

BRÓCOLI ENVASADO EN POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD Y POLICLORURO DE VINILO

CLAUDIA M. GILETTO¹; MARTA A. LOSADA¹ y J.E. CACACE²

Recibido: 10/04/00

Aceptado: 18/09/01

RESUMEN

La atmósfera modificada con películas plásticas y el control de la temperatura son tecnologías recomendadas para mantener la calidad y extender la vida de almacenamiento de hortalizas. La respiración natural en brócoli envasado es suficiente para lograr niveles de dióxido de carbono (CO₂) y de oxígeno (O₂) en el interior del envase que permitan alargar la vida del producto.

Se realizaron tres ensayos a 0°C, 8°C y 12°C en un diseño en parcela dividida con arreglo factorial. Se utilizaron dos películas plásticas: policloruro de vinilo y polietileno de baja densidad, y 4 diseños de paquete: 50, 100, 150 y 200 gramos de brócoli. Se midió la concentración de CO₂ y O₂ del interior de cada envase durante 7 días. Los cambios en la calidad se evaluaron por la pérdida de peso, el color y contenidos de ácido málico y de sólidos solubles durante el período analizado.

La selección de la película óptima para el envasado de brócoli depende de la temperatura de almacenamiento y del peso del producto. A 0°C, con PBD se logra una atmósfera adecuada con muy poca pérdida de peso y cambios químicos. A 8°C, dado que no hay una variación importante de la calidad, la selección deberá realizarse por la concentración interna del gas lograda en el equilibrio y por la pérdida de peso durante el almacenamiento; así, es conveniente optar por PBD con una masa inferior a 100 gramos para obtener concentraciones óptimas de CO₂ y de O₂ y por PVC cuando la masa es superior a 150 gramos para mantener baja la pérdida de peso. A 12°C ninguna de las dos películas fueron buenas para el envasado de brócoli, porque generan la excesiva pérdida de color y de peso (PVC) o la presencia de olores desagradables (PBD).

Palabras claves. Atmósferas modificadas, películas plásticas, temperatura, brócoli.

BROCCOLI PACKED IN LOW DENSITY POLYTHENE AND POLYVINYL CHLORIDE

SUMMARY

The atmosphere modified with plastic films and the control of the temperature is technologies recommended to maintain the quality and to extend the life of storage of vegetables. Natural respiration of packaged broccoli is enough to reach the dioxide of carbon (CO₂) and oxygen (O₂) levels that would extend the product life.

They were carried out three experiments to 0°C, 8°C and 12°C in a design in parcel divided with factorial arrangement. Two different plastic films: polyvinyl chloride (PVC) and low density polyethylene (LDPE), and 4 package contents: 50, 100, 150, and 200 grams of broccoli were used. During 7 days the concentrations of CO₂ and O₂ inside the packages. Changes in quality were evaluated by weight, color, malic acid content and soluble solids variation during the period analyzed.

Selection of the optimum film for broccoli packaging depends on packaging temperature and weight of the product. With LDP at 0°C an adequate atmosphere with little weight loss and chemical changes was attained. At 8°C since there was no important variation in quality, selection should be done by internal gas concentration achieved in equilibrium, and by weight loss during storage; so it is convenient to choose LDP with a mass lower than 100 grams to get optimum CO₂ and O₂ concentrations, and PVC when the mass is higher than 150 grams to sustain a low weight loss. At 12°C neither film was good for broccoli packaging because they produced excessive color and weight loss (PVC) and undesirable off-odors (LDP).

Key words. Modified atmosphere, plastic films, temperature, broccoli.

¹Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce. UNMDP. Ruta 226, Km 73.5. CC 276 CP 7620.

²Estación Experimental INTA-Balcarce. Ruta 226, Km 73.5. CC 276 CP 7620.

INTRODUCCIÓN

Se estima que del total de frutas y hortalizas cosechadas, se pierden el 25-40% (Day, 1996) durante la distribución desde el campo hasta el consumidor. Una forma de reducir estas pérdidas es el uso de atmósferas modificadas con películas plásticas junto con un sistema de refrigeración, desarrollados para cada producto vegetal. El empleo de atmósferas modificadas ha sido recomendado para mantener la calidad y extender la vida durante el almacenamiento de varios productos (Kader *et al.*, 1985).

