

En el Laboratorio de Poscosecha del Departamento de Fruticultura y Enología se ha desarrollado gran parte de la investigación que ha permitido la implementación comercial de los envases de atmósfera modificada para la fruta de exportación, entre ellas la cereza. Entre las metas para mejorar esta técnica está el generar un material que mantenga la condición aeróbica de los productos.

Conservación de cerezas

# Los desafíos de los envases con atmósfera modificada

Juan Pablo Zoffoli  
Departamento de  
Fruticultura y Enología



La tecnología de atmósfera modificada consiste en la alteración de la composición de oxígeno y anhídrido carbónico en el interior de un envase, a través de la incorporación de una mezcla de gases (activa) o mediante la respiración del producto (pasiva). La nueva atmósfera generada se mantiene por medio de la interacción entre la respiración del producto y la permeabilidad del envase.

El alza en el anhídrido carbónico y la reducción del oxígeno atmosférico disminuye el deterioro asociado al metabolismo presente en el caso de frutas y verduras.

La tecnología de atmósfera modificada se ha estudiado profusamente en una amplia gama de alimentos. En Chile, se ha masificado comercialmente en algunas especies de frutas (cerezas, kiwi, arándanos) reduciendo el deterioro del producto durante el transporte, logrando combinar el efecto de la baja temperatura con la tecnología en el envase.

El Laboratorio de Poscosecha del Departamento de Fruticultura y Enología de nuestra facultad ha desarrollado gran parte de la investigación que ha permitido la implementación comercial de esta técnica en frutas en el país. En la actualidad, los avances tecnológicos de atmósfera modificada en cerezas se han canalizado a través de un proyecto Fondef (Atmósfera modificada de cerezas bajo fluctuación térmica. Código: D10I1096) -en conjunto con las empresa San Jorge packaging y exportadora San Francisco Lo Garcés-, orientado a reducir el riesgo de fermentación cuando se expone el envase a condiciones de alza térmica.

## Variables determinantes

La cereza es un producto con alta actividad metabólica. Su tasa respiratoria (tasa de consumo de oxígeno o producción de CO<sub>2</sub>), es el doble que en la manzana, el triple que en la uva de mesa y similar al caso de la frutilla. La reducción del oxígeno atmosférico de 21% a menos de 10% de O<sub>2</sub> y el aumento del CO<sub>2</sub> entre 5 y 10% disminuyen el oscurecimiento de la fruta, pardeamiento del pedicelo y frenan el desarrollo de pudriciones. Este último aspecto resulta importante por la condición saturada de humedad con la que convive la fruta al interior del envase.

FIGURA 1. Efecto del número de microperforaciones (2 mm) en la evolución de concentración de oxígeno y anhídrido carbónico en envase de atmósfera modificada embalados con 5 kg de cerezas cv., Sweetheart

