ITEA (2000), Vol.96V N.° 1, 19-26

INFLUENCIA DE FACTORES ANTERIORES A LA RECOLECCIÓN SOBRE LA CALIDAD DEL CHAMPIÑÓN (*AGARICUS BISPORUS*)

A. Simón

Centro de Investigación y Desarrollo Agrario la C.A. de la Rioja, Apartado 433, 26080 Logroño, España

RESUMEN

Partiendo de la revisión realizada por Carey y O´Connor (1991), sobre la influencia de las condiciones de cultivo (compost, cobertura, condiciones ambientales etc.) en la calidad del champiñón, se recogen algunos de los aspectos tratados por estos autores, completando con las aportaciones más recientes en este tema.

La adición de cloruro cálcico al agua de riego mejora la blancura de los champiñones debido a la acción del Ca sobre la integridad de las membranas vacuolares.

El control informático de las condiciones de temperatura, humedad relativa y dióxido de carbono en las cámaras de cultivo permite controlar una producción uniforme y de calidad.

La textura y el contenido en materia seca de los champiñones son características importantes de cara a la recolección mecánica y dependen de condiciones de cultivo como el grosor de la cobertura y del compost entre otros.

Palabras clave: *Agaricus bisporus,* Condiciones de cultivo, Calidad.

SUMMARY

INFLUENCE OF PREHARVEST FACTORS ON THE QUALITY OF FRESH MUSHROOMS (*AGARICUS BISPORUS*) A review

The influence of husbandry factors on the quality of fresh mushrooms has been reviewed by Carey and O´Connor (1991). In this article the most recent contributions complete the information on this subject.

Calcium chloride added to the irrigation water enhances mushroom colour by increasing vacuolar membrane integrity.

Computer environmental control (temperature, relative humidity and carbon dioxide) can give uniform crop and enhances mushroom quality.

Firmess and dry matter content of mushrooms are important characteristics for the mechanical harvest and depend of some husbandry factors (depth of casing and compost, salinity etc).

Key words: *Agaricus bisporus,* Cultivation conditions, Quality

Calidad del champiñón en el momento de la recolección

La calidad del champiñón recién recolectado viene determinada por características tales como la blancura, el estado de desarrollo, la ausencia de enfermedades (mancha bacteriana), el sabor y la textura.

Los consumidores valoran, en primer lugar, la ausencia de enfermedades y la blancura como índices de un producto sano y fresco. La preferencia por el grado de desarrollo depende del área geográfica. Generalmente, en Europa se aprecia más el champiñón con el velo cerrado, aunque en Inglaterra se prefiere el fruto en un estado más maduro. Otros caracteres como el sabor o la textura son valorados a la hora del consumo y pueden influir en la decisión de compra posterior (Mc. CANNA y GORMLEY, 1969).

Entre las numerosas enfermedades que afectan al champiñón durante su cultivo y que limitan el rendimiento de la cosecha, tal vez sea la llamada "mancha bacteriana" la que más afecta a la calidad postrecolección del champiñón, ya que frutos recolectados aparentemente en buen estado pueden verse atacados durante el almacenamiento posterior (CAREY y O´CONOR, 1991).

El champiñón recién recolectado tiene unas características estructurales y de composición (firmeza, materia seca, polifenoles, actividad de la tirosinasa etc.) que pueden influir en su conservación posterior como consecuencia de la susceptibilidad al daño mecánico, al pardeamiento o a la apertura de los carpóforos. Estos aspectos influyen en la vida útil del producto y en su calidad en el momento de la venta.

Influencia de factores anteriores a la recolección sobre la calidad inicial del champiñón

Los factores genéticos y medioambientales tienen una importante influencia sobre la calidad del champiñón en el momento de la cosecha, que es donde el producto ofrece una mayor calidad, que puede mantenerse después de la recolección pero no mejorarse.

La revisión bibliográfica realizada por CAREY y O´CONNOR (1991) contempla la influencia de los siguientes factores: compost, cobertura, riego, inicio de la fructificación, condiciones medioambientales de temperatura, humedad y dióxido de carbono, florada, cepa, sistema de producción y recogida. En este trabajo se recogen algunos aspectos tratados por estos autores tratando de completarlos con la bibliografía recientemente aparecida.

Compost y cobertura

Las propiedades físico-químicas del compost (densidad, humedad, temperatura, pH, salinidad, nutrientes, amonio) influyen en la colonización completa y uniforme del compost por el micelio, lo que determina el tamaño y uniformidad de los carpóforos además del rendimiento.