La alta tasa respiratoria del brócoli es suficiente para modificar los niveles de oxígeno (O₂) y de dióxido de carbono (CO₂) cuando es envasado con una película plástica. La atmósfera generada es consecuencia de un balance de gases, que depende de la tasa respiratoria del producto, y de la permeabilidad del film sujeta a los cambios que se producen por efecto de la temperatura durante el almacenamiento (Zagory y Kader, 1988). La reducción de la temperatura de almacenamiento retrasa los procesos fisiológicos favoreciendo la conservación, siendo favorables a temperaturas próximas a 0°C. Reyes *et al.*, (1995) conservaron inflorescencias de brócoli durante 20 días a 4°C sin disminución de la calidad. Estos mismos autores informaron que en brócoli envasado con películas plásticas se desarrolló una concentración de equilibrio a los dos días de empaquetado, de 8-10% de O₂ y de 12-14% de CO₂ manteniendo su calidad por tres semanas.

El envasado reduce la pérdida de peso, disminuyendo la pérdida de agua por transpiración. El uso de películas plásticas actúa como barrera al vapor de agua, incrementando la humedad relativa alrededor del producto, y disminuyendo el déficit de vapor de agua entre el producto y el microambiente alrededor de él (Anelli *et al.*, 1984; Maklout *et al.*, 1989).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la temperatura, de la película y del peso del brócoli en el paquete sobre la atmósfera modificada lograda en el equilibrio y los cambios fisiológicos producidos en el brócoli durante el almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y empaquetamiento

Brócoli cosechado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires fue seleccionado en igual estado fisiológico.

Se realizaron en forma simultánea dos ensayos a 0°C y 12°C y otro a 8°C 10 días después. Para cada ensayo, se pesaron aproximadamente 50, 100, 150 y 200 gramos de brócoli preenfriado y se colocaron en cajas de plástico de 10 x 15 x 4 cm, las cuales fueron empaquetadas con dos películas plásticas, policloruro de vinilo (PVC) o polietileno de baja densidad (PBD), con un coeficiente de permeabilidad al CO₂ de $5,7 \times 10^{-2} \pm 0,08$ y $4,3 \times 10^{-2} \pm 0,006$ ml mil cm² atm⁻¹ hs⁻¹ (Losada *et al.*, 1998), respectivamente. Estas películas se seleccionaron teniendo en cuenta los coeficientes de permeabilidad al O₂ y al CO₂ y las tasas de consumo y producción respectivamente de estos gases, por parte del brócoli (Exama, *et al.*, 1993).

Determinaciones gaseosas

Se probó la atmósfera generada pasivamente midiendo la composición de CO₂ y O₂ de cada envase durante 7 días para los ensayos a 0°C y 12°C y durante 4 días para el de 8°C. Para ello, una muestra de 5 ml de cada caja se inyectó en un analizador de gases. El equipo utiliza un medidor infrarrojo para el CO₂ y una celda de cerámica de zirconio estabilizado de alta densidad y pureza para el O₂¹. Para calibración se usó el aire atmosférico y gas de un cilindro de CO₂ puro².

Determinaciones sobre el material vegetal

Para evaluar la calidad y la madurez se efectuaron determinaciones de peso fresco, color, concentración de ácido málico y sólidos solubles al inicio y a los siete días del ensayo.

Peso fresco. Las muestras se pesaron en balanza con aproximación de décima de gramo. Se calculó la pérdida de peso por diferencia con los pesos iniciales y se expresó como porcentaje del peso fresco inicial.

Color. Se midió el color en 3 puntos tomados al azar en cada caja usando un colorímetro³ registrándose los valores promedio de L, a y b. Se expresaron los datos en Hue angle (tg⁻¹b/a) (Choma Meter, 1991; Mc Guire, 1992).

Muestras de 50 gramos se procesaron en una juguera y del jugo extraído se tomaron alícuotas para las determinaciones de acidez, y sólidos solubles.

Acidez titulable. A una alícuota de 10 g del jugo con 50 ml de agua destilada se tituló con hidróxido de sodio 0,1N hasta pH 8,10 expresándose la acidez como porcentaje de ácido málico utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{0,0067 \times V \text{ (ml)}}{m} \times 100$$

A = acidez en % de ácido málico

V = volumen de hidróxido de sodio (0,1 N) utilizado en cada titulación en ml.

m = gramos de muestra.

¹Illinois Instruments

²AGA.

³MINOLTA CR 300

Sólidos solubles. Se centrifugó diez mililitros de jugo durante 20 minutos a 5000 rpm, se midieron los sólidos en grados Brix (porcentaje de sólidos solubles) con refractómetro de mano¹.

