ITEA (1998), Vol. 94V N.º 1, 21-31

INFLUENCIA DE VARIOS TRATAMIENTOS DE RIEGO Y DE LA FLORADA SOBRE LA CALIDAD POST RECOLECCIÓN DEL CHAMPIÑÓN (*Agaricus bisporus*)

A. Simón[1]
A. Gurría

Centro de Investigación Agraria
C.A. de La Rioja
Apartado 1056. 26080 Logroño

RESUMEN

Se ha estudiado la influencia del riego con solución acuosa de cloruro cálcico al 0,25% o de esta solución más oxina a 50 p.p.m., sobre la calidad post recolección de una cepa blanca de champiñón en las tres primeras floradas.

El riego con cloruro cálcico, por sí solo o con oxina, mejora la blancura de los champiñones e inhibe la aparición de lesiones bacterianas en la postrecolección. No obstante la adición de oxina produce disminución de la firmeza en los champiñones de la primera y segunda florada.

Los champiñones de la tercera florada se oscurecen más pero presentan menor pérdida de firmeza y desarrollo del carpóforo que los de las dos primeras floradas. Las lesiones bacterianas aumentan con el número de la florada y los tratamientos de riego son más efectivos en la primera.

Palabras clave: Cloruro cálcico, Oxina, Color, Textura, Grado de desarrollo.

SUMMARY
INFLUENCE OF IRRIGATION TREATMENTS AND FLUSH NUMBER ON POSTHARVEST MUSHROOM QUALITY

The influence of irrigation with calcium chloride and oxine solutions on the postharvest mushroom quality has been studied in the three first flushes.

Addition of calcium chloride 0,25% and Oxine 50 p.p.m. to irrigation water, improved mushroom colour and inhibited bacterial lesions. Nevertheless, oxine addition produced loss of firmness in mushroom of the first and second flush.

Third flush mushrooms had more discolouration and less firmness loss and cap development than those from the first and second flushes. Bacterial lesions increased with the flush number and the irrigation treatments were more effective in the first flush.

Key words: Calcium chloride, Oxine, Colour, Texture, Cap development.

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

Introducción

La pérdida de calidad de los champiñones después de la recolección se debe principalmente al proceso metabólico de senescencia que se manifiesta en el oscurecimiento de la superficie externa, la modificación de la textura y el desarrollo del sombrero junto con el crecimiento del tallo.

El aspecto más tratado ha sido el oscurecimiento externo, que se debe fundamentalmente a la reacción de la enzima tiroxinasa con los polifenoles pero también se atribuye, en parte, a la acción de las bacterias que, como las *Pseudomonas tolaasii,* son muy comunes en la microflora del champiñón (BEELMAN *et al.*, 1989).

BEELMAN *et al.* (1987) han ensayado la adición al agua de riego de compuestos como el dióxido de cloro (oxina) y el cloruro cálcico que afectan al crecimiento bacteriano. La oxina añadida al agua de riego reduce la incidencia de la mancha bacteriana durante el cultivo, así como la población bacteriana en el momento de la recolección (GEELS *et al.*, 1991). Por su parte, la adición de cloruro cálcico también disminuye la población microbiana en los champiñones recién recolectados, pero a concentraciones por encima del 0,25% puede reducir el rendimiento sobre todo en las cepas de tipo "off-white" (SOLOMON *et al.*, 1991).

La combinación de los dos compuestos ha sido ensayada por estos autores, porque permite disminuir la concentración de cloruro de calcio, reforzando su efecto mediante la adición de oxina. Una solución de cloruro cálcico al 0,25% y de oxina a 50 p.p.m. dio buenos resultados en cuanto al mantenimiento de la blancura de los champiñones y la disminución del recuento bacteriano (SOLOMON *et al.*, 1991).

En estos trabajos citados no se hace referencia al número de la florada con la que se ha experimentado y éste es un factor que influye sobre los cambios post recolección de la calidad de los champiñones (oscurecimiento, desarrollo del sombrero) (BURTON y NOBLE, 1993).

Los champiñones de las distintas floradas difieren en su composición (CAREY y O'CONNOR, 1991) y también en la población microbiana que aumenta con el número de la florada (OLIVIER, 1984), por lo que pueden verse afectados de diferente manera por los tratamientos de riego.

