



**Resumen del estudio
“Eficacia de la Fotocatálisis en
la conservación postcosecha
de la fruta”**

Noviembre 2010

**MEMORÁNDUM RESUMEN: ESTUDIO REALIZADO SOBRE LA EFICACIA DE LA FOTOCATÁLISIS
EN LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE LA FRUTA**

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Muestra e instalaciones de ensayo.
4. Método de estudio y Resultados.
 - 4.1. Efecto antimicrobiano de la Fotocatálisis en ambiente, superficie y fruta.
 - 4.2. Influencia del tratamiento Fotocatalítico sobre el proceso madurativo de la fruta.
 - 4.3. Eficacia del sistema Fotocatalítico en la concentración de etileno.
5. Conclusiones.

1. Introducción.

Con fecha 26 de noviembre de 2010, se ha publicado un estudio realizado por la Universidad de Zaragoza, relativo a la "**Eficacia de La Fotocatálisis en la Conservación Post-cosecha de Fruta**".

El objetivo global ha consistido en estudiar la eficacia del *tratamiento fotocatalítico*, a través de la *tecnología RCI™ (Ionización Catalítica Radiante)*, en la conservación de las frutas con hueso (comparativamente, mucho más sensibles que las frutas con pepita), principalmente con albaricoque, ciruela y melocotón.

El estudio se ha centrado en el efecto antimicrobiano de la Fotocatálisis en la fruta y las cámaras de conservación; la influencia sobre el proceso madurativo de la fruta; y comprobar la eficacia en la concentración del etileno de las cámaras.

2. Objetivos.

El objetivo del trabajo es estudiar la eficacia del tratamiento Fotocatalítico en la conservación de las frutas. Se plantean así tres objetivos parciales.

1. Estudiar el efecto antimicrobiano de la Fotocatálisis en la fruta y en cámaras de conservación.
2. Evaluar la influencia del tratamiento Fotocatalítico sobre el proceso de maduración de la fruta.
3. Comprobar la eficacia del sistema Fotocatalítico en la concentración de etileno en cámaras.

3. Muestra e instalaciones de ensayo.

Para la realización del estudio se analizaron diferentes frutas del género *prunus*; albaricoques, ciruelas y melocotones. Estas, al ser frutas con hueso son más susceptibles al desarrollo de podredumbres que las que no tienen hueso. Por este motivo, si el estudio demuestra que el sistema Fotocatalítico es eficaz para estos frutos, queda directamente asumido que también funciona para las que son menos susceptibles al desarrollo de podredumbres.

La recepción y análisis de las frutas se realizó en el laboratorio de la Universidad de Zaragoza en sus cámaras de refrigeración y la Planta Piloto (de maduración) de dichas instalaciones. Las cámaras utilizadas tienen unos volúmenes de 3 m³ y 18 m³ respectivamente.

El equipo de fotocatalisis heterogénea utilizado (tecnología RCI), fue el modelo Induct 500 de dimensiones 4x18x23 cm y 0,5 Kg de peso.



Modelo Induct 500

La tecnología RCI™ (Ionización Catalítica Radiante) es la nanotecnología más avanzada disponible actualmente para procesos de regeneración y tratamiento del aire, basándose en el principio físico de la Fotocatálisis Heterogénea, por el cual las celdas de un reactor catalítico (con base de dióxidos de metales nobles) crean un plasma que difunde oxidantes naturales (superóxidos, hidroxilos e hidroperóxidos, entre otros). Estos oxidantes naturales reaccionan con compuestos orgánicos volátiles, células bacterianas y virus, oxidándolos, dando lugar a la deshidratación y lisado de las células bacterianas. Se trata pues, de una solución global para la purificación del aire y de las superficies, mediante la combinación de una lámpara de UVx de alta densidad y de un Catalizador (reactor) compuesto por una aleación específica de metales nobles.