Análisis estadístico

Cada ensayo se realizó en un diseño de parcela dividida con arreglo factorial, con tres repeticiones. La parcela principal correspondió al tiempo de almacenamiento. El arreglo factorial 2x4: dos películas plásticas (PBD y PVC) y cuatro pesos de producto (50, 100, 150 y 200 g). Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa Statical Anallys Systems (SAS) (SAS, Institute, INC., 1985) y para la comparación de las medias se utilizó el test de Duncan ($p < 0,05$), cuando el ANOVA era significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de O₂ y CO₂

La composición de la atmósfera en el envase depende de dos procesos, la respiración del producto y la difusión de los gases a través de las películas (Forney *et al.*, 1989). Por lo tanto la selección de la película debe efectuarse teniendo en cuenta la tasa respiratoria del producto y la permeabilidad de las películas. El equilibrio que se alcanza varía con el peso de brócoli. Un aumento de este último incrementa la concentración de dióxido de carbono y disminuye la del oxígeno en el estado de equilibrio.

Dióxido de carbono

Los envases de PBD y PVC almacenados a 0°C y a 12°C alcanzaron la concentración de equilibrio a partir de las 22 horas, en forma similar a lo informado por Forney *et al.*, (1989); y los que estaban a 8°C obtuvieron el equilibrio a las 17 horas (Figuras 1, 2 y 3). Con PBD la concentración de equilibrio del CO₂ a 0°C se incrementó con el aumento del peso de brócoli alcanzando valores de 12-22%, siendo significativamente diferente para 50, 100 y 150 g entre sí y de las dos primeras con las cajas de 200 gramos (Figura 1b). En los envases de PVC la concentración de CO₂ siguió el mismo patrón, pero la concentración del gas aumentó sólo entre 2 y 10%. Con este plástico, el aumento de la concentración de dióxido fue significativamente diferente con el aumento del peso de brócoli para todos las cajas (Figura 1a).

A 8°C, los envases con PBD, lograron una concentración interna de CO₂ que varió entre 15-30%, diferenciándose los envases con 50 gramos de brócoli del resto de las cajas. Con PVC, las concentraciones de CO₂ para los distintos tratamientos oscilaron entre 2,5-11%, diferenciándose los envases de 50 y 200 gramos con los de 100 y 150 gramos (Figura 2).

A 12°C, la concentración de CO₂ en PBD, lograda en el equilibrio superó el 25% en los paquetes con 100, 150 y 200 gramos. Estos valores son mayores a las concentraciones toleradas por brócoli, provocando una respiración de tipo anaeróbica con la producción de olores desagradables. Este tratamiento podría mejorarse con el uso de adsorbentes de CO₂ para evitar una acumulación excesiva del gas. En los paquetes de PVC la concentración de equilibrio fue del 6-11% (Figura 3).

En general, las concentraciones de equilibrio de CO₂ obtenidas para cada película aumentaron con el incremento del peso de brócoli y con la temperatura de almacenaje. Con PVC se obtuvieron concentraciones internas más aptas para el envasado, ya que nunca superaron el 15% recomendado (Wills *et al.*, 1989). En este plástico se encontraron menores diferencias en las concentraciones que en PBD, por efecto de una modificación de los pesos. En cambio con PBD hubo un comportamiento diferencial dependiendo de la temperatura de almacenamiento, a 8°C y a 12°C se alcanzaron concentraciones superiores al nivel crítico generando olores desagradables, especialmente para pesos mayores. A 0°C con envases de más de 100 gramos la concentración de equilibrio superó el 15%, no generando olores desagradables.

Oxígeno

Con la película PBD las concentraciones de O₂ a 0°C, para cualquiera de los pesos utilizados, nunca fueron menores al 2%, umbral crítico para brócoli, (Wills *et al.*, 1989). Los valores en el equilibrio variaron entre 5-9%, aunque sólo el envase con 50 gramos se diferenció significativamente del resto. En los envases de PVC la concentración de equilibrio de O₂ varió entre 17-18%. La disminución de la concentración de O₂, fue significativamente diferente con el aumento del peso de brócoli comparando las cajas de 50 con las de 150 y 200 gramos y las cajas de 100 con la de 200 gramos (Figura 1).

