

## FACTORES DE PRECOSECHA Y CALIDAD DE COLIFLOR (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) MÍNIMAMENTE PROCESADA

### PREHARVEST FACTORS AND QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED CAULIFLOWER (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)

Verónica Romina Logegaray<sup>1</sup>, Diana Frezza<sup>1</sup>, Adrián León<sup>1</sup> y Angel Chiesa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Horticultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (C1417DSE) Buenos Aires, Argentina.

\* Autor para correspondencia E-mail: logegara@agro.uba.ar

#### Resumen

La coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) es una hortaliza valorada por su contenido nutritivo y escaso aporte calórico. Es un producto altamente perecedero, por tanto, resulta importante brindarle condiciones óptimas de almacenamiento, y es sensible a atmósferas modificadas inapropiadas. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de coliflor mínimamente procesada, envasada en bandejas recubiertas con poliolefina termocontraíble y con PVC termocontraíble (resinite), proveniente de un cultivo a campo con y sin cobertura de polietileno negro. Las coliflores se cosecharon y se llevaron directamente desde el campo al laboratorio. Después de la remoción manual de las hojas exteriores, se cortó en pedazos, se envasó en bandejas usando los dos tipos de film, y se almacenó en cámara a 4-5°C durante tres semanas. Las variables que se evaluaron fueron: apariencia general, color, pérdida de peso y concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en la atmósfera interna de los envases. El material de cubierta de suelo en precosecha, la cubierta del envase en postcosecha, y el tiempo de almacenamiento tuvieron influencia en la apariencia general, textura y algunos parámetros del color en la zona de corte (L\* y a\*). Las mayores diferencias encontradas en el comportamiento postcosecha se debieron al efecto del tiempo. Respecto al material de envasado, la mayor pérdida de peso se encontró en las bandejas con PVC. Se encontraron diferencias significativas en la concentración de gases en el interior de los envases según el envase utilizado y el tiempo de almacenamiento. El material de envasado tuvo efecto en la variación del contenido de gases dentro del envase resultando mayor la disminución del porcentaje de oxígeno en bandejas con PVC.

**Palabras clave:** PVC, atmósfera modificada, apariencia, color.

#### Abstract

Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) is appreciated for its nutritional value and low caloric intake. Optimal storage conditions are important to maintain quality because cauliflower is a highly perishable vegetable and also sensitive to inappropriate modified atmosphere conditions. The aim of this study was to evaluate the behavior of minimally processed cauliflower packed using two different film types, polyolefin and stretch PVC film, from a crop cultivated with or without black polyethylene mulch. Cauliflower was harvested and transported directly from the field to the laboratory. After manual removal of the outer leaves and cutting into pieces, cauliflower pieces were packed in trays covered with two different types of films, and stored in a chamber at 4-5 °C for three weeks. General appearance, color, weight loss, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations inside the packaging and pH were measured. General appearance, color, texture and some color parameters on cut surface (L\* y a\*) were influenced by mulch, film and postharvest time. Marked differences found in the postharvest behavior were due to the effect of time. Regarding the packaging material, maximum weight

loss was found in the trays wrapped with PVC. Significant differences were found in gas concentration inside the packaging depending on the film used and storage time. The lowest level of oxygen was observed in trays with PVC.

**Key words:** appearance, color, passive modified atmosphere, PVC.

## INTRODUCCIÓN

Los vegetales son esenciales para una alimentación saludable. El género *Brassica* comprende diversas especies pertenecientes a Brassicaceae (Cruciferae), considerada entre las diez familias más importantes desde un punto de vista económico (Fahey, 2003), y son una buena fuente de vitaminas, minerales y fibra dietaria. A su vez contienen glucosinatos (Hodges y Toivonen, 2008), compuestos sulfurados, fitoquímicos beneficiosos para la salud y poseen textura y sabor característico (Fahey, 2003; Dixon, 2007). La coliflor pertenece a esta familia y su órgano de cosecha es la inflorescencia en estado inmaduro, que requiere una provisión continua de energía, nutrientes, hormonas y agua (Page et al., 2001; Murcia et al., 2003).

Para este tipo de inflorescencia se consideran como criterios de calidad: tamaño, firmeza y color, además deben estar limpias, libres de lesiones e insectos, y ausencia de olores y sabores extraños. Tampoco deben presentar manchas, podredumbres, signos de ataque de plagas o enfermedades, daño por heladas, sobremaduración o golpes (SAG, 1983). La apariencia es el principal criterio de elección de los productos frescos, siendo el color uno de los atributos que los consumidores relacionan con la calidad; en el caso de la coliflor la inflorescencia debe ser blanca y brillante.