En este trabajo se pretende determinar el efecto de la adición de cloruro cálcico y oxina al agua de riego, sobre la calidad post recolección de una cepa blanca de champiñón, en las tres primeras floradas.

Material y métodos

Se ha trabajado con champiñones de la cepa blanca H-24, cultivados en tres filas consecutivas de estantes colocados a tres niveles, en una nave champiñonera perteneciente a un cultivador de Pradejón (La Rioja).

Las tres filas han recibido los mismos cuidados culturales habituales en esta región, exceptuando el tratamiento de riego. Se ha ensayado la adición de cloruro de calcio y dióxido de cloro (oxina) al agua de riego, a las concentraciones referidas por SOLOMON *et al.* (1991) de la siguiente manera:

1.ª fila: riego con agua normal (tratamiento A).

2.ª fila: riego con una solución de cloruro de calcio al 0,25% (tratamiento B).

3.ª fila: riego con una solución de cloruro de calcio al 0,25% más oxina a 50 p.p.m. (tratamiento C).

Para el control de la calidad post recolección se trabajó con los champiñones procedentes de los 270 sacos centrales de cada fila, recogidos en el día óptimo de las tres primeras floradas.

Se recogieron cuidadosamente, los champiñones de 3-4 cm de diámetro, con el velo intacto (estado de desarrollo 1 o 2 de la escala de Guthrie). Se colocaron en cajas de plástico, en capas separadas por papel de filtro y se transportaron en el espacio de media hora al laboratorio, donde se enfriaron en cámara frigorífica a 4°C.

Posteriormente, se empaquetaron los champiñones con el pie sin cortar, en bandejas de poliestireno (12 frutos por bandeja) y se recubrieron con film de PVC microperforado. Se prepararon ocho bandejas por tratamiento de riego, almacenando la mitad en cámara a 4°C y la otra mitad a 14°C durante 7 días.

Controles post recolección

En los champiñones recién recolectados se determinó el contenido en materia seca. Dos muestras de cuatro frutos por tratamiento se trituraron y se tomaron dos repeticiones de 10 g de cada una de ellas, en cápsulas de porcelana. Estas muestras se secaron en estufa a vacío a 40-45°C hasta pesada constante, refiriendo el peso de residuo seco como porcentaje respecto a 100 g de materia fresca.

La medida del color se hizo a los 0, 3 y 7 días de almacenado, sobre 24 champiñones de dos envases por tratamiento. Se midió el parámetro L* (luminosidad) mediante un colorímetro MiniScan/Ex de HunterLab, de geometría óptica difusa, observador 10°, iluminante C, orificio de 8 mm. de diámetro y calibrado con un patrón blanco (X=81,.1 Y=86,.0 Z=91,.8). Se realizaron tres medidas en puntos diferentes del sombrero de cada champiñón obteniéndose el promedio como medida de cada fruto. Cada tratamiento viene determinado por 24 repeticiones en cada control.

La textura se controló a los 0, 3 y 7 días sobre los champiñones procedentes de la medida del color a los que se cortó el pedúnculo. Se determinó la fuerza de compresión de cada champiñón hasta deformación constante de 2 mm mediante la prensa Instron Mod. 1140 con una velocidad de desplazamiento de 50 mm min^{-1}, expresándose los resultados en N. El índice de desarrollo se determinó a los 3 y 7 días de almacenado aplicando la escala de Guthrie referida por ROY *et al.* (1995).

La evaluación visual se realizó diariamente observando las diferencias entre tratamientos en cuanto a pardeamiento, condensación de agua, incidencia de lesiones bacterianas y aspecto general.

Los datos sobre materia seca, color y textura se sometieron a un análisis de la varianza considerando los factores tratamiento, florada y tiempo de almacenado para cada temperatura. Las medias se compararon con el test de Tukey o con la DMS.

Resultados y discusión

Materia seca

Los champiñones regados con agua (tratamiento A) presentaron, en la tercera florada, un contenido de materia seca significativamente inferior al de las dos anteriores.

(cuadro 1). En cambio, los tratamientos B y C mantienen el mismo nivel de materia seca en las tres floradas.

La mayor concentración de sales, en este caso $CaCl_2$, en los tratamientos B y C puede ser la causa del mantenimiento de la materia seca en las tres floradas así tratadas, ya que, según afirma KALBEBER (1995), se puede producir incluso un aumento de materia seca por efecto de las sales. Sin embargo, MICKLUS y BEELMAN (1996) no observaron efecto alguno del riego con $CaCl_2$ sobre el contenido de materia seca de los champiñones.