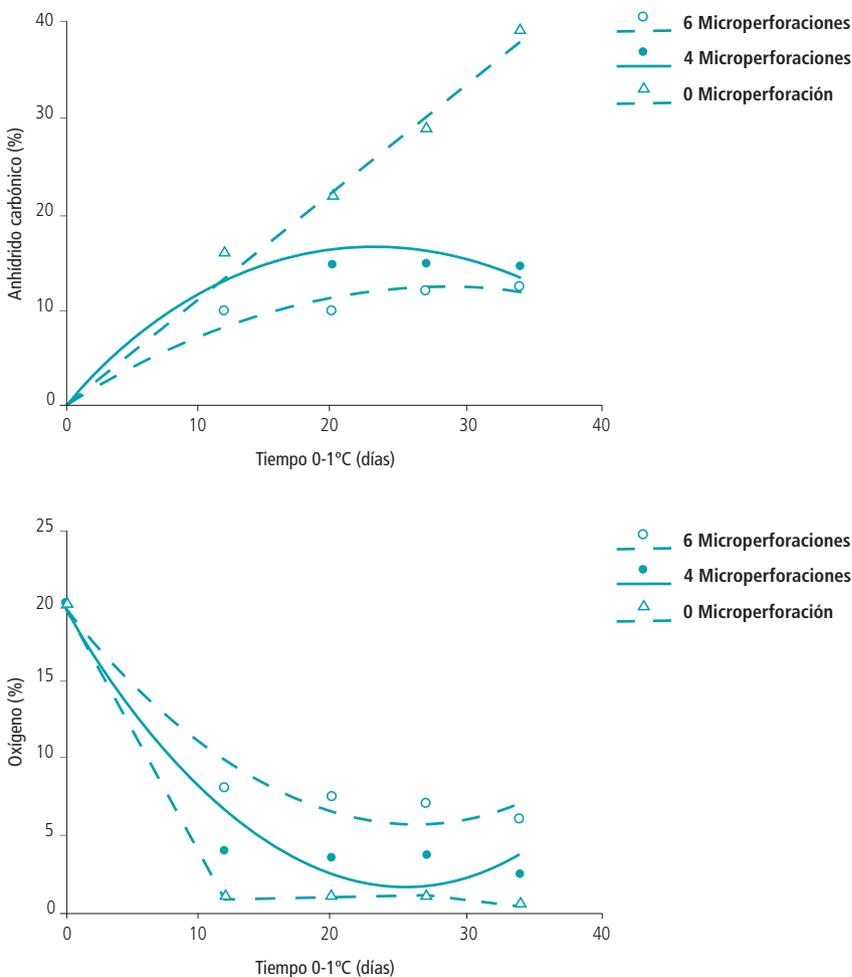
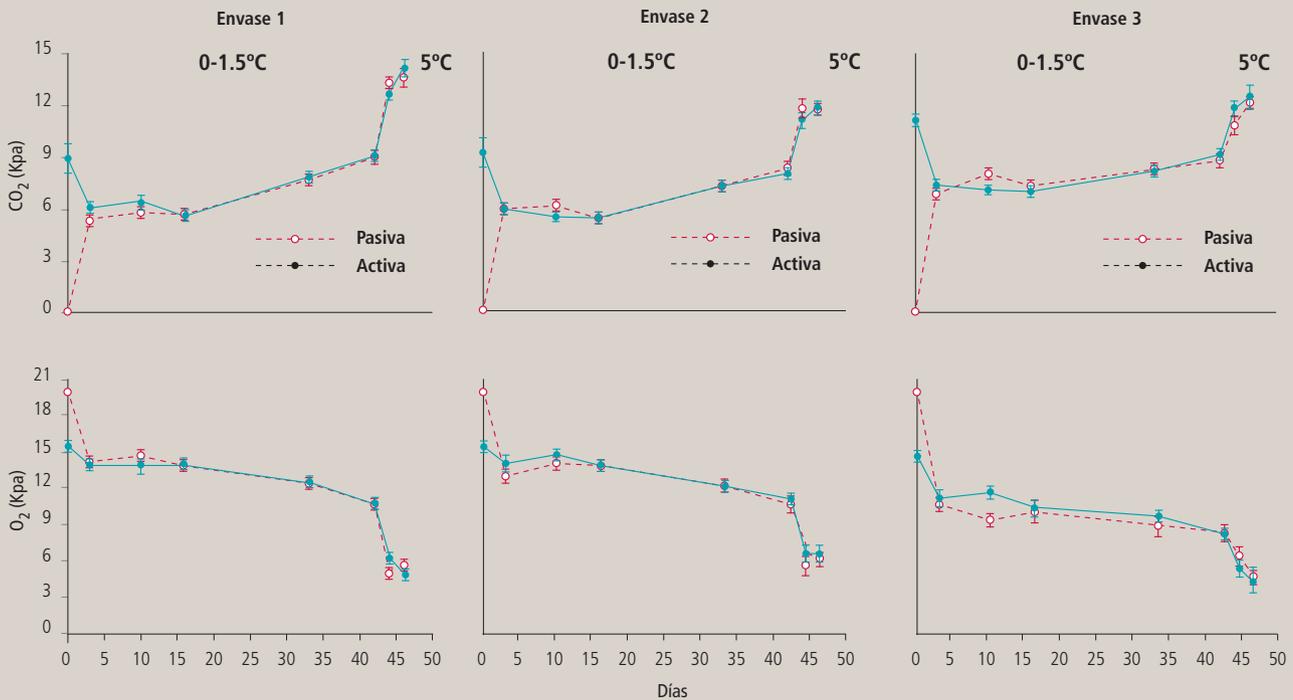


TABLA 1. Permeabilidad (P) al N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, vapor de los principales polímeros utilizados en la elaboración de películas para la industria de envases de alimentos

POLÍMERO	PN <sub>2</sub> (30°C)	PO <sub>2</sub> (30°C)	PCO <sub>2</sub> (30°C)	PH <sub>2</sub> O (25°C)	PCO <sub>2</sub> /PO <sub>2</sub>
Polímero de baja densidad	19,0	55	352	800	6,4
Poliétileno de alta densidad	2,7	10,6	35	130	3,3
Polipropileno	-	23	92	680	4
Poli no plastificado (Cloruro de vinilo)	0,4	1,2	10	1.560	8,3
Acetato de Celulosa	2,8	7,8	68	75.000	8,7
Poliestireno	2,9	11	88	12.000	8
Nylon 6	0,1	0,38	1,6	7.000	4,2
Tereftalato de polietileno	0,05	0,22	1,53	1.000	7
Cloruro de polivinilideno	0,0094	0,053	0,29	14	5,5