¹ATAGO

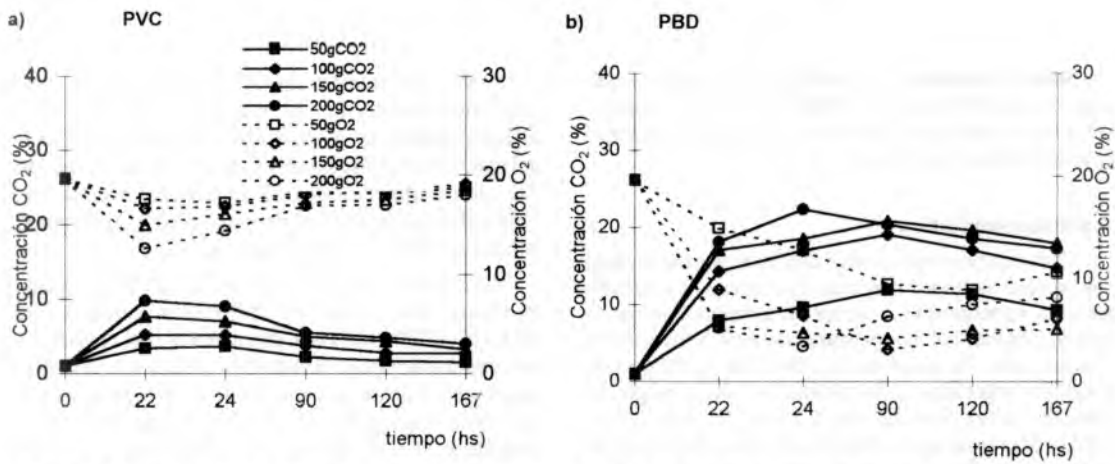


Figura 1. Concentración de CO₂ y O₂ en paquetes de 50, 100 y 200 g de brócoli envasado a 0°C en: a) policloruro de vinilo (PVC) y b) polietileno de baja densidad (PBD).

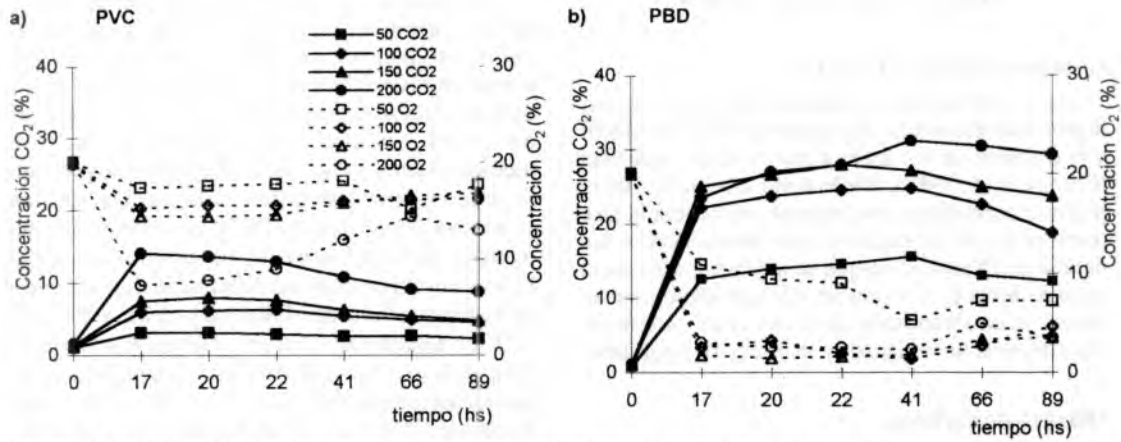


Figura 2. Concentración de CO₂ y O₂ en paquetes de 50, 100, 150 y 200 g de brócoli envasado a 8°C en: a) policloruro de vinilo (PVC) y b) polietileno de baja densidad (PBD).