La coliflor posee una alta tasa respiratoria, por lo tanto, tiene una elevada pérdida de agua en la postcosecha. Las condiciones óptimas de almacenamiento para este producto son 0°C y 95-98% de humedad relativa. Generalmente no se recomienda el almacenamiento por más de tres semanas para una buena calidad visual y sensorial. La marchitez, el pardeamiento, el amarillamiento de hojas y las pudriciones tienden a incrementarse en almacenamientos mayores a 3-4 semanas o a temperaturas superiores a las recomendadas (Suslow y Cantwell, 2007).

Los productos mínimamente procesados son cada vez más demandados por los consumidores debido a la conveniencia, seguridad y calidad nutritiva y sensorial (Schlimme, 1995; Wiley, 1997; Allende et al., 2006). A diferencia de los productos frescos, los tejidos de las hortalizas listas para el consumo han sido ligeramente modificados por el procesado (lavado, pelado, cortado, etc.) lo que induce al deterioro, senescencia y crecimen-

to microbiano (Watada et al., 1996; Murcia et al., 2003).

La vida postcosecha de los productos mínimamente procesados puede prolongarse a través de buenas prácticas agrícolas (BPA) y acompañado del uso de atmósfera modificada pasiva (AMP) y almacenamiento a bajas temperaturas (Gillies y Toivonen, 1995; Rai et al., 2008). El empleo de películas poliméricas con permeabilidad selectiva modifica la atmósfera de almacenamiento (Singh y Goswami, 2006; Olarte et al., 2009) existiendo distinta respuesta según la película utilizada (Allende et al., 2006).

Un aspecto que determina la composición y calidad de los productos hortícolas es el manejo precosecha. Durante el cultivo, el acolchado plástico se presenta como una técnica que permite mejorar la eficiencia del uso de agua del suelo, controlar malezas, lograr precocidad y mayor rendimiento por el aumento de la temperatura del suelo (Lamort, 1993). Existen estudios del uso de acolchado plástico para el género *Brassica*, especialmente en lo relativo a crecimiento de las plantas y rendimiento (Díaz Pérez, 2009), pero no se ha encontrado información del efecto sobre la calidad del producto.

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento en postcosecha de coliflor, proveniente de un cultivo a campo con y sin cobertura de polietileno negro, mínimamente procesada y envasada en bandejas recubiertas con poliolefina y PVC termocontraíbles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo de coliflor se llevó a cabo en el campo experimental de la Cátedra de Horticultura de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (35°35' S, 58°31' O), en producción a campo con y sin cobertura (mulch) de polietileno negro de 27µ en otoño-invierno.

Las inflorescencias (pellas) de coliflor se cosecharon cuando estaban firmes, compactas y blancas y se llevaron inmediatamente al laboratorio, diferenciando los tratamientos de precosecha con y sin cobertura de polietileno negro. Se eliminaron las hojas y se cortaron las inflorescencias en trozos de 50-60 g cada una (Olarte et al., 2009). El material vegetal se lavó por inmersión en agua clorada con 200 mL L<sup>-1</sup> de cloro activo, dejando escurrir el exceso de agua. Las muestras (300 g en

promedio) se colocaron en bandejas de poliestireno expandido según tratamiento precosecha, y se cubrieron con dos tipos de películas: PVC termocontraíble (Espesor: 17,7  $\mu$ , permeabilidad al  $O_2$  y  $CO_2$  a 23°C 1 bar de presión y 0% de humedad: 11232  $cm^3 cm^{-2} día^{-1}$  y 48552  $cm^3 cm^{-2} día^{-1}$ , respectivamente; permeabilidad al vapor de agua a 38°C y 100% HR: 40  $g m^{-2} día^{-1}$ ) y poliolefina multicapa termocontraíble D955 (espesor: 15  $\mu$ , permeabilidad al  $O_2$  y  $CO_2$  a 23°C 1 bar de presión y 0% de humedad: 9500  $cm^3 cm^{-2} día^{-1}$  y 31000  $cm^3 cm^{-2} día^{-1}$ , respectivamente; permeabilidad al vapor de agua: 23,5  $g m^{-2} día^{-1}$ ). Las muestras permanecieron en cámara durante tres semanas a  $4 \pm 1^\circ C$ . Se realizaron mediciones y determinaciones al momento de envasado y a los 4, 7, 10, 14, 17 y 21 días de almacenamiento.