Color

Teniendo en cuenta que en el análisis de la varianza de los tres factores (florada, tratamiento de riego y tiempo de almacenado), no es significativa la interacción entre florada y tratamiento (cuadro 2), se han analizado para cada florada por separado los factores tratamiento de riego y tiempo, cuya interacción tampoco ha resultado significativa. Por lo tanto, en la figura 1, se han representado los valores medios de L*obtenidos a partir de los resultados de los tres controles (0, 3 y 7 días) en cada tratamiento de riego.

El tratamiento B con $CaCl_2$ aumentó la blancura de los champiñones en las floradas 1 y 2, a las dos temperaturas consideradas. También existe una tendencia a que el tratamiento C ($CaCl_2$ + oxina) incremente este efecto de manera significativa en la primera florada a 4°C. (figura 1). Se confirma así lo observado por SOLOMON *et al.* (1991) con una cepa blanca de champiñón. Sin embargo, en la 30 florada no ejerció efecto el $CaCl_2$ por sí sólo, pero sí con la adición de oxina. Esto puede ser debido al incremento de la población de *Pseudomonas* a medida que avanza la recolección, referido por OLIVIER (1984). Probablemente el aumento de la población microbiana en la 30 florada sólo sea contra-

CUADRO 1
CONTENIDO EN MATERIA SECA (%) DE LOS CHAMPIÑONES RECIÉN RECOLECTADOS, PARA TRES TRATAMIENTOS DE RIEGO (A: AGUA NORMAL, B: $CaCL_2$ 0,25%, C: C^ACL_2 0,25% MÁS OXINA 50 p.p.m.), EN LAS TRES PRIMERAS FLORADAS

TABLE 1
INFLUENCE OF IRRIGATION TREATMENTS (A: TAP WATER, B: $CaCL_2$ 0,25%, C: $CaCL_2$ 0,25% AND OXINE 50 ppm) ON DRY MATTER CONTENT (%) OF MUSHROOMS FROM THE THREE FIRST FLUSHES

Tratamiento de riego / Florada	A	B	C
Florada 1	9,083 ab	9,943 a	9,243 ab
Florada 2	9,75 ab	9,720 a	10,128 a
Florada 3	7,455 c	9,273 ab	8,433 bc

Los valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para P≤ 0,05.
Values with the same letter are not significantly different at the 0,05 level.

CUADRO 2
ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PARÁMETRO L* (LUMINOSIDAD) DE LOS CHAMPIÑONES ALMACENADOS A 4°C Y 14°C (VALOR DE F)

TABLE 2
ANALYSIS OF VARIANCE OF COLOUR (L) FROM MUSHROOMS THAT WERE STORED AT 4°C AND 14°C (F VALUE)*

Fuente de variación	F(4°C)	F(14°C)
Florada (Flo)	26,55 ***	47,16 ***
Tratamiento de riego (Trat)	33,99 ***	14,37 ***
Tiempo de almacenado (Ti)	19,09 ***	74,97 ***
Flo * Trat	2,01 NS	1,80 NS
Flo * Ti	6,56 ***	6,51 **
Trat * Ti	3,12 *	0,17 NS
Flo * Trat * Ti	1,29 NS	1,50 NS

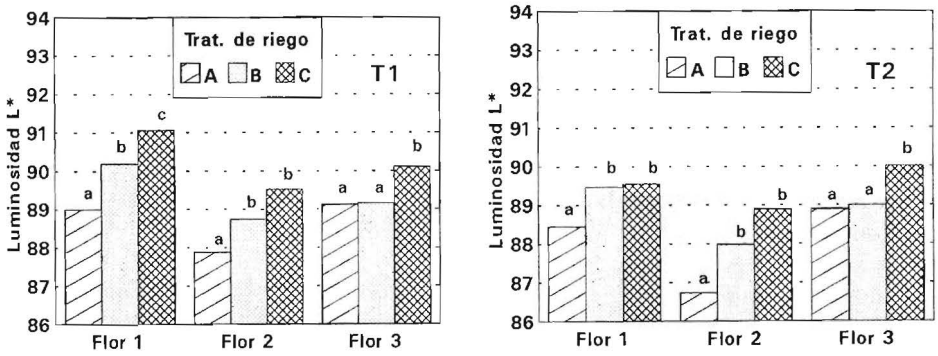


Figura 1. Color de los champiñones (L*) para tres tratamientos de riego (A: agua normal; B: $CaCl_2$ 0,25% ; C: $CaCl_2$ 0,25% más oxina 50 p.p.m) en las tres primeras floradas. Valores medios de L* correspondientes a almacenamiento a 4°C (T1) y a 14°C (T2).
Las medias seguidas de distinta letra para cada florada, son significativamente diferentes para P≤ 0,05