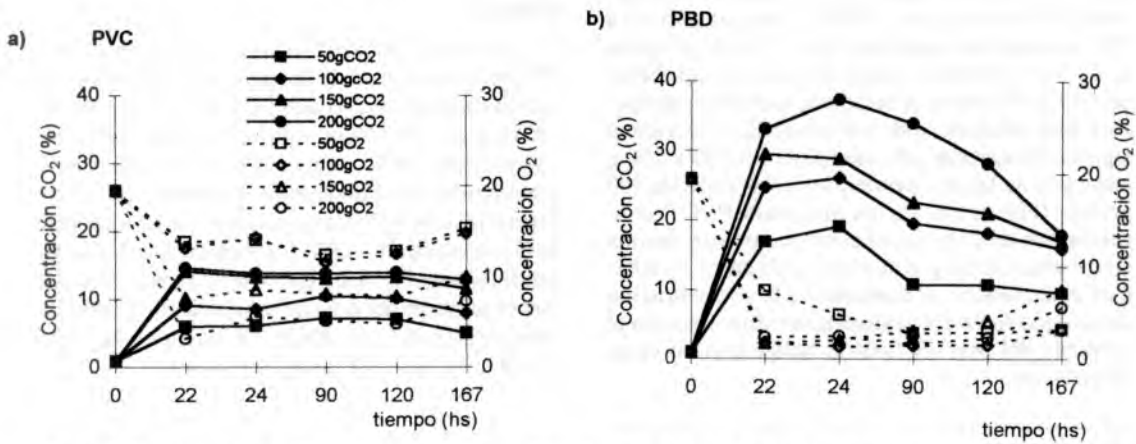


Figura 3. Concentración de CO₂ y O₂ en paquetes de 50, 100, 150 y 200 g de brócoli envasado a 12°C en: a) policloruro de vinilo (PVC) y b) polietileno de baja densidad (PBD).

Los envases con PBD a 8°C, obtuvieron una concentración interna de O₂ en el equilibrio entre 2-6%, muy cercanos al límite crítico en las envases de 100, 150 y 200 gramos, diferenciándose de éstos los envases con 50 gramos de brócoli. A la misma temperatura los envases con PVC obtuvieron concentraciones de equilibrio entre 16-18%, diferenciándose los envases de 50 y de 200 g con los tres pesos restantes (Figura 2).

A 12°C, todos los envases con PBD obtuvieron concentraciones de O₂ inferiores al 2%, valores menores a las toleradas por brócoli, provocando una respiración de tipo anaeróbica. Mientras que con PVC las concentraciones de equilibrio de O₂ variaron entre 5-15 % (Figura 3).

La concentración de equilibrio de O₂ disminuye con el aumento del peso y de la temperatura. Con PBD, a 8°C y 12°C la concentración del gas no se diferencia en envases de más de 100 gramos de producto y en general es perjudicial cualquiera sea el peso que se utilice. Por el contrario a 0°C las concentraciones de O₂ fueron adecuadas para cualquier peso de brócoli. Debido a la alta permeabilidad del PVC, las concentraciones de O₂ a todas las temperaturas, se mantuvieron en valores altos, por encima de 5%, siendo menores los valores cuanto mayor es la temperatura.

Con respecto a la evolución gaseosa en el interior de los envases para cada película utilizada se puede concluir que: los paquetes con PVC lograron concentraciones de equilibrio de CO₂ menores y concentraciones de O₂ mayores que en los de PBD con diferencias significativas. Evidentemente, estas diferencias pueden atribuirse a las tasas de permeabilidad a los gases en ambos plásticos que permiten una mayor difusión en el caso del PVC. Esta película permite envasar mayores pesos de brócoli para los mismos tamaños de paquetes mientras que con el PBD, con esas cantidades de brócoli se pueden lograr efectos indeseables. Para las tres temperaturas evaluadas y ambas películas, se logró aumentando la masa de brócoli, un incremento de la concentración de CO₂ y una disminución del O₂ en el equilibrio.

COLOR

La atmósfera generada en el interior del paquete y la temperatura de almacenamiento afectan el cambio de color en brócoli por degradación de la clorofila (Barth *et al.*, 1993). La modificación del

color influye sobre la aceptación de este producto por parte del consumidor. Una de las formas de describir el color es a través de los cambios del tono representado por el Hue, el mismo, indica cambio del color verde al amarillo.

A 0°C en ambas películas y en todos los pesos no hubo diferencias significativas en el tono y en general los valores Hue fueron mayores a 120 lo que indica el mantenimiento del color verde. El brócoli almacenado a 8°C tampoco presentó diferencias significativas en el Hue entre las películas y el período de almacenamiento, y los valores fueron menores a 120 debido a que el producto traído del campo ya presentaba un color verde más claro. Estos resultados coinciden con los encontrados por Izumi *et al.*, (1997); en los cuales el color de brócoli medido en Hue se mantuvo igual a los valores de cosecha durante 27 días a 0°C, 5°C y 10°C en atmósferas controladas.

A 12°C, hubo una evidente pérdida de color en las inflorescencias debido al tipo de película. El brócoli envasado con PVC varió el tono desde un Hue de 121,74 a 113,22, quedando totalmente amarillento, con una evidente degradación de la clorofila (Cuadro N° 1). A los 7 días no se determinó diferencias significativas debido al efecto de los distintos pesos. La pérdida de color puede ser causada tanto a la producción de etileno (Tian *et al.*, 1994), como a la ruptura de la estructura de la clorofila debido a los cambios de pH, asociado con el aumento de concentración de ácidos orgánicos en el citoplasma celular (Wills, *et al.*, 1989). Las inflorescencias de brócoli envasadas con PBD, no presentaron variación en el tono durante el almacenamiento (Cuadro N° 1) y no se determinó efecto de los distintos pesos.

