

(S6-P79)

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA EN LA VIDA ÚTIL DE PERA *Conferencia* MÍNIMAMENTE PROCESADA

ESTHER ARIAS, JAIME GONZÁLEZ, PASCUAL LÓPEZ-BUESA y ROSA ORIA

Grupo de Investigación en Alimentos de Origen Vegetal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. C/ Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, España.

Palabras clave: pera mínimamente procesada - atmósfera modificada - pardeamiento enzimático - alteración microbiológica - etanol - acetaldehído

RESUMEN

Con el fin de optimizar el envasado en atmósfera modificada de pera *Conferencia* mínimamente procesada, se ha estudiado la tolerancia del producto a diferentes composiciones atmosféricas: atmósfera con baja concentración de O₂ (2% O₂ + 0% CO₂), con elevada concentración de CO₂ (21% O₂ + 10% CO₂), o una combinación de ambas (2% O₂ + 10% CO₂). Una muestra fue conservada en aire como experimento control. Para estudiar la influencia de las diferentes composiciones atmosféricas, se evaluó su efecto sobre la inhibición del pardeamiento, así como su influencia sobre el crecimiento microbiano, y por último se determinó la producción de etanol y acetaldehído con el objeto de analizar su efecto sobre el metabolismo respiratorio del fruto bajo esas condiciones de conservación. Las dos atmósferas con elevado contenido en CO₂ fueron las más eficaces a la hora de prevenir, tanto el pardeamiento como el crecimiento de microorganismos. La aplicación de un tratamiento antioxidante eficaz, junto con la conservación en una atmósfera rica en CO₂ (10%), permitiría prolongar la vida útil de pera *Conferencia* mínimamente procesada, hasta 15 días.

ABSTRACT:

In order to optimize the package of minimally processed *Conferencia* pear in modified atmosphere the product tolerance to different atmospheric compositions: low O₂ concentration (2% O₂ + 0% CO₂), high CO₂ concentration (21% O₂ + 10% CO₂), and an intermediate condition (2% O₂ + 10% CO₂), has been investigated. A sample was stored in air as a control experiment. The effect of selected atmospheric compositions on browning and microbial growth inhibition was evaluated. The production of ethanol and acetaldehyde was measured in order to study its effect on fruit metabolism under these storage conditions. The atmospheric compositions with high CO₂ percentage were the most effective ones to delay browning processes and microbial growth. The use of antioxidant treatment, along with storage with high CO₂ concentration (10%) would allow to extend shelf life of processed *Conferencia* pear until 15 days.

INTRODUCCION

En la actualidad, para la conservación y distribución de los productos mínimamente procesados resulta prácticamente imprescindible el envasado en atmósfera modificada. A la hora de diseñar el sistema de envasado, además de conocer la actividad respiratoria del fruto en las condiciones de conservación, y elegir un film de envasado con características de permeabilidad adecuadas, es muy importante decidir qué composición atmosférica resulta óptima para su conservación. Ésta dependerá del tipo de producto y de la temperatura, pero en general para el envasado en producto vegetales mínimamente procesados, se recomiendan atmósferas bajas en oxígeno y con elevada concentración de dióxido de carbono, acompañadas siempre de temperaturas de refrigeración.

En la mayoría de las composiciones atmosféricas empleadas en la conservación de productos vegetales mínimamente procesados, el oxígeno se mantiene en concentraciones bajas (1-5%), reduciendo de esta forma el ritmo respiratorio del fruto (Lee et al., 1995), a la vez que se ralentiza o evita el desarrollo de microorganismos aerobios. Además, concentraciones por debajo de un 8% de O₂ reducen la producción de etileno, retrasando la maduración del producto. Así mismo, su influencia en la inhibición del pardeamiento enzimático ha sido ampliamente demostrada en una gran diversidad de productos (Artés et al., 1998). Sin embargo, niveles de O₂ excesivamente bajos (generalmente, inferiores al 1%) pueden favorecer procesos fermentativos que van acompañados de destrucción de los tejidos y de generación de sabores anómalos en el producto (Lee et al., 1995; Zagory, 1997), además de favorecer las condiciones para el desarrollo de microorganismos patógenos anaeróbicos como el *Clostridium botulinum* (Soliva-Fortuny et al., 2004). Teniendo en cuenta estas consideraciones, se ha concluido que el envasado en AM de vegetales mínimamente procesados, deberá contener una concentración de O₂ comprendida entre 1 y 5 % (IFPA/FDA, 2001), con el fin de mantener una seguridad microbiológica y calidad óptima, durante todo el periodo de conservación.

Además, se ha demostrado la acción inhibitoria del CO₂ sobre la flora microbiana, así las bacterias aerobias como las pseudomonas son inhibidas por una concentración moderada de CO₂ (de 10 a 20 %), mientras que microorganismos facultativos como las bacterias ácido-lácticas pueden ser estimuladas con estas mismas concentraciones. Además, las levaduras podrán crecer anaeróbicamente y serán relativamente resistentes al CO₂ (Al-Ati y Hotchkiss, 2002). Además, el efecto de concentraciones de CO₂ relativamente elevadas junto con bajos niveles de O₂ sobre la inhibición del pardeamiento superficial, ha sido ampliamente demostrado (Artés y et al., 1998).