4. Métodos de estudio y Resultados.

4.1 Efecto antimicrobiano de la Fotocatálisis en ambiente, superficie y fruta.

4.1.1 Métodos de estudio.

La presencia en cámaras de conservación y de refrigeración de los elementos contaminantes de los productos alimenticios, como pueden ser bacterias, hongos o sus esporas, pueden alterar los alimentos de forma grave.

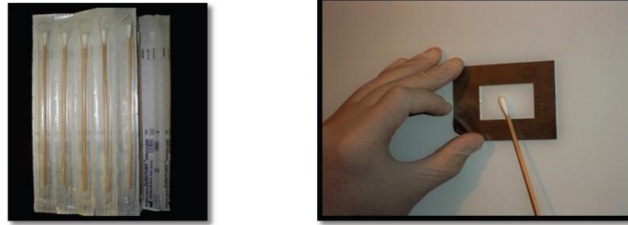
En esta parte del estudio se procedió a evaluar la carga microbiana del aire en las cámaras así como de su superficie.

La toma de muestras en ambiente, se llevó a cabo mediante un sistema de control de gérmenes aéreos para empresas del sector alimentación y control medioambiental (Merck) MAS-100 ECO (aspirador de alta potencia). Esta toma de muestras se realiza siempre en la misma zona de la cámara, próxima al evaporador.



Aspirador de alta potencia

La toma de muestras en superficie se realizó sobre las paredes internas de la cámara del laboratorio con isótopos estériles y agua destilada estéril para evitar contaminaciones externas. Se realizó una toma de muestra de unos 5 cm² con unas ventanas metálicas esterilizadas.

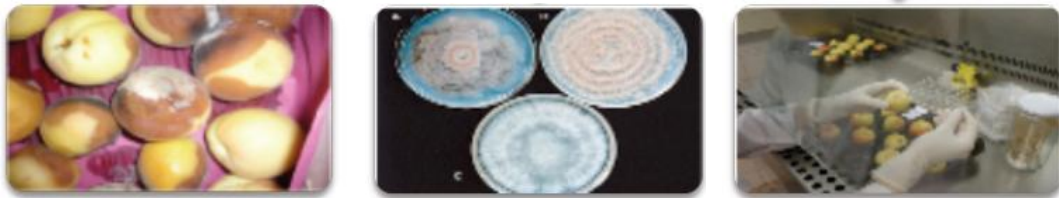


Isótopos y ventana estéril

Para el estudio del efecto antimicrobiano en el tratamiento Fotocatalítico en la fruta se inoculó ésta con *Monilinia fructicola* (patología post-cosecha). Para ello se incubó el moho en agar PDA durante 7 días antes para que desarrollara, alcanzara la madurez sexual y formara esporos.

Alcanzada esta fase, se procedió a la obtención de esporos, y tras realizar el recuento y comprobar que la concentración de esporos era la necesaria para ser inoculada (10^6) se procedió a la inoculación experimental.

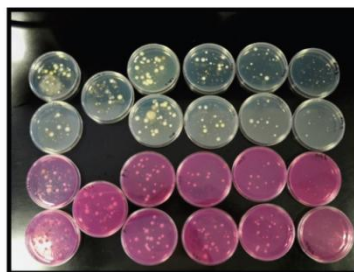
Las muestras marcadas se dividieron en lotes aleatoriamente. Uno de los lotes se introdujo en las cámaras a 25°C con el sistema Fotocatalítico y el segundo lote se conservó en idénticas condiciones pero sin sistema Fotocatalítico para comprobar el efecto de tratamiento aplicado.



Obtención de esporos e inoculación

4.1.2 Resultados

En los resultados obtenidos sobre la carga microbiana ambiental, se consigue una disminución de microorganismos aerobios mesófilos totales y de mohos y levaduras.



Placas de recuento

A continuación se indican los recuentos en ufc/m³ (unidades de colonias formadoras por metro cúbico) obtenidos tras varias pruebas en la cámara del laboratorio.