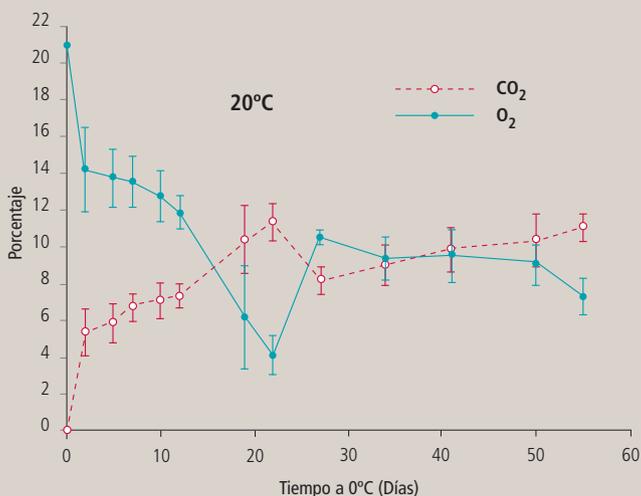
P=cm cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

FIGURA 2. Efecto de la concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en tres envases de atmósfera modificada a través de la generación activa (remoción de la atmósfera original por una mezcla de gases de N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, 60%/40%) o pasiva (respiración de la fruta) del ambiente en torno a cerezas almacenadas por 45 días a 0-1,5°C y 5°C



**El envase de atmósfera modificada se construye en base a la permeabilidad del film o película al O<sub>2</sub>, al CO<sub>2</sub> y al vapor. En el caso de las cerezas, el envase del producto es una bolsa que se ajusta a los diferentes tamaños de cajas.**

FIGURA 3. Efecto del alza térmica por dos días a 20°C sobre la concentración de oxígeno y anhídrido carbónico en el interior de un envase de atmósfera modificada durante la conservación de cerezas a 0°C



La concentración óptima de O<sub>2</sub> en esta especie es de 4 y 15% de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, debido a la fluctuación térmica en el envase, el O<sub>2</sub> debe mantenerse cercano a 10% y el CO<sub>2</sub> entre 6 y 8%, desapareciendo el efecto positivo del bajo oxígeno en reducir la pérdida acidez, aspecto de calidad importante en la conservación de cerezas de largo tiempo de almacenaje (mayor a 40 días a 0°C).

Los factores que influyen en conseguir el equilibrio en la concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> al interior del envase son la permeabilidad del film a estos gases, la cantidad de fruta o el espacio libre que contiene el producto, y la cantidad de microperforaciones.

### Permeabilidad del film

El envase de atmósfera modificada se construye en base a la permeabilidad del film o película al O<sub>2</sub>, al CO<sub>2</sub> y al vapor. En el caso de las cerezas, el envase del producto es una bolsa que se ajusta a los diferentes tamaños de cajas conteniendo 2,5 ó 5 kg de fruta con un volumen libre de 30%. Actualmente, no se han desarrollado envases rígidos laminados en los cuales la atmósfera interna se ajusta con la permeabilidad del film superior, como ocurre en otros productos como ensaladas y comidas preparadas.

La permeabilidad de diferentes materiales se describe en la tabla 1. El más utilizado en el caso de la atmósfera modificada en cerezas es el polietileno de baja densidad. Sin embargo, la relación de permeabilidad CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> de los film disponibles



La relación de permeabilidad  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  de los film disponibles para cerezas varía entre cuatro y ocho veces.

varía entre cuatro y ocho veces, lo que imposibilita mantener un ambiente aeróbico con alta concentración de  $\text{CO}_2$ , con mucho riesgo de fermentación. Pese a ello, el uso de membranas de silicona o de microperforaciones ha posibilitado ajustar esta proporción para los requerimientos de atmósfera modificada con alto  $\text{CO}_2$  manteniendo la condición aeróbica del tejido (ver figura 1).

### Tamaño del envase

El volumen libre al interior del envase es el principal factor que influye en la concentración de equilibrio del oxígeno y anhídrido carbónico al interior del envase. En el proceso comercial, la alteración más relevante se produce al empaquetar la fruta en envases rígidos como *clamshell* o potes. En estos, el volumen libre aumenta sobre 30% por lo tanto el material o film que se utiliza para el envase tradicional de 5 kg debe cambiarse por uno de permeabilidad menor de  $\text{O}_2$  o reducirse el número de microperforaciones.