En general, se ha comprobado que el tratamiento combinado de alta concentración de O₂ y concentraciones de 10 a 20 % de CO₂, inhibe el crecimiento microbiano y alarga la vida útil del producto con un alto nivel de seguridad microbiológica. Igualmente, las atmósferas bajas en O₂ y altas en CO₂, pueden inhibir las reacciones de pardeamiento (Qi et al., 1999; Nithiya et al., 2001).

Con el fin de optimizar un futuro envasado de nuestro producto (para Conferencia mínimamente procesada) en atmósfera modificada, llevamos a cabo un estudio previo en el que evaluamos la tolerancia del fruto a diferentes composiciones atmosféricas, en el que se comparó el efecto de una baja concentración de O₂ (2%), un enriquecimiento en CO₂ (10%), o una combinación de ambas condiciones (2% O₂ + 10% CO₂). En la siguiente tabla se presentan las diferentes atmósferas testadas en el presente trabajo:

VARIEDAD	ATM	COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA
<i>Conferencia</i> (grado de madurez comercial)	ATM 1	21 % O ₂ + 0 % CO ₂ (aire)
	ATM 2	21 % O ₂ + 10 % CO ₂
	ATM 3	2 % O ₂ + 0 % CO ₂
	ATM 4	2 % O ₂ + 10 % CO ₂

Tabla 1. Composiciones atmosféricas utilizadas en el estudio de tolerancia de pera *Conferencia* mínimamente procesada a diferentes atmósferas.

Las principales alteraciones que limitan la vida útil de pera mínimamente procesada, son el pardeamiento superficial, la proliferación microbiana y la aparición de sabores anómalos en el producto. Con el objeto de estudiar la influencia de cada una de las atmósferas testadas sobre el control de estas alteraciones, se determinó el porcentaje de área pardeada, mediante un análisis digital de la imagen, se realizaron analíticas microbiológicas (crecimiento de aerobios mesófilos y mohos y levaduras) durante todo el periodo de conservación, y por último se determinó la producción de etanol y acetaldehído hasta el último día de almacenamiento en refrigeración.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material

Las peras de la variedad *Conferencia*, se recolectaron en la Almunia de Doña Godina (Zaragoza), en su grado de madurez comercial. El estado de maduración de los frutos fue caracterizado mediante el análisis de sólidos solubles, firmeza, color y acidez, siguiendo los métodos oficiales de análisis.

La fruta fue preenfriada en cámara inmediatamente después de su llegada al laboratorio, momento a partir del cual se mantuvo en todo momento la cadena de frío.

En primer lugar, se llevó a cabo un tratamiento desinfectante del fruto entero con agua clorada (100 ppm) durante 5 minutos. Posteriormente se procedió al pelado, descorazonado y cortado en gajos (10-12 por fruto), seguido de un aclarado en agua corriente y posterior escurrido. Una vez obtenidos las porciones de fruta, éstas fueron almacenadas en las siguientes condiciones atmosféricas: atmósfera 1: aire (21% O₂ + 0% CO₂); atmósfera 2: 21% O₂ + 10% CO₂; atmósfera 3: 2% O₂ + 0% CO₂; atmósfera 4: 2% O₂ + 10% CO₂. El tiempo de conservación fue de 12 días, y se mantuvieron siempre condiciones de refrigeración. Para el establecimiento de las diferentes condiciones atmosféricas, se utilizó un regulador de flujo, empleando un caudal de 1 L/min de gas previamente humidificado. Durante los 12 días de conservación, se realizaron análisis periódicamente, cada 4 días, en los que se determinó el porcentaje de área pardeada, el crecimiento microbiano y la producción de etanol y acetaldehído.

Métodos

Análisis digital de la imagen: La medida del pardeamiento superficial mediante el análisis de imagen se llevó a cabo siguiendo el método descrito por Mendoza y Aguilera (2004), con ligeras modificaciones. El sistema consta de los siguientes elementos:

- 1- Fuente de luz: para la adquisición de la imagen, los gajos de fruta fueron iluminados utilizando dos lámparas halógenas (Philips) con una temperatura de color de 3000K. Las dos lámparas se dispusieron a 40 cm de la muestra, con un ángulo de 45°.

2- Cámara digital: se utilizó una cámara de color digital CMOS de 6,3 Mp, (Canon EOS 10d), equipada con una lente de 50mm. La cámara se colocó en posición frontal a la muestra y a una distancia de 40cm. El ángulo entre la lente de la cámara y la fuente de luz fue aproximadamente de 45°. La imagen de una de las caras del gajo de pera fue tomada sobre un fondo negro (ver figura w), utilizando siempre la misma configuración en la cámara: modo manual con apertura de la lente de $f = 2,8$ y velocidad 1/2000, sin zoom, sin flash, autoenfoco y con la máxima resolución. Los datos fueron almacenados en formato JPEG.