### Calidad visual y sensorial

Para determinar apariencia general, color, textura y olor se utilizó un método de evaluación subjetivo, basado en la posible aceptación por el consumidor, con una escala de 5 (excelente) a 1 (extremadamente pobre), siendo 3 el mínimo requerido para la comercialización (Shewfelt, 1993). Los criterios utilizados fueron los siguientes:

- Apariencia general: 5 = excelente (color blanco brillante, cabezas compactas, sin defectos); 3 = promedio (ligeramente amarillento, pérdida de compacidad de la cabeza, algunos defectos); y 1 = no comercial (amarillento y con defectos).
- Color: 5 = blanco, color uniforme, sin defectos; 3 = color amarillento, bordes marrones; 1 = amarronamiento severo.
- Textura: 5 = cabezas firmes y compactas; 3 = ligeramente suelta pero aceptable; 1 = muy suelta y blanda.
- Olor: 5 = sin olor; 3 = presencia ligera pero evidente de olor; y 1 = olor fuerte.

### Color

A la cosecha y al final del período de postcosecha se realizaron mediciones de color (Chroma Meter Minolta CR300) en la zona de corte y en la parte superior del material a través de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  para evaluar los cambios a través del tiempo. El iluminante fue CIE (Commission International de l'Éclairage)  $D_{65}$ . En el espectro de color Cie-Lab,  $L^*$  se refiere a la luminosidad y tiene un intervalo de negro = 0 a blanco = 100. El parámetro  $a^*$  positivo indica las tonalidades de rojo y negativo indica las tonalidades de verde, en cambio  $b^*$  tiene su posición entre amarillo y azul ( $b^*$ , valores positivos indican amarillo y valores negativos indican azul). Además se pueden considerar las coordenadas  $C^*$  ( $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ) y  $h$  ( $h = \arctan(b^* \cdot a^{*-1})$ ), que corresponden respectivamente a croma (*chroma*) y tono o matiz (*hue*).

El valor de  $h$  es el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (McGuire, 1992).

### Pérdida de peso

Se determinó el porcentaje de pérdida de peso comparando el peso de las bandejas al ingreso a cámara y el peso de las mismas al retirarlas del almacenamiento.

### Concentración de gases en la atmósfera interna del envase

Durante el período de almacenamiento se determinó porcentaje de  $O_2$  y de  $CO_2$  con un analizador de gases (DANSENSOR CheckMate 9900  $O_2/CO_2$  Headspace Analyser- Ringsted, Dinamarca) para conocer los cambios en la composición de estos gases en el interior de los envases.

### pH

Para medir el pH se pesaron 25 g de coliflor por muestra y se agregaron 25 mL de agua destilada y deionizada (pH 7) durante 2 minutos, según Olarte et al. (2009).

### Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial con tres factores: cobertura de suelo (con y sin polietileno negro durante el cultivo), película utilizada en envasado (PVC y poliolefina) y tiempo de conservación (0, 4, 7, 10, 14, 17 y 21 días desde cosecha). Los resultados fueron analizados a través de análisis de variancia, utilizando la prueba de Tukey para comparación de medias con un nivel de significancia de 0,05 (Infostat, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La apariencia general de la coliflor mínimamente procesada disminuyó durante el período de conservación, encontrándose diferencias significativas por el efecto de la interacción del uso de polietileno negro en precosecha, el envasado y el tiempo de conservación ( $p = 0,0127$ ). Al final del período de poscosecha no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo la coliflor proveniente de cultivo con cobertura de polietileno negro envasado con poliolefina (Tabla 1) mostró valores por debajo del nivel de aceptación del consumidor (valor inferior a 3). Wills et al. (1998) indicaron que el contenido de agua del producto cosechado depende de la disponibilidad de agua del cultivo. El mulch impide la evaporación del agua del suelo mejorando la disponibilidad de agua para el cultivo (Alvarado y Castillo, 2003) por lo tanto las inflorescencias cosechadas del cultivo con mulch tendrían mayor contenido de agua y esto afectaría la conservación.