La cobertura debe estar formada por un material con capacidad para retener agua y para soportar los riegos sin perder su estructura porosa, con el fin de que circule bien el aire. El grosor uniforme y la superficie lisa evitan el agrupamiento de los champiñones que dificulta la recogida y produce deformación de los carpóforos, por ello es importante la labor de rascado antes de la fructificación. Con este mismo fin,

interesa que la humedad sea uniforme en toda la cobertura. Con coberturas de 3 cm de espesor se producen champiñones con un mayor contenido en materia seca que con espesores de 6 cm, pero se reduce el rendimiento (KALBERER, 1990, 1995). Por su parte, NOBLE *et al.* (1997) encontraron que con coberturas de espesor pequeño (2,5 cm) se obtienen champiñones más firmes y con menos deformación plástica que con espesores mayores (5,5 cm). En cambio, con espesores mayores de compost se obtienen frutos más firmes. Los champiñones con menor deformación plástica se separan más facilmente en la recolección. Por otra parte se ha encontrado una correlación positiva entre la firmeza de los champiñones y el contenido de materia seca (GORMLEY 1969, NOBLE *et al.* 1997). Estas características de los champiñones se consideran importantes de cara a la recolección mecánica.

Riego

El contenido de humedad en el compost y en la cobertura aplicado mediante los riegos ha de ser el adecuado, ya que un exceso de agua en cobertura da lugar a una disminución de la materia seca, y un defecto de humedad hasta niveles de estrés, produce frutos abiertos prematuramente y con las láminas endurecidas (CAREY y O´CONNOR, 1991).

Rebajando el potencial de agua de la cobertura, mediante la adición de sal, se obtienen champiñones con un mayor contenido en materia seca, aunque también menor rendimiento. En el fruto aumenta la concentración de sustancias osmóticamente activas, entre ellas el manitol (KALBERER, 1990). El manitol es un azúcar que no es metabolizado en los carpóforos durante el cultivo, pero sí después de la recolección (HAMMOND y NICHOLS, 1977). Debido a esto es posible que los champiñones con mayor contenido en materia seca tengan también una mayor vida útil (KALBERER, 1995). SIMÓN y GURRÍA (1998a) encontraron que los champiñones con mayor contenido en materia seca y mayor firmeza, conservaron mejor la calidad después de la recolección debido a que tardaron más tiempo en abrirse los carpóforos y mantuvieron una textura más firme.

La adición de $CaCl_2$ al agua de riego fue ensayada junto con otras sales, en primer lugar por FLEGG (1958), encontrando que disminuía la incidencia de las enfermedades. BARDEN *et al.* (1987) y SOLOMON *et al.* (1991) encontraron una disminución del recuento bacteriano en champiñones regados con solución de cloruro cálcico. Pero también observaron otros efectos sobre el rendimiento y la calidad. SOLOMON *et al.* (1991) refieren una disminución de la produción en una cepa de tipo off-white pero no así en otra cepa tipo white, al regar con una solución de $CaCl_2$ al 0,25%. Por su parte, BARDEN *et al.* (1987) sí que observaron disminución del rendimiento en una cepa blanca al regar con $CaCl_2$ al 0,5%. Posteriormente, MIKLUS y BEELMAN (1996), utilizando $CaCl_2$ al 0,3%, no observaron disminución del rendimiento en una cepa de tipo off- white, atribuyéndolo al momento en que se empezó a aplicar el riego, que fue 11 días después de la cobertura.

En general hay acuerdo en que el riego con cloruro cálcico mejora el color de los champiñones en el momento de la recolección y disminuye la intensidad de pardeamiento después de la misma (BARTLEY *et al.* 1991; SOLOMON *et al.* 1991; MIKLUS y BEELMAN 1996; SIMÓN y GURRÍA 1998b). MIKLUS y BEELMAN (1996) ensayaron el

riego con $CaCl_2$ al 0,3% y analizaron el contenido de los champiñones en Ca y Cu, este último por ser un cofactor de la tirosinasa que es el enzima responsable del pardeamiento postrecolección. En cambio el Cu no fue afectado por el tratamiento. Encontraron que el color medido por el párametro L en el momento de la recolección correlacionaba positivamente con el Ca y con la relación Ca/Cu y negativamente con el Cu.

KUKURA *et al.* (1998) demostraron mediante fotografías obtenidas por transmisión electrónica, que el aumento en los niveles de Ca incrementa la integridad de las menbranas vacuolares, reduciendo así la posibilidad de que la tirosinasa ahí contenida reaccione con sus sustratos.