3- Procesado de la imagen: Para el procesado de la imagen se utilizó el programa ADImag, adaptado y desarrollado en el centro de Tratamiento Digital de la Imagen de la Universidad de Zaragoza. Este programa, partiendo de la imagen original y mediante la realización de una serie de transformaciones, nos permitió de forma automática contar elementos en imágenes (en nuestro caso, las zonas pardeadas), calcular el área total ocupada por los mismos y relacionarla con el porcentaje de área, respecto a la imagen total.

Determinación del contenido de ácido clorogénico: La cuantificación e identificación del ácido clorogénico se realizó también mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Para la extracción de los compuestos fenólicos se siguió el método descrito por Tomás-Barberán et al. (2001): se tomaron 5 g de pera (previamente congelada con nitrógeno líquido y conservada a -32°C) y se homogeneizaron con un ultraturrax (IKA-WERKR, DI 25 Basic, yellow line) con 10 mL de solución de extracción. Esta solución se compone de una mezcla agua:metanol (2:8) a la que se le añade NaF, para obtener una concentración final de 2 mM, con el fin de inactivar la polifenoloxidasas y evitar la oxidación de los fenoles. El homogeneizado se centrifugó durante 15 minutos a 13500 g, en condiciones de refrigeración. Tras la centrifugación se recogió el sobrenadante y se midió su volumen total. Se tomó 1 mL de este sobrenadante y se filtró a través de un filtro de Nylon de $0,45\ \mu\text{m}$ y 13 mm de diámetro (Millipore, cat. no. SLHNO13NL). Para el análisis de las muestras se utilizó un cromatógrafo Hewlett Packard (Agilent-Serie 1100). Las muestras se diluyeron al 50% con una solución de H_3PO_4 0,75 mM, siendo el volumen inyectado 20 μL .

Análisis microbiológico: Se tomaron asépticamente 3 muestras de 20 g por lote a los 4, 8, 12 y 16 días. Estos 20 g se depositaron en un frasco con 80 mL de agua de peptona tamponada (APT, Merck). La homogeneización se realizó de forma mecánica (Vibromatic) durante 2 minutos. Con la dilución resultante (10^{-1}) se prepararon las diluciones decimales necesarias usando el mismo diluyente. Se llevaron a cabo los siguientes análisis microbiológicos:

1. Recuento de microorganismos aero-anaerobios facultativos mesófilos totales (72 h/ 30°C / aerobiosis) en Plate Count Agar (PCA, Merck).
2. Recuento de mohos y levaduras (3-5 días/ 25°C / aerobiosis) en Agar Dichloran Rosa de Bengala Cloranfénicol (DRBC, Merck) suplementado con Gentamicina 1ml/1l.

Producción de etanol y acetaldehído: Para la determinación de etanol y acetaldehído se realizó una adaptación del método descrito por Gorny et al. (1999). Se obtuvo el zumo de 100 g de pera, y se trasvasaron 5 mL a un tubo de rosca de 10 mL de volumen con cierre hermético y septum para facilitar la extracción de muestras del espacio de cabeza. Los tubos se incubaron en un baño con agua a 60°C durante una hora. Tras ese tiempo se tomó, con una jeringa Hamilton 1001RN Gastight, 1 mL de muestra del espacio de cabeza de los frascos y se

analizó mediante cromatografía gaseosa. La determinación se llevó a cabo en un cromatógrafo Hewlett Packard 4890 equipado con un detector de ionización de llama.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de la composición atmosférica en el pardeamiento superficial

Las atmósferas bajas en O₂ y altas en CO₂ pueden disminuir la velocidad de pardeamiento de los tejidos vegetales. Debido a que la presencia de O₂ es necesaria para que tenga lugar la reacción de pardeamiento, al disminuir su concentración dicha reacción puede verse en parte, inhibida o retrasada. Por otra parte, la presencia de una concentración elevada de CO₂ puede inhibir la síntesis de compuestos fenólicos, inducida como consecuencia de los daños mecánicos producidos durante el procesado.

Así, en esta parte del estudio evaluamos el efecto de una elevada concentración de CO₂, baja de O₂ o la combinación de ambas, sobre el pardeamiento superficial. Para ello realizamos de forma periódica durante los 12 días de conservación, el seguimiento del pardeamiento superficial en cada uno de los lotes, mediante el análisis digital de la imagen (sobre 10 réplicas). En la Fig 1. se presentan las imágenes correspondientes al último día de conservación. Para cada atmósfera, se presenta una muestra representativa de las 10 replicas realizadas y las etapas correspondientes del procesado de la imagen: 1º) imagen inicial, 2º) segmentación (obtención de la imagen final binaria) y 3º) análisis, mediante el cual se calcula el porcentaje de área pardeada.