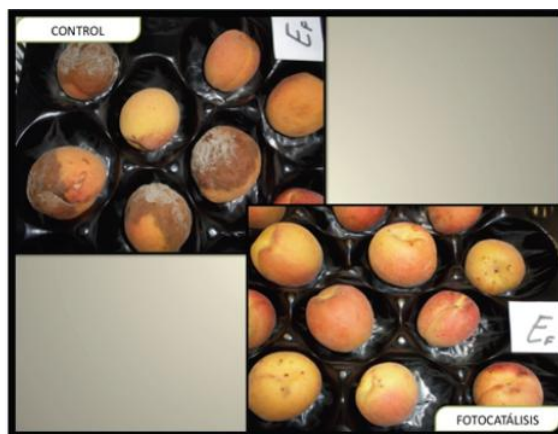
Hora	Aerobios mesófilos totales		Mohos y Levaduras	
	AIRE	SUPERFICIE	AIRE	SUPERFICIE
0	380	20	210	0
1	500	0	520	0
3	690	10	57	0
6	190	50	70	0
12	140	40	20	0
24	180	0	40	0
168	70	0	40	0

Los recuentos efectuados en la cámara de la Planta Piloto muestran la misma tendencia, a los tres días los recuentos descienden un promedio de 3.000 ufc/m³.

Tiempo	Prueba 1 (ufc/m ³)	Prueba 2 (ufc/m ³)
Inicial	5076	3025
A los 3 días	1375	120

Con estos resultados se concluye que la tecnología RCI™ es efectiva para disminuir y mantener el ambiente purificado, con lo que conlleva una baja concentración de microorganismos en cámaras tanto de conservación como de maduración.

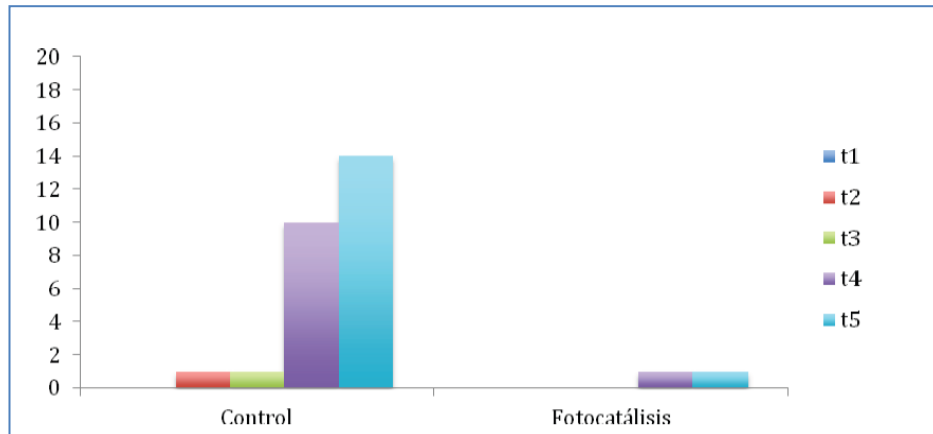
En cuanto al desarrollo de *Monilinia* en los albaricoques (variedades *Monoquí* y *Fantasma*) inoculados, los resultados obtenidos muestran una menor incidencia de desarrollo de podredumbres en los frutos que estaban en la cámara con la tecnología RCI™.