**Tabla 1. Apariencia general de coliflor mínimamente procesada envasada en bandejas con PVC termocontraíble (PVCT) o poliolefina termocontraíble (Po) proveniente de cultivo con y sin cobertura de polietileno negro durante 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Escala de apariencia general: 5 = excelente; 3 = límite de aceptabilidad comercial).**

**Table 1. General appearance of minimally processed cauliflower packaged in trays with PVC shrink (PVCT) or polyolefin shrink (Po) film from a crop cultivated with or without black polyethylene mulch during 21 days of storage at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Scale: 5 = excellent; 3 = commercial acceptability limit).**

Tratamientos		Días desde cosecha						
Precosecha	Poscosecha	0	4	7	10	14	17	21
Cobertura polietileno negro	PVCT	5,0 a	4,0 bcdef	4,0 bcdef	3,9 bcdefg	3,5 cdefghi	3,6 cdefghi	3,0 ghi
	Po	5,0 a	4,0 bcdef	4,5 abc	3,7 cdefgh	2,9 hi	3,1 fghi	2,7 i
Sin cobertura	PVCT	5,0 a	4,3 abcde	4,2 abcde	3,5 defghi	3,3 efghi	3,7 cdefgh	3,0 ghi
	Po	5,0 a	4,7 ab	4,3 abcd	4,0 bcdef	4,1 abcde	3,0 ghi	3,0 ghi

Letras distintas en filas o columnas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Otro factor que tiene influencia en la calidad general del producto es la aparición de enfermedades. Durante el almacenamiento de coliflor se determinó la presencia de *Fusarium* y *Sclerotinia*, ambas enfermedades de precosecha que se manifestaron en postcosecha.

A los 21 días de la cosecha todos los tratamientos presentaron una textura promedio de 4,5 que representa cabezas firmes y compactas. Este valor puede ser considerado muy bueno ya que la textura es un atributo muy valorado por los consumidores (Tabla 2).

Con respecto al color de la pella, se encontraron diferencias significativas entre el inicio y el

final del período de conservación en cámara ( $p < 0,0001$ ). A la cosecha, las inflorescencias eran blancas, de color uniforme y sin defectos (valor = 5), pasando luego a amarillentas (Fig. 1). A los 21 días las bandejas se encontraron dentro del límite de aceptabilidad comercial. Suslow y Cantwell (2007) afirmaron que defectos como marchitez, amarillamiento, etc., tienden a incrementarse en períodos de almacenamientos superiores a 3-4 semanas.

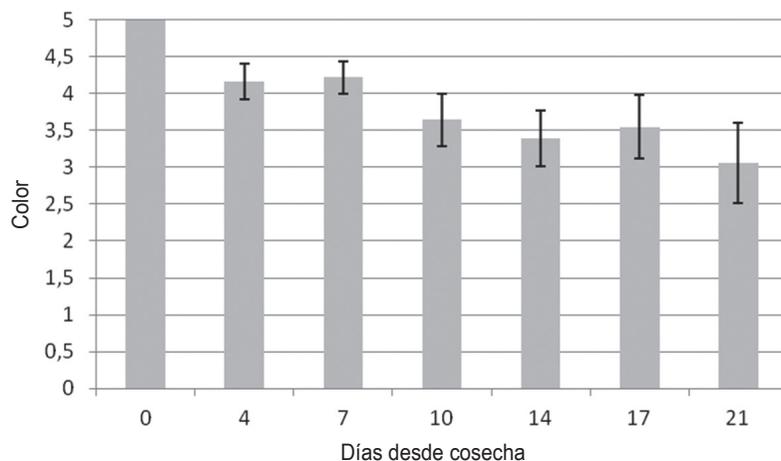
También se determinaron los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en la zona de corte y en la parte superior de la inflorescencia. En el caso del cambio de color en la zona de corte, al final del período de postco-

**Tabla 2. Textura promedio de coliflor mínimamente procesada envasada en bandejas con PVC termocontraíble (PVCT) o Poliolefina termocontraíble (Po) proveniente de cultivos con y sin cobertura de polietileno negro durante 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Escala de textura: 5 = cabezas firmes y compactas; 3 = ligeramente suelta pero aceptable; 1 = muy suelta y blanda)**

**Table 2. Average texture of minimally processed cauliflower packaged with PVC (PVCT) or polyolefin heat shrink (Po) films from crop cultivated with and without black polyethylene mulch during 21 days of storage at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Texture scale: 5 = firm and compact heads; 3 = slightly loose but acceptable; 1 = very loose and soft)**