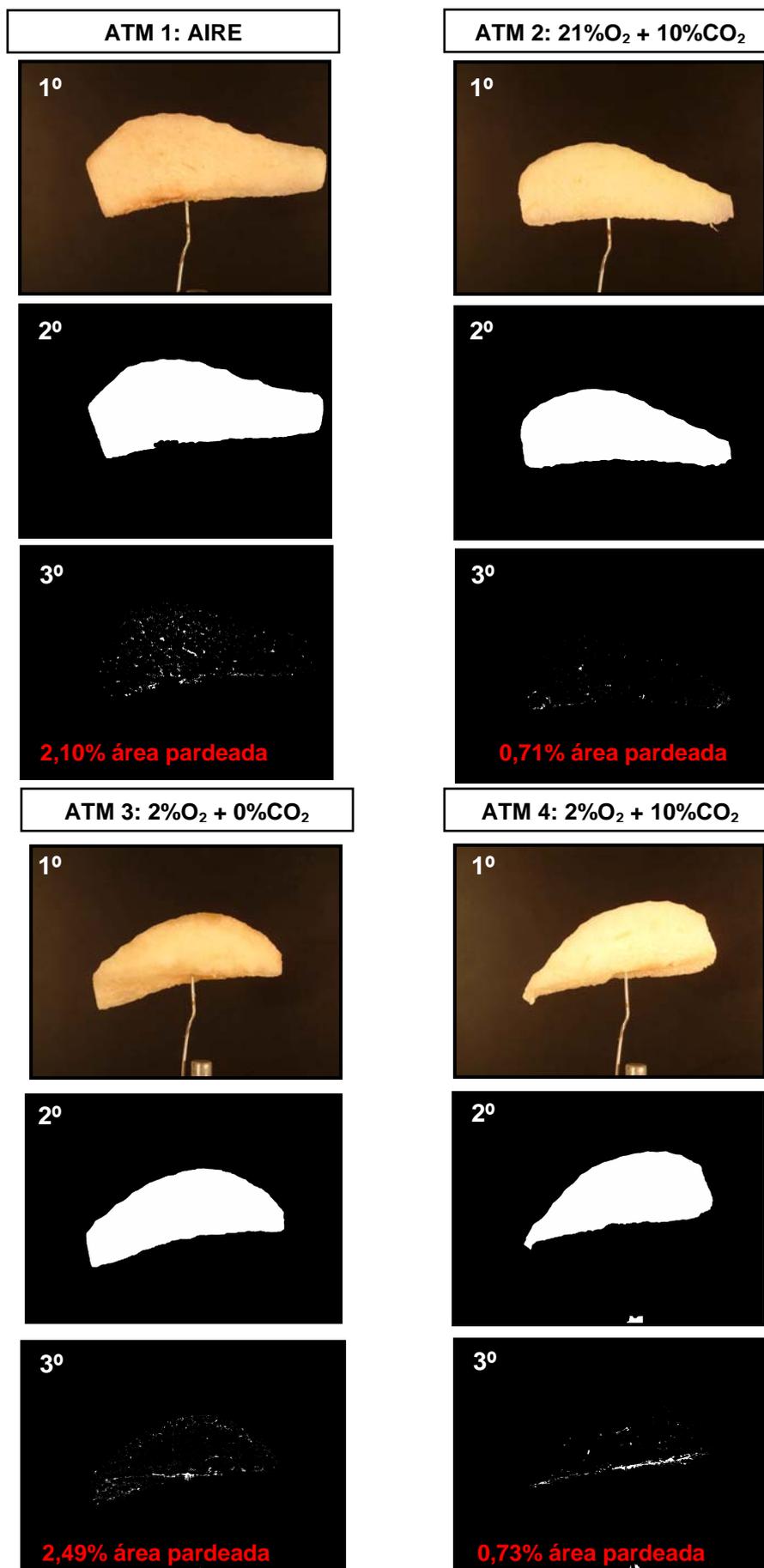


Fig 1. Determinación de la influencia de la composición atmosférica en la inhibición del pardeamiento en pera Conferencia mínimamente procesada, mediante análisis digital de la imagen

El enriquecimiento en CO₂ de la atmósfera dio lugar a una mayor inhibición del pardeamiento, de forma que la atmósfera 2 y en mayor medida la atmósfera 4 (que combina un bajo contenido en O₂ con una elevada concentración de CO₂) presentaron los porcentajes de pardeamiento más bajos. El incremento del % de área pardeada para cada una de las atmósferas testadas durante los 12 días de conservación, se muestra en la Fig 2.

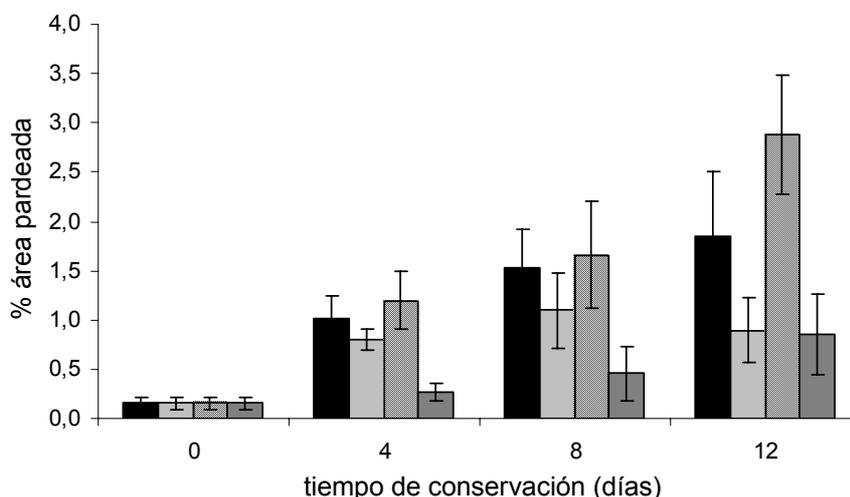


Fig 2. Influencia de la composición atmosférica en la evolución del porcentaje de área pardeada, en pera Conferencia mínimamente procesada.