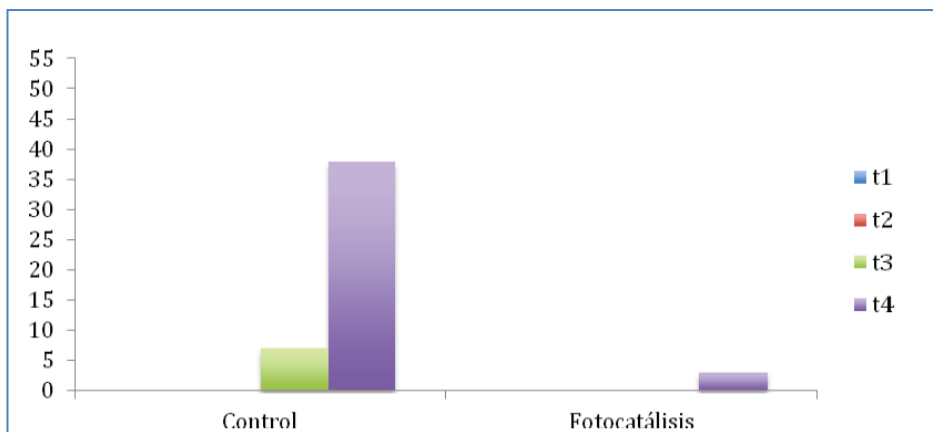
Incidencia de podredumbre en el albaricoque

En las siguientes gráficas se presenta la incidencia de la *Monilinia* en los albaricoques inoculados y conservados a 25°C en una cámara sin fotocatalisis (control) y los inoculados y conservados en las mismas condiciones pero con el equipo Fotocatalítico.

Desde el segundo día (t2), los frutos en la cámara control comienzan a presentar crecimiento fúngico, alcanzando en el cuarto (t4) y quinto (t5) días la máxima incidencia de crecimiento de mohos en los albaricoques inoculados. Por el contrario, los frutos inoculados y conservados con tecnología RCI, los primeros y únicos albaricoques con crecimiento no aparecen hasta el cuarto día (t4) de conservación a 25°C y además no se desarrollan más.

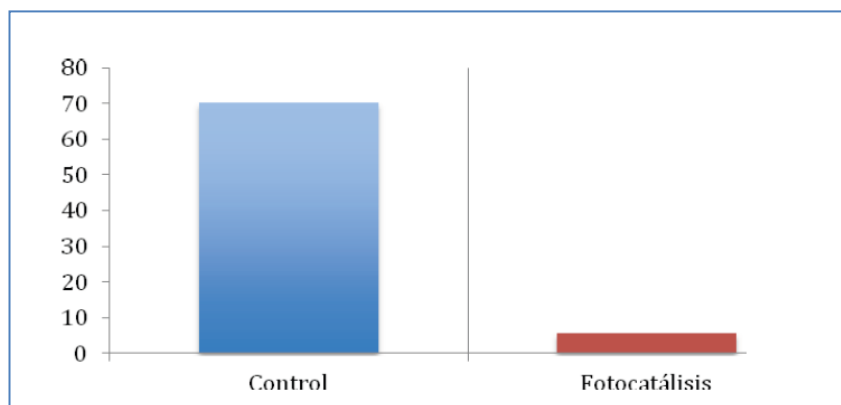


Gráfica para variedad Moniquí



Gráfica para variedad Fantasma

La siguiente gráfica muestra la comparativa sobre incidencia en el crecimiento de la *Monilinia* en el melocotón tras la inoculación y conservación a 25°C en cámara control y cámara con fotocatalisis. Se observa cómo el 70% de las muestras inoculadas y almacenadas en la cámara control desarrollan el moho, mientras que sólo el 5,55% de las muestras de melocotón inoculadas y conservadas en la cámara con el aparato RCI™ presentaron incidencia de crecimiento fúngico.



4.2 Influencia del tratamiento fotocatalítico sobre el proceso madurativo de la fruta.

4.2.1 Métodos de estudio

El proceso de maduración de los frutos se da gracias a liberación natural de etileno, que actúa como una fitohormona. Durante este proceso ocurren una serie de reacciones metabólicas tales como el incremento la tasa de respiración, la generación de aromas, la degradación de la clorofila, desarrollo de otros pigmentos, aumento de dulzor y descenso del acidez entre otros.