PERDIDA DE PESO

La pérdida de agua depende de la diferencia de presión de vapor entre el producto y el ambiente que lo rodea. Con el envasado se reduce esa diferencia, por crearse en el interior del paquete una atmósfera rica en vapor de agua, disminuyendo la transpiración del producto. Los polietilenos son mejores barreras al vapor de agua que los policloruros (Wills *et al.*, 1989).

El producto envasado con PBD, a las tres temperaturas y en todos los pesos, presentó el menor porcentaje de pérdida, con un rango de 0,52%-1,97% (Cuadro N° 2). Mientras que el envasado con

Cuadro N° 1. Tono promedio para todos los pesos en hue, al inicio y a los 7 días en brócoli envasado en PBD y PVC a 12°C. Las letras iguales indican que no existen diferencias significativas en el hue al inicio y al final del almacenamiento para la misma película según test de Duncan ($p<0,05$).

Tiempo	Hue en brócoli envasado con PBD	Hue en brócoli envasado con PVC
Inicial	121,74 a	121,74 a
7 días	121,71 a	113,22 b

Cuadro N°2. Porcentaje de pérdida de peso en brócoli envasado en PBD y PVC en cuatro diferentes pesos (50, 100, 150 y 200 gramos) a 0°C, 8°C y 12°C. Las letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los pesos de los paquetes para cada película y temperatura según test de Duncan ($p>0,05$).

Peso	Pérdida de peso en brócoli envasado con PBD			Pérdida de peso en brócoli envasado con PVC		
	0°C	8°C	12°C	0°C	8°C	12°C
50 g	1,67 a	1,84 a	1,97 a	4,29 a	9,80 a	5,90 a
100 g	1,00 b	1,47 a	1,26 a	2,49 b	6,54 b	6,56 a
150 g	0,70 c	1,14 a	0,72 a	1,98 c	5,00 c	4,46 a
200 g	0,52 d	1,02 a	1,25 a	1,97 c	4,12 c	3,12 a

Cuadro N° 3. Contenido de sólidos solubles promedio para todos los pesos, en grados Brix (%P/P), al inicio y al final del almacenamiento en brócoli envasado con PBD y PVC a 0°C, 8°C y 12°C. Las letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre el valor inicial y el obtenido a los 7 días con cada película y temperatura, según test de Duncan ($p<0,05$).

Temperatura	Sólidos solubles inicial (%P/P)	Sólidos solubles con PBD, a los 7 días (%P/P)	Sólidos solubles con PVC, a los 7 días (%P/P)
0°C	6,667 b	7,650 a	7,933 a
8°C	7,667 a	7,600 a	7,958 a
12°C	6,200 c	7,583 b	8,783 a

Cuadro N° 4. Contenido de sólidos solubles, en grados Brix (%P/P) en brócoli al final del almacenamiento a 0°C, 8°C y 12°C. Las letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los pesos a la misma temperatura según test de Duncan ($p<0,05$).

Peso	Sólidos solubles (%P/P)		
	0°C	8°C	12°C
50 g	8,13 a	8,35 a	9,13 a
100 g	7,36 b	7,62 ab	7,56 bc
150 g	7,63 b	8,00 a	8,08 b
200 g	7,70 b	7,17 b	7,28 c

Cuadro N° 5. Contenido de ácido málico promedio para todos los pesos, en grados Brix (%P/P), al inicio y al final del almacenamiento en brócoli envasado con PBD y PVC a 0°C, 8°C y 12°C. Las letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre el valor inicial y el final con cada película y temperatura, según test de Duncan ($p<0,05$).

Temperatura	Ácido málico inicial (mg/g)	Ácido málico con PBD, a los 7 días (mg/g)	Ácido málico con PVC, a los 7 días (mg/g)
0°C	0,55 a	0,50 a	0,52 a
8°C	0,40 a	0,46 a	0,48 a
12°C	0,50 b	0,53 b	0,70 a

PVC tuvo mayor pérdida de peso al aumentar temperatura. Con esta película es recomendable utilizar envases con más de 50 g a 0°C, con 200 g o más a 8°C y con 150 g o más a 12°C. Sin embargo, teniendo en cuenta que la pérdida peso de brócoli no debería ser mayor a 4,3% (Krarup, 1985), no es aconsejable la utilización de esta película para el envasado.