La estabilización de la atmósfera puede lograrse en forma pasiva o activa. En el caso de las cerezas, por su alta actividad respiratoria, la concentración de equilibrio se logra rápidamente en los primeros tres días de almacenaje a  $0^\circ\text{C}$ , no justificándose la alteración activa de la atmósfera a través del recambio con una atmósfera alta en nitrógeno y anhídrido carbónico (60%  $\text{N}_2$ ; 40%  $\text{CO}_2$ ). En la figura 2 se demuestra este efecto al comparar diferentes materiales comerciales en sistemas de autogeneración de la atmósfera a través de la respiración de la fruta o por medio de la adición de una mezcla de  $\text{CO}_2$  con  $\text{N}_2$ .

### Efecto de la temperatura

La concentración interna de oxígeno y anhídrido carbónico es función de la tasa respiratoria de la fruta, siendo la temperatura la variable que más afecta este proceso, pudiendo aumentar la tasa de consumo de oxígeno dos a tres veces por cada  $10^\circ\text{C}$  de alza. En la figura 3 se

**El volumen libre al interior del envase es el principal factor que influye en la concentración de equilibrio del oxígeno y anhídrido carbónico al interior del envase.**

describe el aumento en la tasa de consumo de oxígeno ( $3,4 \text{ moles O}_2 \cdot \text{Kgh}^{-1} \times 10^{-5}$ ) por el efecto de un alza de  $20^\circ\text{C}$  por dos días durante el almacenaje a  $0^\circ\text{C}$  de cerezas embaladas en atmósfera modificada. Es importante destacar que la concentración de oxígeno en el interior del envase se recupera en aproximadamente un 70% -del consumido inicialmente- cuando se vuelve a la situación de  $0^\circ\text{C}$ . Sin embargo, el proceso anaeróbico persiste en el tejido produciendo los síntomas de fermentación.

No existe en la actualidad film o película que logre aumentar la permeabilidad al oxígeno en forma proporcional al consumo de éste, generado por el alza de temperatura. Trabajos que se efectúan en el laboratorio han demostrado que se podría optimizar y aumentar la seguridad del envase, al incorporar una membrana sobre una perforación, variable en tamaño, en función del envase y la concentración de  $\text{O}_2$  que se desea regular.

## Impacto en la calidad

Los efectos de la atmósfera modificada en cereza se deben analizar en relación a los factores de deterioro más relevantes en esta especie. La deshidratación manifestada por el pardeamiento del pedicelo, se reduce bajo condiciones de alto  $\text{CO}_2$  y bajo  $\text{O}_2$ . No obstante, la alta saturación provocada por la hermeticidad de la bolsa confunde el efecto directo del cambio de atmósfera. Cuando se ha comparado con bolsas traslapadas sin sellar el efecto de la humedad predomina por sobre el de la composición de los gases. Incluso concentraciones de  $\text{CO}_2$  superiores a 20% provocan fitotoxicidad, manifestada por pardeamiento en el pedicelo y oscurecimiento en la piel.

En la tabla 2 se resume el impacto de la atmósfera modificada sobre estos parámetros de calidad. La reducción del oscurecimiento de la fruta o mantención del color caoba característico se logró incluso en el tiempo de almacenaje menor de 22 días



**Se podría optimizar y aumentar la seguridad del envase, al incorporar una membrana sobre una perforación, variable en tamaño, en función del envase y la concentración de  $\text{O}_2$  que se desea regular.**



FIGURA 4. Efecto de la concentración de anhídrido carbónico sobre la incidencia (%) de pudrición de cerezas durante el almacenaje (adaptado de Brash et al., 1992)