El estudio de la influencia del tratamiento Fotocatalítico sobre el proceso madurativo de la fruta fue realizado para melocotones y albaricoques. Para su determinación las frutas fueron seleccionadas, y seguidamente realizaron las siguientes:

- color de la fruta,
- determinación de los sólidos solubles, contenido en ácidos, pH,
- medición de la textura,
- análisis sensorial.

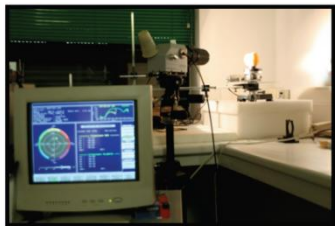
Una vez las frutas fueron recibidas se procedió a hacer una clasificación (según su diámetro ecuatorial y radial), con la finalidad de hacer lotes para realizar los análisis fotoquímicos y sensoriales en recepción y en los puntos de control a lo largo de la conservación.

El color fue medido sobre una serie de muestras representativas de cada lote, utilizando el sistema de determinación CIELAB. Se aseguró que la toma fuera representativa de todo el fruto y no solo de un punto determinado.

Para la determinación de los sólidos solubles se utilizó la técnica descrita en los Métodos Oficiales de Análisis de Zumos de Frutas. Los análisis fueron realizados por triplicado. Para cada réplica fueron elaborados zumos de 5 frutos. Finalmente se obtuvo un valor medio. Del zumo obtenido se tomó una muestra de 10 ml y se diluyó en 90 ml de agua destilada para poder medir su contenido en ácidos (principalmente el ácido málico, principal ácido de las frutas).

Resumen del estudio "Eficacia de la Fotocatálisis en la conservación post-cosecha de la fruta"

Mediante un pHmetro digital CRISON BASIC 20+, se midió el pH de la fruta. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre ambos lotes.



Espectro radiómetro IS CAS 140



Triturador automático CRISON

La medición de la textura de los frutos se llevó a cabo mediante un texturómetro TA-XT2i Plus, el cual mide la fuerza máxima de corte mediante la penetración sobre los frutos sin piel. Se realizaron diez réplicas en cada fruto.

El análisis sensorial se realizó con el criterio de 10 catadores entrenados en evaluación de productos vegetales de la Universidad de Zaragoza. Mediante una escala del 1 al 10 se evaluaron los diferentes atributos:

- Aspecto general,
- Sensación del primer mordisco,
- Jugosidad,
- Intensidad de sabor característico,
- Dulzor,
- Acidez,
- Sabores extraños.

Para completar el análisis sensorial se llevo a cabo una prueba de opinión general, en la que el catador, además de añadir comentarios sobre las muestras presentadas, indicaba sus preferencias entre los diferentes frutos control o conservados en cámara con fotocatalísis.

4.2.2 Resultados

El estudio cromático demuestra que no hay ninguna diferencia de *color* entre los frutos conservados en la cámara de control y los conservados en la cámara con el equipo Fotocatalítico. Los albaricoques conservados en la cámara control y los conservados en la cámara con el equipo Fotocatalítico durante 15 días, evolucionan en su color de la misma forma:

Parámetros	Día 0	Día 15 Control	Día 15 RCI
L*	77,25 ± 4,3	82,12 ± 4,7	82,19 ± 4,8
a*	11,12 ± 6,6	12,01 ± 5,6	10,12 ± 5,9
b*	49,94 ± 3,5	47,56 ± 3,7	48,39 ± 3,2
C* _{ab}	51,57 ± 3,5	49,32 ± 4,1	49,80 ± 2,3
h _{ab}	77,54 ± 7,4	75,92 ± 6,2	78,15 ± 7,3

En las coordenadas de color para los melocotones tampoco se observan diferencias en los frutos tratados con fotocatalísis:

Parámetros	Día 0	Día 15 Control	Día 15 RCI
L*	72,50 ± 1,01	70,35 ± 2,15	71,82 ± 2,48
a*	2,40 ± 2,27	6,65 ± 0,39	4,08 ± 1,24
b*	56,88 ± 1,92	50,02 ± 4,38	51,92 ± 1,72
C* _{ab}	57,67 ± 1,85	50,46 ± 1,29	52,08 ± 0,62
h _{ab}	85,42 ± 3,14	82,42 ± 0,34	85,51 ± 0,38

En las pruebas realizadas para determinar los *sólidos solubles*, *el contenido en ácidos* y *el pH*, se vio que durante el proceso madurativo en los dos lotes de albaricoques el pH es más alto, la acidez disminuye ligeramente y los sólidos solubles aumentan de manera muy similar. No se observaron diferencias estadísticamente significativas debidas al tratamiento.

Día	SSC (°Brix)	pH	IM	Acidez (mg ác.málico/peso fresco)
Día Inicial	13,84 ± 0,28	3,53 ± 0,02	8,97 ± 2,89	1,54 ± 0,09
Día Final Control	14,45 ± 0,07	3,77 ± 0,04	9,83 ± 1,13	1,47 ± 0,06
Día Final RCI	14,80 ± 0,28	3,72 ± 0,02	9,89 ± 2,91	1,50 ± 0,09

Los valores obtenidos para el melocotón indican que los frutos evolucionan igual que los albaricoques a lo largo de la conservación a 0°C, y al final de la conservación no existen diferencias entre las muestras conservadas en la cámara sin Fotocatálisis y las conservadas con RCI™.

Día	SSC (°Brix)	pH	Acidez (mg ác.málico/peso fresco)
Día Inicial	11,7 ± 0,54	3,8 ± 0,7	7,86 ± 0,89
Día Final Control	12,5 ± 1,04	4,2 ± 0,1	7,78 ± 1,45
Día Final RCI	13,3 ± 0,81	4,4 ± 1,2	7,84 ± 0,75

En cuanto a la *textura* para los albaricoques, al final de la conservación se observó que se ablandaban, proceso característico en la maduración de los frutos. No se mostró ninguna diferencia entre los frutos control y los frutos almacenados en la cámara con el RCI™.

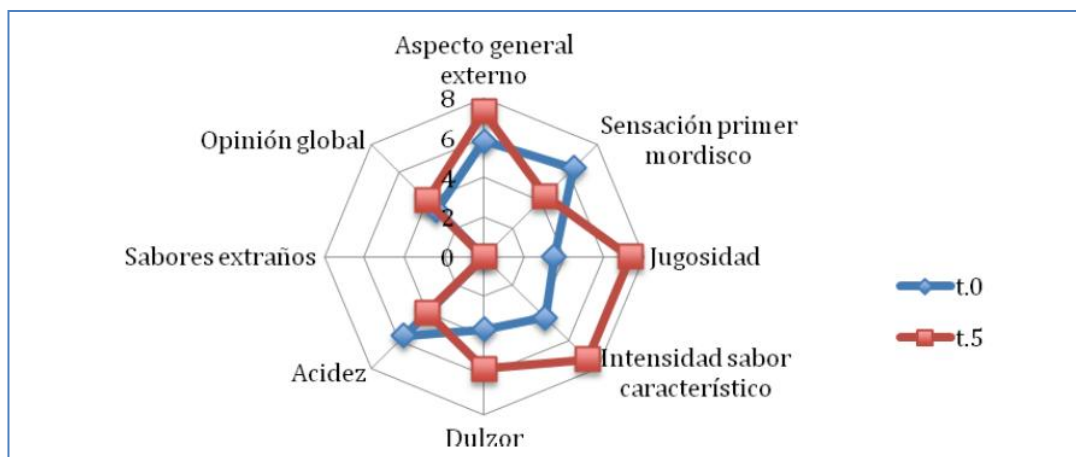
Día	Textura (Kg/cm ²)
Día Inicial	6,190 ± 1,20
Día Final Control	4,862 ± 0,85
Día Final RCI	4,323 ± 0,69

Para los melocotones los valores de *textura*, igual que en los albaricoques, indican un ligero ablandamiento debido a la maduración de los frutos. No existen diferencias entre los melocotones conservados o no con la técnica Fotocatalítica.