SÓLIDOS SOLUBLES

Durante las primeras 12 hs. posteriores a la cosecha, las protopectinas, se fraccionan en cadenas de menor peso molecular, las que son más solubles en agua (King y Morris, 1994). Este proceso fisiológico es signo de madurez, que se acelera con la temperatura. La cantidad de sólidos solubles expresada como porcentaje de peso en peso varió con la temperatura de almacenamiento y la atmósfera creada en el interior del envase. A 0°C, a los 7 días no hubo diferencia en el contenido de sólidos solubles por el efecto de las películas y fue significativamente superior al valor inicial. A 8°C el porcentaje de sólidos no varió ($p < 0,05$) durante los días de almacenamiento ni se determinó efecto debido a la película. A 12°C, el brócoli envasado con PVC presentó mayor contenido de sólidos y se diferenció significativamente del envasado con PBD. A esta misma temperatura, luego del período de almacenamiento hay un aumento significativo en la cantidad de sólidos solubles, indicando la degradación de compuestos orgánicos (Cuadro N° 3).

A los siete días, el contenido de sólidos solubles varió con el peso de brócoli. A 0°C y a 12°C, el paquete de 50 g presentó el valor más alto de sólidos y se diferenció significativamente del resto de los paquetes. A 8°C, los envases con 50 g y 150 g de brócoli presentaron los mayores valores diferenciándose de los de 200 g (Cuadro N° 4).

ÁCIDO MÁLICO

La cosecha y el manejo posterior, incluyendo lesiones u otro tipo de daños, desencadenan una serie de eventos fisiológicos con un pico respiratorio durante las primeras 24 a 30 horas de la cosecha. El sustrato utilizado durante ese corto tiempo para la respiración está constituido en mayor proporción por ácidos orgánicos y le siguen en importancia los azúcares. Los ácidos declinan a las 12 horas de la cosecha a valores por debajo de 0,6 mg/g peso fresco. En brócoli de estos ácidos orgánicos, el málico es el que se encuentra en mayor proporción (King y Morris, 1994).

Los datos experimentales obtenidos de ácido málico en general son bajos, menores de 0,6 mg/g. Tanto a 0°C como a 8°C no se encontró un efecto marcado por temperatura, películas y diseño de paquete sobre el contenido del mismo, los valores promedio obtenidos fueron 0,51 mg/g y 0,46 mg/g, respectivamente. En cambio, a 12°C, se determinó diferencia en el contenido del ácido por efecto de la película, el peso y el tiempo de almacenamiento. Con PVC, las inflorescencias de brócoli presentan un valor de ácido málico de 0,70 mg/g que lo diferencia significativamente del valor inicial, mientras que con PBD el contenido del ácido fue de 0,53 mg/g manteniéndose igual al valor inicial (Cuadro N° 5). A esta misma temperatura, los envases de 50 g presentaron los valores más altos del ácido y se diferenció significativamente de los de 200 g.

CONCLUSIONES

La temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes a tener en cuenta para mantener la calidad del producto envasado. Para los productos mínimamente procesados es ideal utilizar 0°C, aunque también se recomienda que la temperatura varíe en un rango de 5 a 15°C (Watada, 1997). De las tres temperaturas evaluadas en este trabajo se puede concluir que:

A 0°C, tanto PBD como PVC, independientemente de sus características físicas, permitieron mantener en forma adecuada al producto con cualquier diseño de envase. El brócoli envasado en estas condiciones no presentó diferencias en el tono del color y en el contenido de ácido málico, aunque sufrió un leve aumento en la cantidad de sólidos solubles a los 7 días.

Para envasar brócoli a 8°C, es necesario ser más cuidadoso en la elección de las películas y en el contenido del producto en cada paquete, sobre todo si se desea que el período de almacenamiento dure más de siete días. A 8°C en brócoli los parámetros de calidad, tono del color, sólidos solubles y ácido málico no se diferenciaron significativamente con la película utilizada ni durante los 7 días que duró en ensayo. Por lo tanto, la selección de la película y del diseño del paquete va a depender de otros factores que afecten en forma más pronunciada la calidad del producto. En el caso de elegir PBD, es recomendable utilizar un paquete que contenga menos de 100 g de brócoli para evitar una excesiva acumulación de gases. Si se utilizara PVC es aconsejable utilizar un paquete que contenga más de 150 g de brócoli para evitar una excesiva pérdida de peso.

sejable utilizar un paquete de más de 100 g y así se evitaría una pérdida de peso superior al umbral crítico.