Además, se determinó el porcentaje de inhibición del pardeamiento de cada composición atmosférica, y para ello relacionamos los porcentajes de área pardeada observados en las muestras de referencia (conservadas en aire), con los obtenidos en las muestras almacenadas en las diferentes atmósferas. Este parámetro se calculó mediante la siguiente expresión, Ecuación [1.1.], y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

$$\text{PORCENTAJE DE INHIBICIÓN} = \frac{\% \text{ área pardeada}_{\text{aire}} - \% \text{ área pardeada}_{\text{ATM 2,3,4}}}{\% \text{ área pardeada}_{\text{aire}}} \times 100 \quad [1.1.]$$

Se comprobó la mayor eficacia de las atmósferas 2 y 4 en la inhibición del pardeamiento. Los valores negativos en la atmósfera 3 (2% O₂ + 0 % CO₂), demuestran su ineficacia para la conservación de nuestro producto, aumentando su susceptibilidad al pardeamiento en mayor medida incluso que la conservación en las condiciones control (aire).

VARIEDAD	TIEMPO DE CONSERVACIÓN (días)	% INHIBICIÓN		
		ATM2	ATM3	ATM4
<i>Conferencia</i>	4	21,57	-17,65	73,53
	8	28,11	-8,49	70,16
	12	51,60	-55,97	53,61

Tabla 1. Grado de inhibición (%) del pardeamiento (tomando como referencia la conservación de las muestras en aire), de cada una de las composiciones atmosféricas ensayadas.

El incremento de CO₂, que fue el que previno el pardeamiento en nuestro producto, podría estar relacionado con la inhibición de la síntesis de compuestos fenólicos, sustratos principales de la reacción de pardeamiento. Para comprobarlo determinamos mediante HPLC, la evolución del contenido en ácido clorogénico (fenol mayoritario en pera) en cada una de las condiciones ensayadas, demostrando que la conservación del producto en una atmósfera rica en CO₂ previene la acumulación de fenoles (cuya síntesis aumenta tras el procesado) (ver Fig 3), lo que explica la menor susceptibilidad al pardeamiento de las muestras conservadas en esas composiciones atmosféricas.

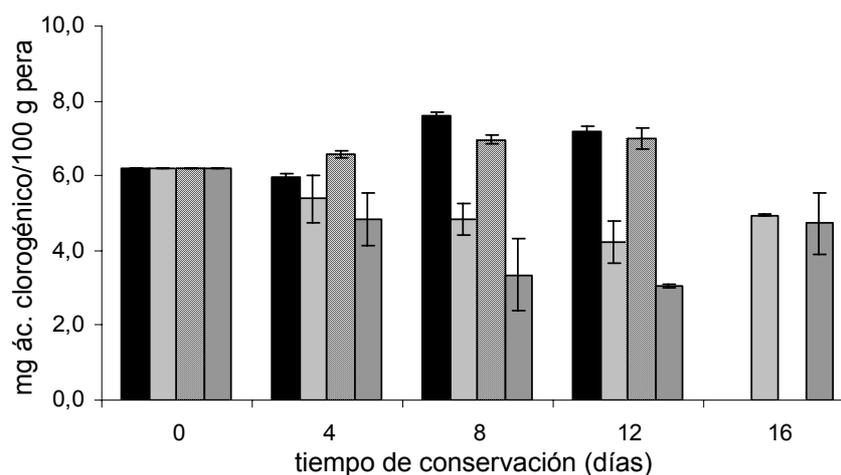


Fig 3. Influencia de la composición atmosférica en la concentración de ácido clorogénico en pera Conferencia mínimamente procesada.

La eficacia frente a la inhibición del pardeamiento, de elevadas concentraciones de CO₂ combinadas con una baja concentración de O₂ ha sido demostrada por varios autores, sobre diferentes tipos de frutas y hortalizas mínimamente procesadas: Qi et al. (1999) demostraron la efectividad de una atmósfera compuesta por 2kPa O₂ + 10kPa CO₂ sobre láminas de kiwi, consiguiendo una vida útil de 6 días. Esta atmósfera también resultó eficaz para prolongar la vida útil de mango mínimamente procesado hasta 15 días (Nithiya et al., 2001). Rocha y Morais (2001), demostraron sobre manzana mínimamente procesada, el efecto de distintas concentraciones de CO₂ (2% O₂ + 4% CO₂; 2% O₂ + 8% CO₂; 2% O₂ + 12% CO₂) en la actividad PPO y su relación con los cambios de color superficial. Obtuvieron una mayor inhibición del enzima al aumentar la concentración de CO₂, siendo la composición atmosférica de 2% O₂ + 12% CO₂, la que dio lugar a una mayor reducción del pardeamiento. Por el contrario, Senesi et al. (1999) no lograron prevenir su pardeamiento con niveles elevados de CO₂, y Gorny et al. (2002) tampoco lo evitaron en pera *Barlett* mínimamente procesada.