También ha sido ensayada la adición de Oxina (Dióxido de cloro estabilizado) como agente desinfectante, al agua de riego, sola o con $CaCl_2$ (BARTLEY *et al.* 1991; SOLOMON *et al.* 1991; SIMÓN y GURRÍA 1998b). SOLOMON *et al.* (1991) encontraron la mayor reducción del recuento bacteriano en los champiñones, con el tratamiento combinado de $CaCl_2$ al 0,25% y Oxina a 50 p.p.m. También SIMÓN y GURRÍA (1998b) observaron con el mismo tratamiento, un efecto beneficioso sobre la vida útil de los champiñones, debido al menor desarrollo de la mancha bacteriana después de la recolección, aunque el tratamiento combinado daba lugar a champiñones con una menor firmeza desde el momento de la recolección, principalmente en la primera florada.

Florada

Entre los champiñones de las sucesivas floradas se dan diferencias de composición que pueden afectar algunos aspectos de la calidad.

La primera florada tiene un mayor contenido en polifenoles tales como la tirosina y fenilalanina referidos por ALDRIDGE y WALKER (1980) o polifenoles totales (BURTON *et al.* 1993). BURTON (1998) encontró que después de la recolección, la actividad de la tirosinasa era mayor en la primera florada que en las dos siguientes. Según esto, es de esperar que la primera florada sea menos blanca o tenga un mayor grado de pardeamiento postrecolección, como así se ha constatado en algunos casos. Pero no siempre ocurre así, ya que en otros casos es la primera florada la de mayor blancura desde la recolección y a lo largo del almacenamiento (BURTON y NOBLE, 1993). Estos autores establecen la hipótesis de que el pardeamiento de la primera florada hay que atribuirlo en mayor medida a procesos fisiológicos y bioquímicos mientras que en el pardeamiento de floradas posteriores puede predominar el oscurecimiento por causas microbiológicas ya que, según OLIVIER (1984) la población de Pseudomonas aumenta a lo largo del ciclo de cultivo.

Por otra parte, el equipo de investigadores americano de Beelman, refieren que el grado de blancura en el momento de la recolección disminuye desde la primera a la tercera florada (BARTLEY *et al.*, 1991; BEELMAN *et al.*, 1995; KUKURA *et al.*, 1998) y que los champiñones de la segunda y tercera florada oscurecen más rapidamente que los de la primera (BARTLEY *et al.*, 1991). Este comportamiento lo han relacionado con un incremento del contenido en Cu de la primera a la tercera florada (BEELMAN *et al.*, 1995) y con una mayor actividad de la tirosinasa en ese mismo periodo (KUKURA *et al.*, 1998).

BURTON (1998) encontró que la primera florada presenta una actividad de las proteasas y contenido en proteínas mayores que las restantes. Esto puede explicar que

la primera florada pierda textura después de la recolección en mayor grado que las otras (SIMÓN y GURRÍA 1998, datos no publicados). Otro distinto comportamiento entre las floradas se da en el grado de desarrollo después de la recolección que es mayor en la primera florada que en las siguientes (BURTON y NOBLE, 1993; SIMÓN y GURRÍA, 1998b).

Condiciones medioambientales del cultivo

Las condiciones medioambientales de temperatura, CO_2 y humedad durante el cultivo, afectan de manera importante a la calidad de los champiñones.

La temperatura adecuada varía según la fase del cultivo. Según FLEGG (1972), la temperatura óptima de colonización del micelio es de 24°C. Después del inicio de la fructificación es favorable un descenso de temperatura a 16°C, durante unos días, para volver posteriormente a los 22-24°C. Estos cambios requieren un adecuado control de la humedad relativa para evitar condensaciones sobre los frutos que pudieran favorecer el desarrollo de la mancha bacteriana.

El control de la humedad relativa es crítico durante el período de fructificación porque regula el nivel de transpiración de los champiñones. Para valores de la transpiración superiores a 6 mg/cm^2/hora, que se puede alcanzar con humedades relativas inferiores al 90% (FLEGG, 1989), se producen superficies oscurecidas, escamosas o con grietas, siendo las cepas de tipo "off-white" más susceptibles a este fenómeno. Pero también un exceso de humedad relativa (95%) da lugar a una textura más blanda y mayor susceptibilidad al daño mecánico, además de la posibilidad de producir condensación, según SCHISLER (1983).