Tratamientos		Días de almacenamiento						
Precosecha	Poscosecha	0	4	7	10	14	17	21
Cobertura polietileno negro	PVCT	$5,0 \pm 0,0$ a	$4,8 \pm 0,2$ ab	$4,9 \pm 0,1$ a	$4,7 \pm 0,2$ ab	$4,7 \pm 0,1$ ab	$4,5 \pm 0,0$ b	$4,5 \pm 0,0$ b
	Po	$5,0 \pm 0,0$ a	$4,5 \pm 0,0$ b	$4,6 \pm 0,2$ ab	$4,5 \pm 0,0$ b	$4,5 \pm 0,0$ b	$4,5 \pm 0,0$ b	$4,5 \pm 0,0$ b
Sin cobertura	PVCT	$5,0 \pm 0,0$ a	$4,5 \pm 0,5$ b	$4,7 \pm 0,2$ ab	$4,7 \pm 0,2$ ab	$4,8 \pm 0,0$ ab	$4,9 \pm 0,1$ a	$4,5 \pm 0,0$ b
	Po	$5,0 \pm 0,0$ a	$5,0 \pm 0,0$ a	$4,8 \pm 0,0$ ab	$4,8 \pm 0,0$ ab	$4,9 \pm 0,1$ a	$4,8 \pm 0,0$ ab	$4,5 \pm 0,0$ b

Letras distintas en las columnas y filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )



**Fig. 1. Color de coliflor mínimamente procesada durante 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Escala de color: 5 = blanco, color uniforme, sin defectos; 3 = color amarillento, bordes marrones; 1 = amarronamiento severo).**

**Fig. 1. Color of minimally processed cauliflower packaged in trays with PVC (PVCt) and polyolefin heat shrink (Po) films for 21 days of storage at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Color scale: 5 = white, uniform color, flawless; 3 = yellowish brown edges; 1 = severe browning).**

secha, el valor  $L^*$  fue menor como consecuencia de la pérdida de agua por respiración y transpiración durante el almacenamiento. La coliflor proveniente de cultivo sin cobertura de polietileno negro tuvo mayor  $L^*$  ( $p \leq 0,05$ ) con un valor de 73,21 mientras que con cobertura de polietileno negro fue 69,40.

A su vez, el procesado conduce al amarroamiento de la zona de corte, que en la coliflor se manifiesta con la aparición de una tonalidad amarilla (mayor  $b^*$ ) en el tejidos por el proceso de oxidación (Hodges y Toivonen, 2008) que conduce a la senescencia y, por lo tanto, a la pérdida de calidad comercial. En este ensayo sólo se encontraron diferencias en  $b^*$  (color amarillo) entre cosecha y fin del período de almacenamiento ( $p \leq 0,01$ ) por efecto del tiempo (Tabla 3).

El valor  $a^*$  pasó de -7,14 a -7,66 lo que implica

un aumento hacia color verde al final del período de almacenamiento. El croma (valor C) también tuvo cambios durante la poscosecha disminuyendo su valor a los 21 días de almacenamiento. El ángulo hue pasó de 107,87 a cosecha a 105,73 al final del almacenamiento, que representa valores más cercanos al amarillo, debido a la senescencia del producto. No se presentaron diferencias por el uso de cubierta en precosecha ni por el material de envasado en poscosecha.

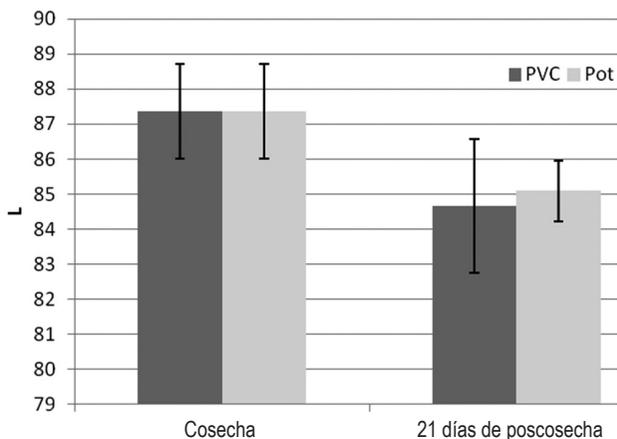
Al finalizar el período de postcosecha, la parte superior de las inflorescencias presentó menor valor de  $L^*$  ( $p \leq 0,05$ ) pasando de 87,3 al momento de cosecha a 84,9 a los 21 días de almacenamiento, por el oscurecimiento de la coliflor debido a la senescencia de la misma. Se observaron diferencias significativas en  $b^*$  ( $p = 0,0063$ ) pasando de 23,68 a cosecha a 25,57 hacia el fin de la

**Tabla 3. Evolución del color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C, h) en la zona de corte de coliflor mínimamente procesada a cosecha y a los 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .**