A diferencia de nuestros resultados, varios autores han demostrado la eficacia de las bajas concentraciones de O₂ en el control del pardeamiento de fruta mínimamente procesada: Gómez-Lopez et al. (2005), utilizaron una concentración del 3% de O₂ en la conservación de col mínimamente procesada, comprobando la prolongación de la vida útil del producto. Así mismo, se ha comprobado su eficacia sobre manzana mínimamente procesada (Gil et al., 1998; Nunes y Bernardo, 2000; Rocha y Morais, 2001). Por el contrario, Gorny et al. (2002), no lograron evitarlo, conservando pera mínimamente procesada con 0,25 o 0,5kPa de O₂.

Influencia de la composición atmosférica en la alteración microbiológica del producto

La susceptibilidad de los productos vegetales mínimamente procesados al deterioro y a la contaminación microbiana es muy elevada, debido a la manipulación a la que son sometidos durante las diferentes etapas de obtención del producto final.

La composición característica de la fruta (actividad de agua elevada y alto contenido en azúcares) y su bajo pH natural, hacen que la microflora natural del producto esté compuesta principalmente por mohos y levaduras.

El empleo de atmósferas modificadas será prácticamente imprescindible para ralentizar el crecimiento microbiano en el producto. La proliferación de microorganismos aerobios puede ser sustancialmente retrasada con la aplicación de atmósferas con niveles de O_2 reducidos. Por otro lado, el oxígeno es un inhibidor de la flora anaerobia. Por lo tanto, los niveles de O_2 aconsejados para la conservación de vegetales mínimamente procesados, no son superiores a 5kPa.

Por su parte, el CO_2 se caracterizará por sus propiedades bacteriostáticas y fungiestáticas, lo que retardará el crecimiento de hongos y bacterias aerobias. En general, una concentración de 5kPa inhibirá el crecimiento bacteriano, aunque las bacterias Gram-negativas serán generalmente más sensibles que las Gram-positivas. Por el contrario, las levaduras crecerán anaeróbicamente y serán relativamente resistentes al CO_2 .

Con el fin de estudiar la influencia de la baja concentración de O_2 , alta de CO_2 o ambas, sobre el crecimiento microbiano de nuestro producto, llevamos a cabo de forma periódica durante todo el periodo de conservación, el análisis microbiológico de las muestras conservadas en cada una de las composiciones atmosféricas. Una vez más las atmósferas 2, y en mayor medida la atmósfera 4, fueron las mejores condiciones de conservación, siendo las más eficaces frente a la prevención del crecimiento microbiano (ver Fig 4). Las muestras conservadas en las atmósferas 1 y 3 presentaron un deterioro microbiológico evidente en el último día de conservación, sobrepasando el límite máximo de aceptabilidad (10^7 Log₁₀ de aerobios mesófilos). La atmósfera 4 fue la que consiguió un mejor control del crecimiento microbiano, de forma que el recuento de aerobios mesófilos aumentó 1,6 ciclos logarítmicos, frente a los 4,2 y 4,1 ciclos cuando el producto se conservó en aire o en la atmósfera 3.

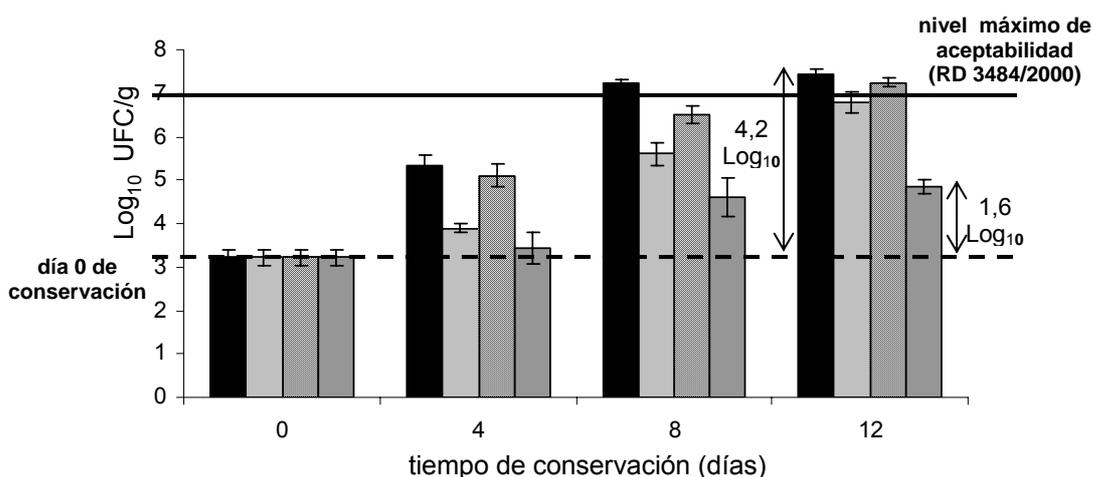


Fig 4. Influencia de la composición atmosférica en el crecimiento microbiano de pera Conferencia mínimamente procesada.