El nivel de CO_2 influye tanto en la fase de crecimiento vegetativo como en la de crecimiento reproductivo del *Agaricus bisporus*. El nivel óptimo de crecimiento del micelio está alrededor de 1.000-5.000 p.p.m. El inicio de la fructificación se inhibe a niveles por encima de 2.000 p.p.m. Este momento se induce mediante una bajada del CO_2 a 300-1.000 p.p.m., además de una reducción de la temperatura del sustrato y de la humedad relativa. La inducción de la fructificación debe hacerse cuando el micelio ha llegado a la superficie de la cobertura, para que los frutos salgan limpios de tierra. Un posterior aumento de CO_2 favorece la producción de frutos más firmes y se evita el estiramiento o ruptura del velo. No obstante, niveles de CO_2 de 3.000 a 5.000 p.p.m. producen alargamiento de los tallos y reducción del sombrero (CAREY y O´CONNOR, 1991).

Cepa

Las cepas de champiñón de la especie *Agaricus bisporus* se suelen agrupar en varios tipos caracterizados por el color y la escamosidad del carpóforo. CAREY y O´CONNOR (1991) hacen referencia a cuatro tipos: el blanco puro caracterizado por superficie suave, color blanco y laminillas rosadas; el tipo rugoso u "off-white" que siendo blanco, tiene tendencia a la escamosidad de la superficie y a la formación de grietas; los tipos crema y marrón que se diferencian por el color de la piel.

VEDDER (1991) clasifica las cepas según el color en blancas, crema claro, crema oscuro, pardo claro y pardo oscuro y según la superficie en lisas y escamosas. Los champiñones blancos son los más cultiva-

dos y demandados por los consumidores. No obstante, los cremas y marrones pueden ser apreciados como una especialidad (MOQUET *et al.* 1997).

La caracterización de las cepas presenta dificultades, ya que muchas de las características atribuidas a una variedad pueden depender de las condiciones de cultivo. Las cepas cultivadas de la especie *Agaricus bitorquis* se caracterizan por un color blanco sedoso, doble velo y pie corto.

BURTON (1989) relacionó la calidad de las cepas en cuanto al color con el contenido de polifenoles. Una cepa con menor contenido de polifenoles tiene mejor calidad de color. Trabajando con tres cepas, una de *Agaricus bisporus* y dos de *Agaricus bitorquis,* BURTON *et al.* (1993) encontraron diferencias en la blancura de los champiñones en el momento de la recolección y en el pardeamiento postrecolección. BURTON *et al.* (1993) trataron de estudiar las diferencias de composición y cambios bioquímicos relacionados con el pardeamiento para explicar las diferencias de comportamiento entre las cepas. La cepa con el más bajo nivel de polifenoles en la piel y la más baja actividad de la tirosinasa es también la más blanca en el momento de la recolección, pero no hay correlación con el grado de pardeamiento postrecolección. El grado de decoloración de las tres cepas correlaciona con el aumento en la actividad proteolítica de la piel.

Conclusiones

Conseguir un buen nivel de calidad en los champiñones frescos que llegan al consumidor, no solo depende de las técnicas de manejo postrecolección (temperatura, envasado etc.) sino también de la calidad de los champiñones en el momento de la recolección, caracterizada por su color, textura, tendencia al pardeamiento, susceptibilidad al roce o al daño mecánico etc. Esto depende, por un lado, del potencial genético de las cepas cultivadas y por otro de las condiciones de cultivo que deben ser conocidas para cada tipo de cepa.

Las líneas actuales de investigación van hacia un mayor conocimiento de la bioquímica y fisiología postrecolección del champiñón, para explicar las causas del rápido deterioro que sufre este producto y poder incidir en ellas mediante las técnicas de cultivo y postcosecha o a través de la mejora genética.

Entre las innovaciones recientes en las técnicas de cultivo cabe señalar, la adición de $CaCl_2$ al agua de riego, la aplicación de la informática para el control de las condiciones medioambientales del cultivo, y la mecanización de la recolección que requiere unas determinadas características de calidad de los champiñones dependientes de las condiciones de cultivo.

Bibliografía

ALDRIDGE P.D., WALKER J.R.L. 1980. A study of enzymic browning in the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). Mauri Ora 8, 35-43. Citado por: 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, Rotterdan, pp. 673-682.

BARDEN C.L., BEELMAN R.B., BARTLEY C.E., SCHISLER L.C. 1987. The effect of calcium chloride added to the irrigation water on quality and shelf-life of harvested mushrooms. J. Food Protection 53(9), 759-762.