Figure 2. Influence of irrigation treatments (A: tap water, B: $CaCl_2$ 0,25%, C: $CaCl_2$ 0,25% and Oxine 50 ppm) on colour (L) of mushroom caps from the three first flushes. Average values of L* corresponding to storage at 4°C (T_1) and 14°C (T_2).*
Values within each flush, with the same letter, are not significantly different at the 0,05 level

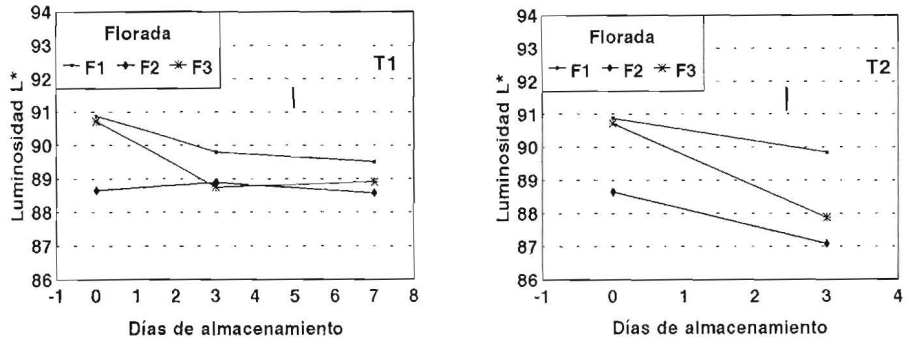


Figura 2 . Color de los champiñones (L*) a lo largo del almacenamiento a 4°C (T1) y a 14°C (T2) en las tres primeras floradas.
El trazo vertical es la DMS para P≤ 0,05

Figure 2. Colour (L) of mushrooms from the three first flushes, during storage at 4°C (T_1) and 14°C (T_2).*
Vertical bars indicate LSD at the 0,05 level

rrestado por la acción microbicida de la oxina.

La interacción entre florada y tiempo de almacenamiento resultó muy significativa a las dos temperaturas y se ha representado en la figura 2. Los champiñones de la 2° florada son menos blancos en el momento de la recolección, pero a 4°C no experimentaron oscurecimiento durante el almacenamiento como ocurrió con las floradas 1 y 3 que de partida eran más blancas. El grado de oscurecimiento es mayor en la 3° florada entre los 0 y 3 días de almacenamiento, tanto a 4°C como a 14°C, lo que también ha sido observado por BARTLEY *et al.* (1991). Aunque los champiñones de la 10 florada tienen una actividad de la tiroxinasa más elevada (BURTON 1988), el posible incremento de la población microbiana de la 30 florada puede explicar el mayor grado de oscurecimiento que sufren los champiñones en este caso.

Textura

La interacción entre florada y tratamiento de riego, para la fuerza de compresión, resultó significativa a las dos temperaturas de almacenado. En la figura 3, que representa los valores medios de textura para las tres fechas de muestreo, se observa que los champiñones sometidos al riego con cloruro cálcico y oxina (tratamiento C) presentaron una textura menos firme que la de los otros dos tratamientos, de manera más acentuada en la primera florada, a las dos temperaturas de almacenado. También en la segunda florada se observa esta tendencia aunque menos intensa y en la tercera florada ya no es significativa.