Coincidiendo con nuestros resultados, han sido varios los autores que han demostrado la eficacia de atmósferas bajas en oxígeno en combinación con una alta concentración de CO_2 , para el control de la flora microbiana: Martínez-Ferrer et al. (2002) emplearon una atmósfera compuesta por 4% O_2 + 10% CO_2 para el envasado de mango y piña mínimamente procesadas, logrando prolongar su vida útil hasta 25 días, en condiciones de refrigeración.

Una atmósfera de 2% O₂ + 10% CO₂ redujo el recuento de aerobios mesófilos y mohos y levaduras en dos variedades de mango mínimamente procesado y conservado a 10°C (Rattanapoonone et al., 2001). Bai et al. (2001) redujeron de forma significativa el recuento de bacterias y mohos y levaduras en melón mínimamente procesado, aplicando un tratamiento previo de conservación en combinación con su envasado en AM (4kPa O₂ + 10 kPa CO₂). Estas mismas condiciones fueron aplicadas con éxito en cubos de mango, alargando su vida útil en 2 días respecto a la conservación en aire (Nithiya et al., 2001).

Influencia de la composición atmosférica en la aparición de sabores anómalos

Como ya se ha mencionado en los apartados anteriores, los efectos beneficiosos de una composición atmosférica pobre en oxígeno y enriquecida en dióxido de carbono en la conservación de fruta mínimamente procesada (incluido nuestro producto), han sido ampliamente demostrados. Estos efectos incluyen el control de dos de las principales causas de alteración de este tipo de productos: el pardeamiento superficial y el deterioro microbiológico. Junto con estos efectos beneficiosos existe el riesgo de, si se emplea una concentración de O₂ demasiado baja (<1-2%, dependiendo del tipo de producto), junto con un contenido en CO₂ excesivamente alto (>20%, en función del producto), favorecer la respiración anaerobia del producto. Esto induce a la aparición de desordenes fisiológicos en el fruto, como la destrucción del tejido y la producción de sustancias que contribuyen al desarrollo de sabores y olores anómalos en el producto.

El valor exacto de la concentración de O₂ a la que comienza a desarrollarse el metabolismo anaerobio (punto de extinción o punto de compensación anaerobia), estará en función del tipo de producto, la temperatura y la duración de la exposición a esta condición. Así, con el fin de estudiar la influencia de las composiciones atmosféricas testadas en nuestro estudio, sobre el metabolismo respiratorio de nuestro producto, y su posible influencia sobre la aparición de sabores anómalos al final de su conservación, llevamos a cabo la determinación de la producción de etanol y acetaldehído (metabolitos resultantes de la respiración anaerobia) durante el periodo de conservación.

Las muestras conservadas en la atmósfera 4, con bajo contenido en O₂ y alta concentración de CO₂, fueron las que presentaron una mayor producción tanto de etanol como de acetaldehído durante todo el periodo de conservación (ver Fig 5). Aún así, estos niveles no fueron lo suficientemente altos como para repercutir negativamente en la valoración sensorial del producto, y no se detectó ningún flavor anómalo al final del periodo de conservación, en ninguna de las condiciones ensayadas.

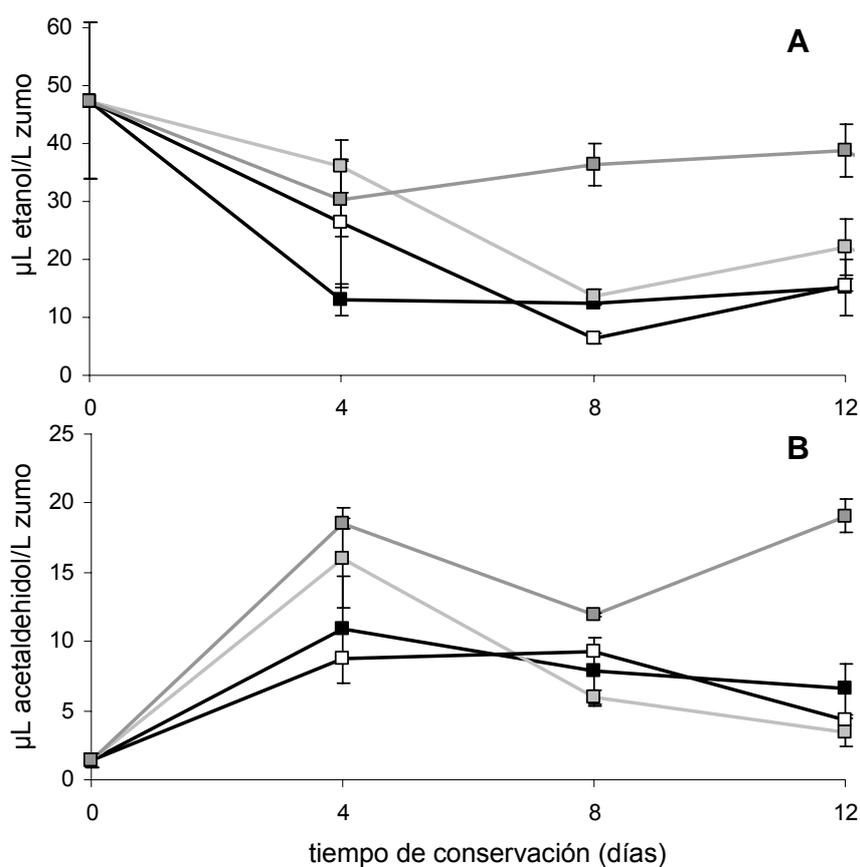


Fig 5. Influencia de la composición atmosférica en la producción de etanol (A) y acetaldehído (B) en pera Conferencia mínimamente procesada