Día	Textura (Kg/ cm ²)
Día Inicial	3,474 ± 1,19
Día final Control	3,186 ± 2,57
Día final RCI	3,371 ± 0,66

Por lo tanto no se observaron diferencias en *textura* entre ambos lotes, ni en melocotones ni en albaricoques. En ambos se observó un ablandamiento de los frutos tal y como es propio del proceso de maduración de los frutos.

Los resultados de las pruebas *sensoriales* muestran que todos los atributos valorados son óptimos. La acidez y la sensación del primer mordisco son menores tras cinco días de conservación en la cámara con fotocatalisis a 25°C, contrariamente a lo que ocurre con el aspecto externo, la jugosidad, la intensidad de sabor característico y el dulzor, que son mayores. Ningún sabor anómalo fue desarrollado y se obtuvo una valoración final media.

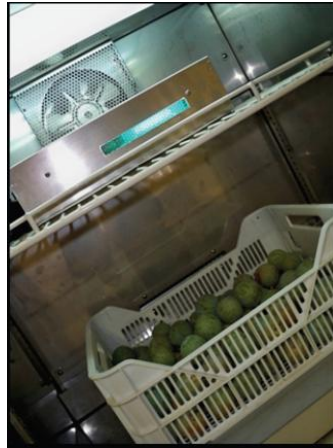


4.3 Eficacia del sistema Fotocatalítico en la concentración de etileno.

4.3.1 Métodos de estudios

El etileno actuando como fitohormona, es la desencadenante del proceso de maduración en los vegetales y la principal responsable de los cambios que sufren los frutos climatéricos, maduración y senescencia, una vez el fruto ha sido recolectado (los frutos climatéricos son aquellos que son capaces de seguir madurando incluso después de haber sido recolectados, por lo contrario los no climatéricos no maduran después de su recolección).

El método empleado para la medición del etileno fue un sistema cerrado. Consistió en colocar las muestras control en una pequeña cámara cerrada, con escasa ventilación y medir la acumulación de etileno en el interior de la misma a lo largo del tiempo de conservación. En otra cámara de iguales características y condiciones de conservación se introdujeron las frutas con el aparato fotocatalítico y también se midió la concentración de etileno durante la conservación.



Cámara de conservación con ciruelas e Induct 500.

Las muestras fueron tomadas del ambiente de las cámaras sin abrirlas para no alterar ni modificar la composición de la atmósfera. Se analizaron mediante la bomba Gastec GV-100S, método colorimétrico para comprobaciones rápidas y limpias sobre la presencia o ausencia de gas etileno en cámaras de maduración. La cuantificación se realiza colorimétricamente de modo extremadamente rápido. El valor se lee directamente en la escala impresa en el lateral de cada tubo.



Sistema Gastec GV-100S

La cuantificación exacta de la composición del etileno se llevó a cabo mediante cromatógrafo de gases Hewlett Packard 4890 equipado con un equipo de ionización de llama. Se inyectó 1 ml de muestra tomada del espacio de cabeza tras una homogeneización mediante jeringuilla Hamilton 1001RN Gastight.