La interacción entre florada y tiempo de almacenamiento también es muy significativa (cuadro 3). En el almacenamiento a 4°C se produjo un incremento de la firmeza a los 3 días que fue más intenso en la 30° florada (figura 4). Posteriormente, hasta

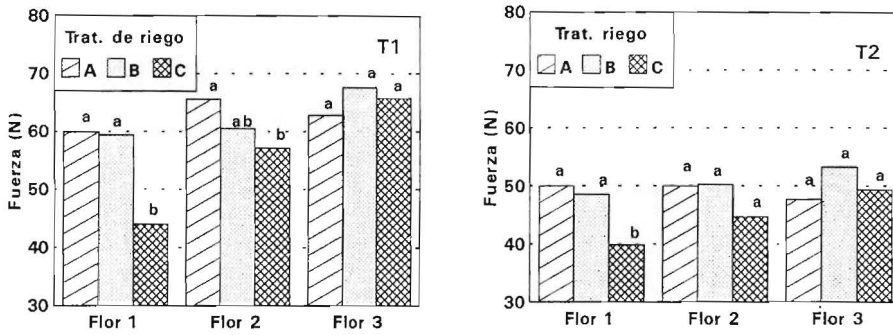


Figura 3. Fuerza de compresión de los champiñones obtenidos con tres tratamientos de riego (A: agua normal; B: $CaCl_2$ 0,25%; C: $CaCl_2$ 0,25% más oxina 50 p.p.m) en las tres primeras floradas. Valores medios de la fuerza correspondientes a almacenamiento a 4°C (T1) y a 14°C (T2). Las medias seguidas de distinta letra, para cada florada, son significativamente diferentes para P≤ 0,05

Figure 2. Influence of irrigation treatments (A: tap water, B: $CaCl_2$ 0,25%. C: $CaCl_2$ 0,25% and Oxine 50 ppm) on texture of mushroom caps from the three first flushes. Average values of force corresponding to storage at 4°C (T_1) and 14°C (T_2).
Values within each flush with the same letter are not significantly different at the 0,05 level

CUADRO 3
ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA FUERZA DE COMPRESIÓN DE LOS CHAMPIÑONES EN ALMACENAMIENTO A 4°C Y 14°C (VALOR DE F)
TABLE 3
ANALYSIS OF VARIANCE OF TEXTURE (COMPRESSION FORCE) OF MUSHROOMS THAT WERE STORED AT 4°C AND 14°C. (F VALUE)

Fuente de variación	F(41C)	F(141C)
Florada (Flo)	30,17 ***	3,37 *
Tratamiento de riego (Trat)	16.19 ***	8,47 ***
Tiempo de almacenado (Ti)	53,94 ***	235,14 ***
Flo * Trat	9,34 ***	2,54 *
Flo * Ti	11,47 ***	12,33 ***
Trat * Ti	3,52 **	8,71 ***
Flo * Trat * Ti	1,22 NS	0,46 NS

los 7 días, disminuye la fuerza de compresión y siguen siendo los champiñones de la 30 florada los menos afectados. A 14°C, la pérdida de firmeza de los champiñones se apreció a los 3 días de almacenado y también se observa que los de la 30 florada son más resistentes (figura 4).

La interacción significativa entre tratamiento de riego y tiempo de almacenado

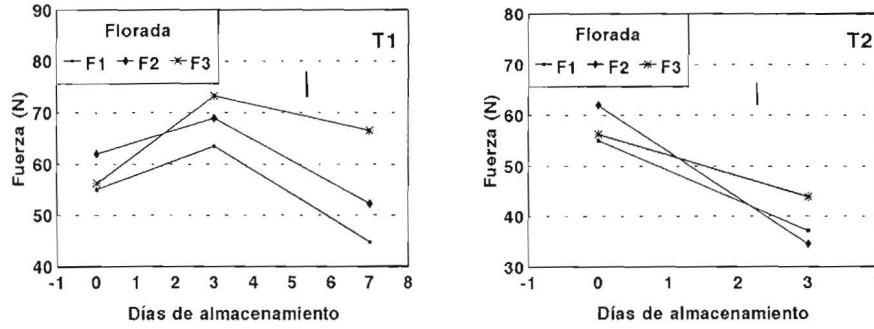


Figura 4. Fuerza de compresión de los champiñones a lo largo del almacenamiento a 4°C (T1) y a 14°C (T2) en las tres primeras floradas.
El trazo vertical es la DMS para P≤0,05

Figure 4. Texture (compression force) of mushrooms from the three first flushes, during storage at 4°C (T_1) and 14°C (T_2).
Vertical bars indicate LSD at the 0,05 level