Ambas películas, evaluadas a 12°C no fueron buenas para mantener la calidad del brócoli envasado. Los envases de PBD lograron concentraciones de CO₂ y de O₂ en el equilibrio que superan los críticos permisibles para brócoli (Wills *et al.*, 1989). De los parámetros de calidad el contenido de sólidos solubles aumentó mientras que el contenido de ácido málico y el tono del color no varió durante los 7 días. Los paquetes con PVC, a pesar de que las con-

centraciones de ambos gases en el equilibrio fueron adecuadas, sufren una pérdida excesiva de agua y una disminución en el tono del color, acompañados a un aumento importante en el contenido de sólidos solubles y de ácido málico. En este último caso, los altos valores del ácido, acompañado con la posible producción de etileno pudieron ser uno de los causantes de la pérdida de color (Willset *et al.*, 1989). Sería conveniente poder seleccionar un tipo de película que permita mantener las mínimas condiciones de calidad del producto cuando se lo almacena a esta temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

- ANELLI, G.; F. MANCAREFLI and F. GUARALDI. 1984. Short storage of *Brassica oleracea* L. and *Brassica campestris* L. different types of modified atmospheres. *Acta Hort.* 157: 177-184.
- BARTH, M.; E.L. KERBEL; A.K. PERRY and S.J. SCHMIDT. 1993. Modified packaging affects ascorbic acid, enzyme, activity and market quality. *Journal of food Science.* 58 (1):140-143.
- CHROMA METER. CR 300. 1991. Instruction Manual. Minolta Co.
- DAY, B.P.F. 1996. A perspective of modified atmosphere packaging of fresh produce in Western Europe. *Food Science and Technology Today.* 4 (4):215 - 221.
- EXAMA A.; J. ARUL; R. LANCKI and Z. LI. 1993. Suitability of various plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables; gas transfer properties and effect of temperature fluctuation. *Acta Horticulturae* 343, *Postharvest* 92: 175-180.
- FORNEY, C.F.; RIJ, R.E. and ROSS, S. R. 1989. Measurement of broccoli respiration rate in film-wrapped packages. *HortScience*, 24: 111-113.
- IZUMI H.; A.E. WATADA and W. DOUGLAS. 1997. Controlled atmosphere and subsequent air storage of broccoli florets at various temperatures. *Food Sci Technol. Int. Tokyo.* 3 (1): 34-40.
- KADER, A.A.; R.F. KASMIRE; F.G. MITCHELE; M.S. REID; N.F. SANNER and J.F. THOMPSON. 1985. Postharvest Technology of horticultural crops. Cooperative Extension University of California Division of agriculture and natural resources. 192 p.
- KING, G.A. and S.A. MORRIS. 1994. Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119 (5): 1000-1005.
- KRARUP, C. 1985. Significación y regulación de los procesos fisiológicos durante la post-cosecha. Aplicación en Hortalizas. Boletín hortícola. A.S.A.H.O. Vol. 4(8): 33-40.
- LOSADA, M.A.; C.M. GILETTO y J.E. CACACE. 1998. Un método sencillo para medir permeabilidad de gases en films plásticos. XXI Congreso Argentino de Horticultura realizado en la ciudad de San Pedro.
- MAKHLOUF, J.F.; J. CASTAIGNE; C. ARUL; WFFLEMOT and A. GOSSELIN. 1989. Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. *HortScience.* 24: 637-639.
- Mc GUIRE, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254.
- REYES, V.G. and I.V. GOULD. 1995. Improved processing and packaging of selected minimality processed vegetables. Australian Postharvest Horticulture Conference. Pág. 445-450.
- SAS. INSTITUTE INC. 1985. User's guide. Statics version 5 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- TIAN, M.S.; C.G. DOWS; R.E. LILL and G.A. KING. 1994. A role for ethylene in the yellowing of broccoli after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119 (2): 276-281.
- WATADA, A.E. 1997. Quality maintenance of fresh-cut fruits and vegetables. *Food and Biotechnology.* 6, (4): 229-233.
- WILLS, R.B.H.; W.B. Mc GLASSON.; D. GRAHAM; T.H. LEE and E.G. HALL. 1989. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. Published by Van Nostrand Reinhold. New York. 174 p.
- ZAGORY, D. and A. KADER. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42:70-74.