Por el contrario, otros autores si que han observado el efecto de una concentración elevada de CO_2 , sobre la aparición de sabores anómalos en el producto, pero éstos emplearon concentraciones superiores a la nuestra (10%). Por ejemplo, Sarzi y colaboradores (2006), que ensayaron la influencia de distintas concentraciones de CO_2 (5-40%) sobre la conservación de melón mínimamente procesado, observaron alteraciones en el producto cuando lo conservaron con 40% de CO_2 . Gorny y col. (2002), obtuvieron resultados similares en pera mínimamente procesada, detectando sabores extraños cuando conservaron el producto con un 20% de CO_2 .

CONCLUSIONES

El enriquecimiento de la composición atmosférica con un 10% de CO_2 , consiguió una mayor inhibición del pardeamiento en pera *Conferencia* mínimamente procesada. Igualmente, la atmósfera con un bajo contenido en O_2 y alto en CO_2 (2% O_2 + 10% CO_2), fue la que controló más eficazmente el crecimiento microbiano. Por otra parte, este descenso en la concentración de O_2 junto con el incremento en la concentración de CO_2 , no repercutió negativamente en el sabor característico del fruto.

Así, la conservación de nuestro producto en un atmósfera compuesta por 2% O_2 + 10% CO_2 , junto con la aplicación de un tratamiento antipardeamiento eficaz, prolongaría la vida útil de pera *Conferencia* mínimamente procesada hasta aproximadamente 15 días, en refrigeración.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Ati, T.; Hotchkiss, J.H. 2002. Fresh-cut fruits and vegetables: Science, Technology and Market. Lamikanra O. FL, USA.
- Artés, F.; Castañer, M.; Gil, M. Enzymatic browning in minimally processed fruits and vegetables. *Food Sci Tech Int*, v. 4, n.6, p.377-389,1998.
- Bai JH, Saltner RA; Lee YS. A dip in chlorine water supplemented with calcium propionate extendí the shelf life of fresh-cut Honeydew. *HortScience*, v.35, p. 104-107, 2001.
- Gorny, J.R.; Gil, M.I.; Kader, A.A. Quality changes in fresh-cut pears. *Acta Hort*, v. 464, p. 231-236, 1998.
- Gorny, J.R.; Hess-Pierce, B.; Kader, A.A. Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *J. Food Sci*, v. 64, p. 429-432, 1999.
- Gorny, J.R.; Hess-Pierce, B.; Cifuentes, R.; Kader A.A. Quality changes of fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Posthar Biol Tech*, v. 24, p. 271-278, 2002.
- Gómez-López, V.M.; Devlieghere, F.; Bonduelle, V.; Debevere, J. Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelf-life. *Int. J. Food Microbiol*, v. 103, n.1, p.79-89, 2005.
- Lee, M.; Hwang, E.; Kim, K.1995. Extraction, partial characterization and inhibition patterns of polyphenol oxidase from Burdock (*Arctium lappa*). En: Lee Ch and Whitaker JR (eds.). *Enzymatic browning and its prevention*. American Chemical Society. Washington.
- Martínez-Ferrer, M.; Harper, C.; Pérez-Muñoz, F.; Chaparro, M. Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits. *J. Food Sci.*, v. 67, n. 9, p. 3365-3371, 2002.
- Mendoza, R.; Aguilera, J.M. Application of Image Analysis for classification of ripening bananas. *J. Food Sci*, v. 69, p. 471-477, 2004.
- Nithiya, R.; Yuen, L.; Tianxia, W.; Watada AE. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. *HortScience*, v. 36, p.1091-1095, 2001.
- Nunes Rocha, A.; Bernardo de Morais, A. Effects of controlled atmosphere on quality of minimally processed apple. *J. Food Processing and Preservation*, v. 24, p. 435-451, 2000.
- Qi, L.; Wu, T.; Watada, A.E. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *J. Food Quality*, v. 22, p. 513-521, 1999.
- Rattanapanone, N.; Lee, Y.; Wu, T.; Watada, A.E. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. *HortScience*, v. 36, p. 1091-5, 2001.
- Rocha, A.M.; Morais, A.M. Influence of controlled atmosphere storage on polyphenoloxidase activity in relation to colour changes of minimally processed Jonagored apple. *Int J Food Sci Tech*, v. 36, p. 425-432, 2001.
- Senesi, E.; Galvis, A.; Fumagalli, G. Quality indexes and internal atmosphere of packaged fresh-cut pears. *Italian Journal of Food Science* v. 2, n,11, p. 111-120, 1999.
- Zagory, D. Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce. *Perishables Handling Newsletter*, v, 90, p. 2-5, 1997.