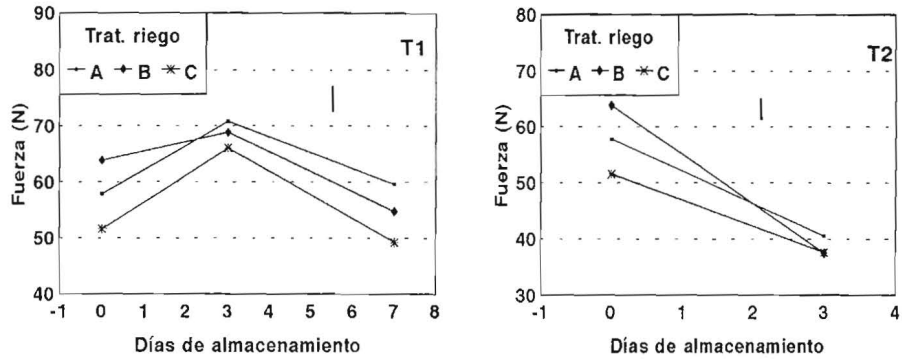


Figura 5. Fuerza de compresión de los champiñones a lo largo del almacenamiento a 4°C (T1) y a 14°C (T2) para tres tratamientos de riego (A: agua normal; B: $CaCl_2$ 0,25%; C: $CaCl_2$ 0,25% más oxina 50 p.p.m).
El trazo vertical es la DMS para P≤ 0,05

Figure 5. Influence of irrigation treatments (A: tap water, B: $CaCl_2$ 0,25%, C: $CaCl_2$ 0,25% and Oxine 50 ppm) on mushroom caps during storage at 4°C (T_1) and 14°C (T_2).
Vertical bars indicate LSD at the 0,05 level

(cuadro 3) se debe a que el tratamiento B, que en el día 0 presenta la mayor resistencia a la compresión, tiende a igualarse a los otros dos tratamientos al final del almacenamiento (figura 5).

Probablemente, la menor degradación de la textura en los champiñones de la 30 florada se deba a una inferior actividad de las proteasas. BURTON (1988) encontró que los champiñones de la 10 florada son los que tienen la actividad más elevada de estos enzimas.

Grado de desarrollo

Los resultados del cuadro 4 indican que el índice de desarrollo fue del mismo orden para los tres tratamientos de riego. Según estos resultados, ni el cloruro cálcico ni la oxina retrasan el desarrollo de los champiñones después de la recolección, contrariamente a lo referido por SOLOMON *et al.* (1991).

En el almacenamiento a 4°C, los champiñones se mantuvieron en su mayor parte con el velo cerrado (índice 2) durante 7 días, mientras que a 14°C hubo un gran número de champiñones con el velo roto ya a los tres días (índices 3,7-3,8). A esta temperatura, se observa que el grado de desarrollo fue menor en la 30 florada que en las dos anteriores, confirmando lo observado por BURTON y NOBLE (1993).

CUADRO 4
GRADO DE DESARROLLO (ÍNDICE DE GUTHRIE) DE LOS CHAMPIÑONES DE LAS TRES PRIMERAS FLORADAS, PARA LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO A: AGUA NORMAL; B: $CaCL_2$ 0,25%; C: $CaCL_2$ 0,25% MÁS OXINA 50 p.p.m.
TABLE 4
INFLUENCE OF IRRIGATION TREATMENTS (A: TAP WATER, B: $CaCL_2$ 0,25%, C: $CaCL_2$ 0,25% AND OXINE 50 ppm) ON CAP DEVELOPMENT (GUTHRIE INDEX) OF MUSHROOMS FROM THE THREE FIRST FLUSHES

Florada	Tratamiento de riego	Almacenado a 4°C		Almacenado a 14°C	
		3 días	7 días	3 días	7 días
Florada 1	A	2,0	2,0	3,7	5,2
	B	2,0	2,1	3,6	5,3
	C	2,0	2,3	3,3	5,1
Florada 2	A	2,1	2,0	3,7	5,9
	B	2,0	2,2	3,8	5,9
	C	2,0	2,2	3,7	6.0
Florada 3	A	2,0	2,0	2,5	4,5
	B	2,0	2,0	2,6	4,4
	C	2,0	2,0	2,5	4,3

Evaluación visual

El efecto más destacado de los tratamientos de riego observado visualmente, se refiere a la incidencia de lesiones bacterianas durante el almacenamiento de los champiñones. En general, la aparición de estas lesiones ha ido aumentando con la florada y ha sido más intensa y evidente a los 14°C que a los 4°C.