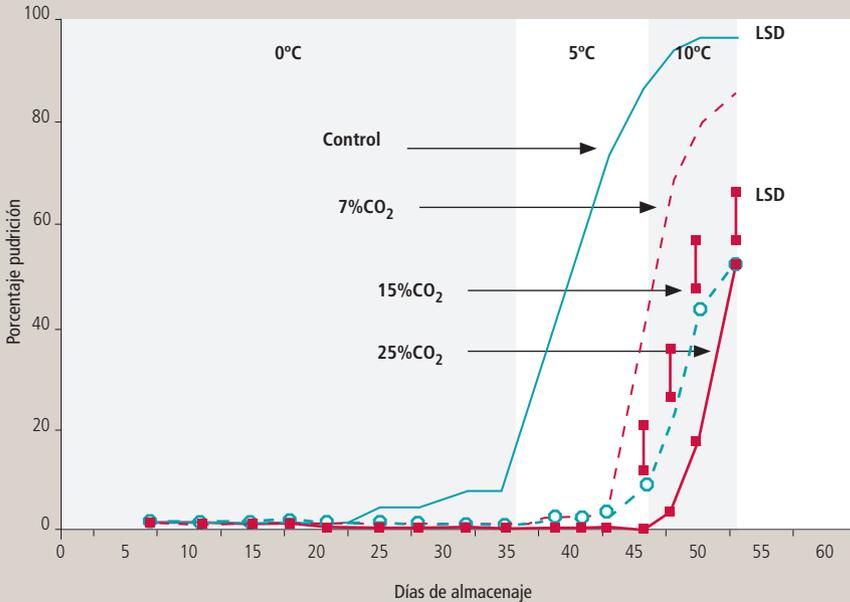


TABLA 2. Efecto de la atmósfera modificada (AM) (concentración de equilibrio O<sub>2</sub>: 8-12% y CO<sub>2</sub>: 6-8%) y bolsa perforada (BP, 0,3% área ventilada) y la aplicación de fungicida iprodione en la incidencia de pedicelos pardos (%), frutos negros y pudrición (%) en cerezas cv. Lapins almacenados por 22, 30 y 45 días a 0°C más de dos días a 5°C

**Pardeamiento del pedicelo (%)**

TRATAMIENTO		TIEMPO DE ALMACENAJE A 0°C (días) + 2 días a 5°C		
		22	30	45
IPRODIONE	AM	1,1*	1,6*	1,4*
	BP	9,5	11,3	30,5
CONTROL	AM	0,7**	0,0**	0,7**
	BP	3,4	16,4	22,5

**Color de fruta negra (%)**

TRATAMIENTO		TIEMPO DE ALMACENAJE A 0°C (días) + 2 días a 5°C		
		22	30	45
IPRODIONE	AM	1,9*	8,0	3,2*
	BP	17,4	10,4	15,7
CONTROL	AM	14,4	8,2	8
	BP	-----	-----	-----

**Pudrición (%)**

TRATAMIENTO		TIEMPO DE ALMACENAJE A 0°C (días) + 2 días a 5°C		
		22	30	45
IPRODIONE	AM	0,5	0,6	0,4*
	BP	0,8	1,1	3,0
CONTROL	AM	3,0**	1,0**	6,5**
	BP	7,8	50,3	48,8

\*, \*\* promedios diferentes estadísticamente según la prueba LSD P< 0,05, comparación efectuada para el tratamiento de fungicida iprodione o control (sin fungicida) respectivamente.

**Una concentración de 10 a 15% O<sub>2</sub> y entre 5 y 8% CO<sub>2</sub> lograda en forma pasiva antes de los tres días de almacenaje a 0°C, reduce el deterioro producto del menor oscurecimiento de la fruta y desarrollo de pudrición.**

a 0°C. El desarrollo de pudrición es un proceso importante en cerezas, como lo refleja la alta prevalencia de pudrición en la fruta control, sin fungicida y sin atmósfera modificada, especialmente después de los 30 días a 0°C. El efecto represor de la atmósfera enriquecida con CO<sub>2</sub> sobre los patógenos se produjo aún en la fruta embalada sin el fungicida iprodione. Pese a ello, el control fue mejor cuando se combinó el envase de atmósfera modificada con el tratamiento de iprodione, ajustado a una concentración de 1 ppm en la fruta. El efecto represor de la concentración de anhídrido carbónico sobre los patógenos ha sido demostrado en la literatura y se describe en la figura 4.

**La importancia del material**

La tecnología de atmósfera modificada en cereza se ha extendido masivamente en Chile por reducir el deterioro de poscosecha durante el tránsito a los mercados.

Una concentración de 10 a 15% O<sub>2</sub> y entre 5 y 8% CO<sub>2</sub> lograda en forma pasiva antes de los tres días de almacenaje a 0°C, reduce el deterioro, producto del menor oscurecimiento de la fruta y desarrollo de pudrición. Sin embargo, no se logra el efecto en la retención de la acidez debido a la imposibilidad de utilizar concentraciones bajas de oxígeno.

La mantención de la cadena de frío con temperatura de 0°C de pulpa es fundamental para evitar el desarrollo de fermentación. La generación de materiales que mantengan la condición aeróbica del tejido en condiciones de alza térmica es un desafío para el futuro de esta tecnología. 