROMERO D., VLAVERDE J.M., Y SERRANO M. 2006. 1-MCP y conservación postrecolección de frutos. *Revista Horticultura* 191; 44-49.

LAI, S. H., CHEN, N. C., SHANMUGASUNDARAM, S. Y TSOV, S. C. S. 1994. Evaluation of onion cultivars at AVRDC. *Acta Horticulturae*, 358:221-230.

MAROTO, J.V. 2002. *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 702 pp.

MALLOR, C. 2007. Aspectos de interés en la investigación de la cebolla Fuentes de Ebro. Publicaciones del CITA.

MALLOR, C. 2008a. Características de las principales variedades de cebolla de primavera – verano. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/68/489/68489.pdf> Fecha de consulta 17 de abril de 2013

MALLOR, C. 2008b. Principales variedades de cebolla de primavera – verano. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/753/69753.pdf> Fecha de consulta: 25 de abril de 2013

MICROBIOLOGY ONLINE Radiation: A Sterilization Method. <http://microbiologyonline.blogspot.com.es/2009/09/radiation-sterilization-method.html> Fecha de consulta: 9 de mayo de 2013.

NORTHWARD GROUP. 2011. Calidad, sanidad y seguridad ambiental interior. [http://www.northward.es/web/attachments/article/44/Presentaci%C3%B3n%20Northward%20RCI\\_PDF.pdf](http://www.northward.es/web/attachments/article/44/Presentaci%C3%B3n%20Northward%20RCI_PDF.pdf) Fecha de consulta: 19 de julio de 2013.

OTTO, C., ZAHN, S., ROST, F., ZAHN, P., JAROS, D., Y ROHM, H. 2011. Physical methods for cleaning and disinfection of surfaces. *Food Engineering Reviews*, 3: 171-188.

RODRÍGUEZ J, PÉREZ M., RAMÍREZ H. Y ZAMBRANO J. 1998. Caracterización de algunos parámetros de calidad en la cebolla bajo diferentes épocas de cosecha. *Agronomía Tropical*. 48(1): 33-40

RODRÍGUEZ, B., TASCÓN, C., RODRÍGUEZ, E., Y DÍAZ, C. 2008. Organic acid contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (15): 6512-6519

SUSO, M.L., PAROD, A., PEREZ, S., CALVO, R. Y ZARAGOZA, C. 1992. Información Técnica Económica Agraria (ITEA). Producción vegetal ITEA, 88 (1): 46-62.



SUMNER, D.R.1995. Diseases of bulbs caused by fungi-Black mold, p.26-27. In: H.F. Schwartz and S.K. Mohan, (eds.). Compedium of onion and garlic diseases. APS Press, St. Paul Minn.

TANAKA M, CHEE K. Y KOMOCHI S. 1985. Studies on the storage of autumn-harvest onion bulbs I. Influence of storage temperature anf humidity on sprouting during storage. Res. Bul. Hokkaido. Natl. Agr. Expt. Sta. 141: 1-16.

ZAMBRANO J., RAMIREZ, H. Y MANZANO, J. 1994. Efecto de cortos períodos a baja temperatura sobre algunos parámetros de calidad de cebollas (*Allium cepa* L.). Agronomía Tropical, 44(4):731-742.