A 4°C, todos los champiñones se mantienen bastante bien durante los siete días, ya que la refrigeración es el factor de mayor importancia para la conservación del champiñón. No obstante a 4°C, se observó en la segunda florada que algunos champiñones del tratamiento A estaban afectados a los seis días mientras que no lo estaban los de B y C.

A 14°C, no se observan lesiones bacterianas en la primera florada. En la segunda florada aparecen a los tres días de almacenamiento en los tratamientos A y B, con mayor intensidad en el primero, mientras que no se observan en C. En la tercera florada aparecen las lesiones ya en el primer día de almacenado y se intensifican de manera que, a los tres días, los champiñones presentan un aspecto rechazable debido también a la presencia de mohos y al grado de desarrollo. También en este caso el tratamiento más afectado es el A, bastante menos el B y no afectado el C.

Conclusiones

1. El riego con solución de cloruro cálcico al 0,25% mejora el color, inhibe en parte la aparición de lesiones bacterianas y mantiene el contenido de materia seca a lo largo de las tres primeras floradas.

2. El empleo adicional de oxina a 50 p.p.m. intensifica el efecto sobre el color y sobre la no aparición de lesiones bacterianas, pero tiene el inconveniente de que afecta a la textura disminuyendo la firmeza de los champiñones en las primeras floradas.

3. Las lesiones bacterianas aumentan con el número de la florada y su inhibición por el cloruro cálcico o la oxina es más efectiva en la primera florada, disminuyendo hacia la tercera.

4. Los champiñones de la tercera florada experimentan en la postrecolección, un deterioro del color más intenso que en floradas anteriores. Sin embargo, la degradación de la textura y el desarrollo de los carpóforos es menor en la tercera florada que en la primera y segunda.

Bibliografía

BARTHLEY C.E., BEELMAN R.B., WINNETT J.R., 1991. Factors affecting colour of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*) prior to harvest and during postharvest storage. Science and Cultivation of Edible Fungi. Ed. Maher, Balkema Rotterdam.

BEELMAN R.B., 1987. Factors influencing postharvest quality and shelf life of fresh mushrooms. Mushroom News. 35 (7): 12-18.

BEELMAN R.B., 1989. Influence of bacterial populations on postharvest deterioration of fresh mushrooms. Mushroom Science XII (Part II). Proceedings of the Twelfth International Congress on The Science and Cultivation of Edible Fungi. Braunschweig, Germany. 655-665.

BURTON K.S., 1988. The effects of storage and development on Agaricus bisporus proteases. J. Hort. Sci. 63: 103-108.

BURTON K.S., NOBLE R., 1993. The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. Postharvest Biology and Technology 3: 39-47.

CAREY A.T., O'CONNOR T.P., 1991. Influence of husbandry factors on the quality of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). Science and cultivation of Edible Fungi. Ed. Maher, Balkema, Rotterdam.

GEELS F.P., VAN GRIENSVEN L.J., RUTJENS A.J., 1991. Chlorine dioxide and the control of bacterial blotch on mushrooms, caused by *Pseudomonas tolaasii*. Science and Cultivation of Edible Fungi. Ed. Maher, Balkema, Rotterdam.

KALBEBER P.P., 1995. Factors influencing the dry matter content of the fruit bodies of Agaricus bisporus. Science and cultivation of Edible Fungi. Ed. Elliot, Balkema, Rotterdam.

MICKLUS M.B., BEELMAN R.B., 1996. $CaCl_2$ treated irrigation water applied to mushroom crops (*Agaricus bisporus*) increases Ca concentration and improves postharvest quality and shelf life. Mycologia, 88 (3): 403-409.

OLIVIER J.M., 1984. Bacterial blotch in French caves. Symp. on Bacterial Blotch, September 1982, Littlehampton, UK. Int. Soc. Mushroom Sci., 31-53.

ROY S., ANANTHESWARAN R.C., BEELMAN R.B., 1995. Sorbitol increases shelf life of fresh mushrooms stored in conventional packages. J. Food Sci., 60 (6): 1254-1259.

SOLOMON J.M., BEELMAN R.B., BARTLEY C.E., 1991. Addition of calcium chloride and stabilized chlorine dioxide to irrigation water, to improve quality and shelf life of *Agaricus bisporus*. Science and Cultivation of Edible Fungi. Ed. Maher, Balkema, Rotterdam.

(Aceptado para publicación el 30 de enero de 1998)