**Table 3. Color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C, h) on the cutting area of minimally processed cauliflower at harvest and after 21 days of storage at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .**

	Cosecha	21 días de almacenamiento
$L^*$	87,37 a	84,88 b
$a^*$	-7,14 a	-7,66 b
$b^*$	25,57 a	23,68 b
C	26,57 a	24,89 b
h	107,87 a	105,73 b

Letras distintas en la fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )



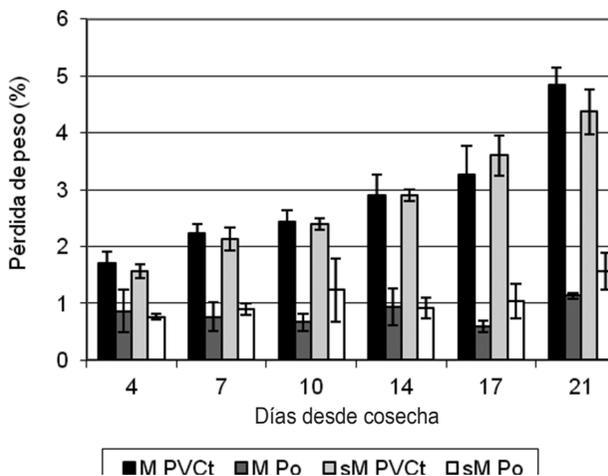
**Fig. 2. Evolución de parámetros de color L en la parte superior de la inflorescencia de coliflor envasada en bandejas de PVC y Poliiolefina termocontraible durante 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .**  
**Fig. 2. Color L evolution on the top of cauliflower inflorescence packed in PVC and polyolefin heat shrink over 21 días of storage at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .**

poscosecha. El cambio del valor  $b^*$  representa un aumento del color amarillo en la parte superior de la inflorescencia. La retención del color de los productos mínimamente procesados es el principal factor sensorial considerado por los consumidores y uno de los que más limitan la vida poscosecha de los productos mínimamente procesados.

Durante la postcosecha, la pérdida de peso se debe básicamente al agua que se pierde por déficit de presión de vapor (Watada et al., 1996). En este ensayo el porcentual de pérdida de peso de la coliflor envasada en bandejas recubiertas con PVC termocontraible a los 21 días fue 4,7%, mientras que en las bandejas con poliolefina tuvo una

pérdida de 1,5%. No se encontraron diferencias significativas por efecto de la cobertura con polietileno negro (Fig. 3). La diferencia observada entre los materiales se debe a que poseen distinta permeabilidad al vapor de agua (Olarte et al., 2009), siendo en PVC mayor a la poliolefina, lo que favoreció la pérdida de agua en el caso del PVC. Por el contrario, en el caso de las bandejas con poliolefina se observó mayor condensación en el interior del envase.

DeEll et al. (2003) encontraron que la coliflor envasada perdió menos peso que sin envasar, e incluso mantuvo la calidad más tiempo (mejor apariencia, menor decoloración y aparición de



**Fig. 3. Pérdida de peso (%) de coliflor mínimamente procesada envasada en bandejas con PVC termocontraible (PVCt) o Poliiolefina termocontraible (Po) proveniente de cultivo con cobertura de polietileno negro (M) y sin cobertura (sM) durante 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .**

**Fig. 3. Weight loss (%) of minimally processed cauliflower packaged in trays with PVC (PVCt) or polyolefin heat shrink (Po) film from beds with black polyethylene mulch (M) and uncovered (sM) during 21 días of storage at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .**

manchas color tostado). Similar resultado se obtuvo en un ensayo con brócoli donde el uso de atmósfera modificada pasiva extendió la vida postcosecha y redujo el deterioro del producto almacenado a 4 y 20°C (Jia et al., 2009).

Las películas con permeabilidad selectiva a los gases son usadas para establecer atmósferas modificadas en el interior a medida que la respiración consume  $O_2$  y aporta  $CO_2$ . Ratti et al. (1996) estudiaron la tasa de respiración de coliflor a distintas condiciones de almacenamiento y el efecto de atmósferas modificadas, determinando que bajos niveles de  $O_2$  y altos de  $CO_2$  reducen la tasa de respiración y afectan procesos del metabolismo secundario asociados a la calidad (pigmentos, fenoles, compuestos volátiles) (Varoquaux et al., 1996; Watada et al., 1996; Watada y Qi, 1999). En este ensayo, el contenido de oxígeno en el interior del envase varió durante el período de almacenamiento ( $p < 0,01$ ) por efecto del proceso de respiración. También se encontraron diferencias significativas según la película utilizada ( $p \leq 0,01$ ) siendo 2,47% mayor en las bandejas con poliolefina que aquellas cubiertas de PVC termocontraíble (19,63 y 17,17%, respectivamente). En el caso de los valores de  $CO_2$  no se encontraron diferencias significativas, aunque se observó una tendencia a un mayor porcentaje al utilizar PVC termocontraíble. El valor promedio de  $CO_2$  a los 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1^\circ C$  fue 4,52%.