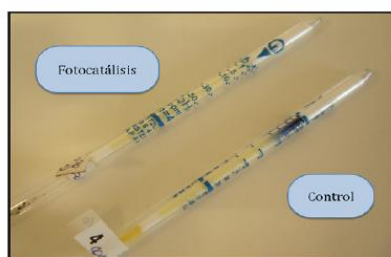
Cromatógrafo de ionización de llama

4.3.2 Resultados

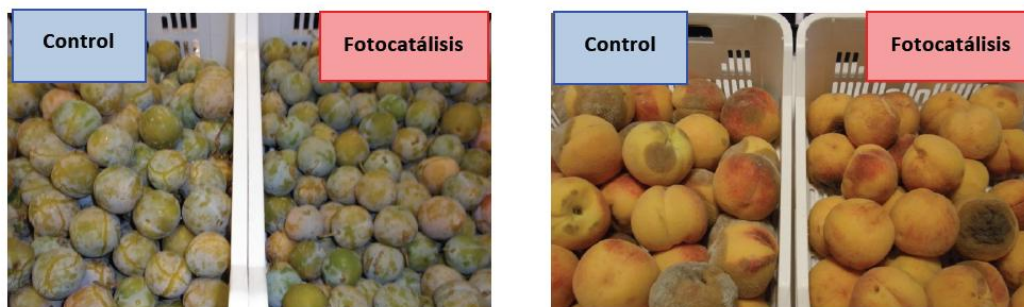
Los resultados que se muestran en la siguiente tabla, fueron obtenidos mediante la cromatografía de la conservación del etileno, indican que los frutos de la cámara control desde el día inicial de conservación a 25°C producían etileno, alcanzándose en el 5º día la concentración máxima en el interior de la cámara, mientras que en la cámara con el equipo RCI™ no se aprecia acumulación de etileno.

Día	Muestra Control Producción etileno (ppm)	Muestra Fotocatálisis Producción etileno (ppm)
Día 0	0,3	0
Día 3	5	0
Día 5	15	0
Día 7	15	0

La técnica rápida de cuantificación de etileno es sensible a partir de 0,2 ppm, por lo que las muestras de aire analizadas de la cámara con el aparato fotocatalítico con la bomba Gastec, no tuvieron coloración, ya que la concentración fue nula. En la cámara control se pudo observar como la banda de la jeringuilla se tornaba azul por la concentración de etileno. Los resultados obtenidos con esta medida y con el cromatógrafo fueron concordantes.



Después de mantener los frutos durante 7 días a la temperatura de 25°C, favoreciendo el desarrollo de la maduración y la acumulación de etileno, se abrieron las cámaras donde se habían conservado los frutos y se observó que los frutos almacenados con la tecnología RCI™ presentaban mejor aspecto y menos podredumbre que los frutos control.



5. Conclusiones

Las conclusiones del estudio de la eficacia del tratamiento Fotocatalítico, con la tecnología RCI™, en la conservación de las frutas, son las siguientes:

- La técnica RCI™, **ralentiza el desarrollo y crecimiento** de *Monilinia fruticola* (patología post-cosecha más importante en la fruta, responsable de la podredumbre), en los frutos inoculados experimentalmente consiguiendo **una reducción del 65% en la incidencia de podredumbres** respecto a los frutos control. Los primeros frutos inoculados con crecimiento de *Monilinia fruticola*, conservados en la cámara RCI™, no aparecen hasta el cuarto día de conservación. Éstos no propagan la patología, al no desarrollarse más.
- La tecnología RCI™ **es muy efectiva en la reducción de etileno**, hormona responsable de la maduración y senescencia de los frutos climatéricos (aquellos que son capaces de seguir madurando incluso después de haber sido recolectados). Los estudios demuestran que **la cámara con el equipo RCI™ no presenta acumulación de etileno** (concentración cero durante toda la prueba).
- En la conservación a temperatura de refrigeración, **no se observaron diferencias entre el producto almacenado en la cámara control y el producto conservado** con el equipo Fotocatalítico RCI™. Esta tecnología **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**.
- La tecnología Fotocatalítica RCI™ es eficaz para mantener el ambiente purificado, con una **muy baja concentración de microorganismos** en las cámaras de conservación y maduración. La prueba realizada constata que a los tres días los recuentos (en ufc/m³) obtenidos **descienden un promedio de 3.000 ufc/m³. En superficies no se alcanzaron valores detectables**.