BARTLEY C.E., BEELMAN R.B., WINNETT J.R. 1991. Factors affecting colour of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*) prior to harvest and during postharvest storage. En: Science and Cultivation of edible Fungi. Maher (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 689-694.

BEELMAN R.B., SIMONS S.S., MIKLUS M.B. 1995. Relationship between copper accumulation and yield and quality of fresh mushrooms. En: Science and Cultivation of Edible Fungi. Elliot (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 765-770.

BURTON K.S., 1998. The effects of storage and development on *Agaricus bisporus* proteases. J. Hort. Sci. 63 (1) 103-108.

BURTON K.S. 1989. The quality and storage life of *Agaricus bisporus*. Mushroom Science XII (Part I) Proceedings of the Twelfth International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi. Braunschweig. Germany, pp. 287-293.

BURTON K.S., LOVE M.E., SMITH J.F. 1993. Biochemical changes associated with mushroom quality in Agaricus spp. Enzyme Microb. Technol. 15 (9), 736-741.

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*) En: Science and Cultivation of Edible Fungi. Maher (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 673-682.

FLEGG P.B. 1958. Some aspects of the casing layer in relation to fruiting of the cultivated mushroom. Rep. Glasshouse Crops res. Inst. 7, 477-489. Citado por: Miklus 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.

FLEGG P.B. 1972. Response of the cultivated mushroom to temperature with particular reference to the control of cropping. Mushroom Science 8, 75-84. Citado por: 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. Maher (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 673- 682.

FLEGG P.B. 1989. Crop production. Mushroom Journal 197, 157-163.

GORMLEY T.R. 1969. Texture studies on mushroom. J. of Food Technology 4, 161-169.

HAMMOND J.B.W., NICHOLS R. 1977. Carbohydrate metabolism in Agaricus bisporus (Lange) Imbach: Metabolism of (C14) labelled sugars by sporophores and mycelium. New Phytologist 79, 315-325.

KALBERER P.P. 1990. Influence of the water potential of the casing soil on crop yield and on dry-matter content, osmotical potential and mannitol content of the fruit bodies of Agaricus bisporus. J. of Horticultural Science 65 (5), 573-581.

KALBERER P.P. 1995, Factors influencing the dry matter content of the fruit bodies of Agaricus bisporus. En: Science and Cultivation of Edible Fungi. Elliot (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 417- 422.

KUKURA J.L., BEELMAN R.B., PEIFFER M., WALSH R. 1998. Calcium chloride added to irrigation water of mushrooms (Agaricus bisporus) reduces postharvest browning. J. of Food Science 63 (3), 454-457.

MC. CANNA C., GORMLEY T.R. 1969. Quality assesment of mushrooms: relationship between moisture loss, colour and toughness of harvested cultivated mushrooms. Mushroom Science 7, 485-492.

MIKLUS 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.

MOQUET F., RAMOS GUEDES-LAFARGUE M., VEDIE R., MAMOUN M., OLIVIER J.M. 1997. Optimun measure of cap colour in Agaricus bisporus wild and cultivated strains. J. of Food Science. 62 (5), 1054-1079.

NOBLE R., RAMA T., MILES S., BURTON K.S., STHEPHENS T.M., REED J.N. 1997. Influences of compost and casing layer depths on the mechanical properties of mushrooms. Ann. Appl. Biol. 131, 79-90.

OLIVIER J.M. 1984. Bacterial blotch in French caves. Symp. on Bacterial Blotch. Sep. 1982, Littlehampton U.K. pp. 31-53. Citado por: Burton K.S., Noble R. 1993, The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. Postharvest Biol. and Technol. 3, 39-47.

SCHISLER L.C. 1983. Quality/Size. Mushroom Journal 123, 81-89. Citado por 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. Maher (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 673-682.

SIMÓN A., GURRIA A. 1998a. Empaquetado de champiñón (Agaricus bisporus) con cuatro tipos de film plástico. Alimentaria nº 293, 57-62.

SIMÓN A., GURRIA A. 1998b. Influencia de varios tratamientos de riego y de la florada sobre la calidad postrecolección del champiñón (Agaricus bisporus). Información Técnica Económica Agraria. 94v (1), 21-31.

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. En: Science and Cultivation of Edible Fungi Maher (ed.) Balkema Rotterdan, pp. 695- 701.

VEDDER P.J.C. 1991. Cultivo moderno del champiñón. Ed. Mundi Prensa. Madrid.

(Aceptado para publicación el 15 de octubre 1999)