Los resultados obtenidos indican que con el empleo de poliolefina se observa un menor inter-

cambio gaseoso a través de la película (Fig. 4) por la menor permeabilidad del material tanto al  $O_2$  como al  $CO_2$ .

Durante el almacenamiento no se identificaron olores en el interior de las bandejas. Los olores indeseados en los productos mínimamente procesados aparecen cuando la composición de la atmósfera se torna anaeróbica (King y Boli, 1989; Izumi et al., 1996; Olarte et al., 2009).

El pH de los alimentos tiene influencia en la velocidad de reacción de los procesos que llevan al pardeamiento y en el crecimiento microbiano. En este estudio no se encontraron diferencias significativas en el valor de pH entre los tratamientos de precosecha, postcosecha, ni durante el almacenamiento en cámara, con un valor promedio de pH 6,53. El mismo resultado se encontró en un ensayo realizado en coliflor mínimamente procesada, donde se observó un aumento del pH al final del período de postcosecha en bandejas expuestas a la luz durante el almacenamiento. Esa variación de pH fue reportada por algunos autores como efecto del aumento de la concentración de  $CO_2$  por la respiración del producto (Olarte et al., 2009).

## CONCLUSIONES

El material de cubierta de suelo en precosecha, la cubierta del envase en poscosecha y el tiempo de almacenamiento tuvieron influencia en la apariencia general, textura y algunos parámetros del

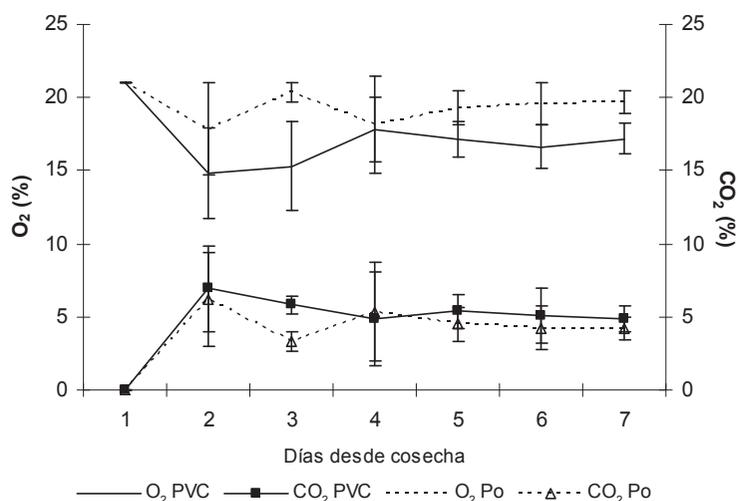


Fig. 4. Evolución de la concentración de  $O_2$  y  $CO_2$  (%) en el interior de los envases de coliflor mínimamente procesada envasada con diferentes películas (PVCT = PVC termocontraíble, Po = Poliolefina termocontraíble) durante el almacenamiento a 4°C.

Fig. 4.  $O_2$  and  $CO_2$  concentration (%) inside packaging of minimally processed cauliflower with different films (PVCT = shrinkable PVC, Po = Polyolefin heat shrink) during storage at 4°C packed.

color en la zona de corte (L\* y a\*). Las mayores diferencias encontradas en el comportamiento postcosecha se debieron al efecto del tiempo. Respecto al material de envasado, la mayor pérdida de peso se encontró en las bandejas con PVC termocontraíble, sin embargo, las bandejas con poliolefina mostraron buen comportamiento pero presentaron condensación en el interior del envase que lo convierten en poco atractivo para los consumidores. El material de envasado tuvo efecto en la variación del contenido de gases dentro del envase, resultando mayor la disminución del porcentaje de oxígeno en bandejas con PVC. Este ensayo corrobora que la coliflor mínimamente procesada podría comercializarse hasta la tercera semana desde la cosecha a 4 C. Los resultados obtenidos reflejan la necesidad de continuar los estudios de búsqueda de la mejor combinación de factores de precosecha y postcosecha para obtener productos de alta calidad que mantengan sus atributos por el mayor tiempo posible.

### RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto UBACYT, Programación Científica 2011/2014 "Tecnología de producción y postcosecha de hortalizas". Director: Dr. Ing. Agr. A. Chiesa.

### LITERATURA CITADA

- Alvarado V., P. y H. Castillo G. 2003. Acolchado de suelo mediante films de polietileno. Biblioteca virtual universal. 10 p. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf> (Verificado noviembre 2013)
- Allende, A., F.A. Tomás-Barberán, and M.I. Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology* 17:513–519.
- DeEll, J. R., P. M. A. Toivonen, J. Doussineau, C. Roger, and C. Vigneault. 2003. Effect of different methods for application of an antifog shrink film to maintain cauliflower quality during storage. *Journal of Food Quality* 26:211–218.
- Diaz Perez, J.C. 2009. Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* (Plenck) var. *italica*) as affected by plastic film mulches. *Scientia Horticulturae* 123:156–163.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C.W. Robledo InfoStat Software estadístico. Versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dixon, G.R. 2007. Vegetable brassicas and related crucifers. *Crop production science in horticulture series: 14*. CABI, Wallingford, UK.
- Fahey, J.W. 2003. Brassicas. p. 606-613. In Caballero, B., L.C. Trugo and P.M. Finglas. (eds.) *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic Press, London, UK.
- Gillies, S. L., and P.M.A. Toivonen. 1995. Cooling method influences the postharvest quality of broccoli. *HortScience* 30:313–315.
- Hodges, D.M., and P.M.A. Toivonen. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology* 48:155–162.
- Izumi, H., A.E. Watada, and W. Douglas. 1996. Optimum O<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub> atmosphere for storing broccoli florets at various temperatures. *Journal of American Society for Horticultural Science* 121:127-131.
- Jia Cheng-Guo, Xu Chao-Jiong, Wei Jia, Yuan Jing, Yuan Gao-Feng, Wang Bing-Liang, and Wang Qiao-Mei. 2009. Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets. *Food Chemistry* 114:28–37.
- King A.D., and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43:132-139.
- Lamont, Jr. W.J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTechnology* 3:35–39.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12):1254-1255.
- Murcia, M., M. Martínez-Tomé, M.C. Nicolás, and A.M. Vera. 2003. Extending the shelf life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging. *Food Microbiology* 20(6):671–679.
- Olarte, C., S. Sanz, J.F. Echavarri, and F. Ayala. 2009. Effect of plastic permeability and exposure to light during storage on the quality of minimally processed broccoli and cauliflower. *Food Science and Technology* 42:402-411.
- Page, T., G. Griffiths, and V. Buchanan-Wollaston. 2001. Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. *Plant Physiology* 125:718–727.
- Rai, D.R., S.K. Tyagi, S.N. Jha, and S. Mohan. 2008. Qualitative changes in the broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) under modified atmosphere packaging in perforated polymeric film. *Journal of Food Science and Technology* 45(3):247–250.
- Ratti, C., G.S.V. Raghavan, and Y. Garikpy. 1996. Respiration rate model and modified atmosphere packaging of fresh cauliflower. *Journal of Food Engineering* 28:297-306.

- SAG. 1983. Resolución N° 297/83. Reglamentación de hortalizas frescas con destino a los mercados de interés nacional de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de la República Argentina (SAG). Disponible en: <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=96677> (Consultado febrero 2012)
- Schlimme, D. V. 1995. Marketing lightly processed fruit and vegetables. *HortScience* 30:15-17.
- Shewfelt, R.L. 1993. Measuring quality and maturity. In R. L. Shewfelt and S. E. Prussia (eds). *Postharvest handling: a systems approach*. Academic Press Inc., Orlando, Florida, USA.
- Singh, A.K., and T.K. Goswami. 2006. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology* 43(1):1-7.
- Suslow T.V., y M. Cantwell. 2007. Coliflor: recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis Disponible: <http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Coliflor/> (Consultado enero 2013)
- Varoquaux, P., J. Mazollier, and G. Albagnac. 1996. The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 9(2):127-139.
- Watada, A.E., N.P. Ko, and D. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9:115-125.
- Watada, A.E., and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15:201-205.
- Wills, R., B. McGlasson, D. Graham, y D. Joyce. 1998. *Introducción a la fisiología y manipulación postcosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. 2a. ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Wiley, R.C. 1997. *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Acribia, Zaragoza, España.