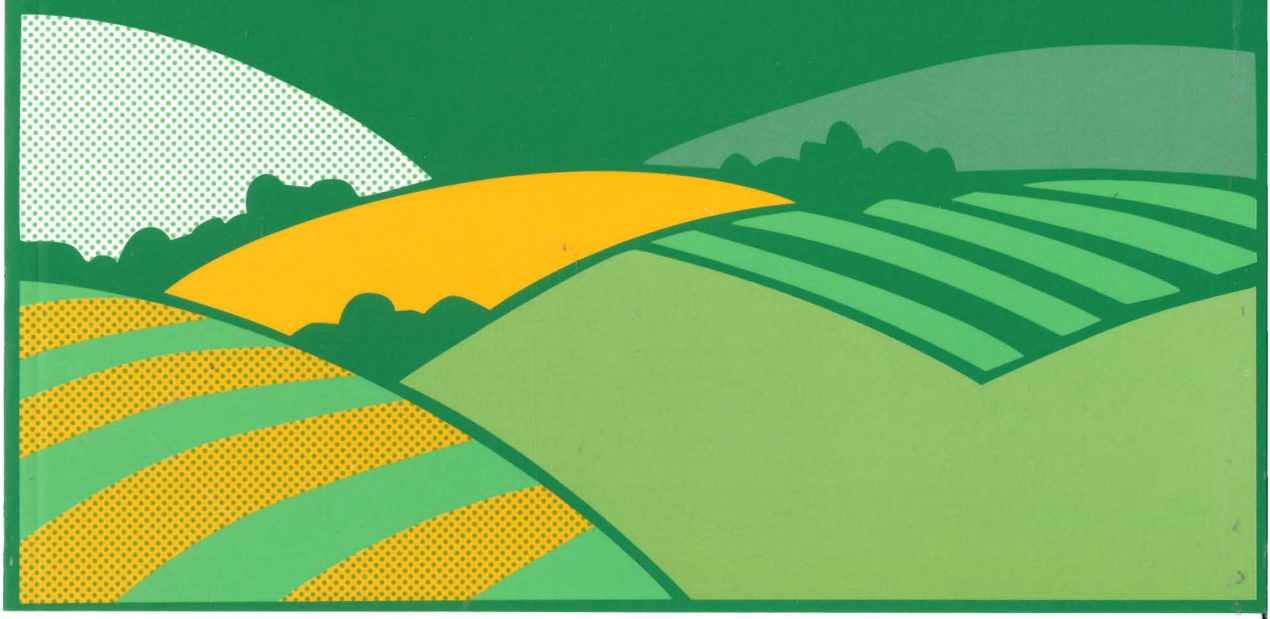
ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario
Vol. 98V N.º 2
Agosto 2002



I T E A

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2002 - AÑO XXXIII Vol. 98V N.º 2	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 576311 Fax.: 34-976 575501 E-mail: enotivol@aragob.es andreu@eead.csic.es cmmarin@aragob.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 1130-6017 INO Reproducciones, S.A. Polígono Miguel Servet, nave 13 50013 Zaragoza

COMITÉ DE REDACCIÓN

DIRECTOR: Eduardo Notivol Paíno
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
EDITORES: Producción Vegetal: Pilar Andreu Puyal
Producción Animal: Clara Marín Alcalá
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Rafael Delfa Belenguer
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
José Luis Alabart Álvarez
Juan A. Marín Velázquez
Azucena Gracia Royo
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Marisol Arnedo Andrés
Pere Alberti Lasalle

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Ángel Ruiz Mantecón
2.º Rafael Socias i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: Pere Alberti Lasalle
Ignacio Delgado Enguita
Clara Marín Alcalá
Joaquín Gómez Aparisi
Antonio Felipe Mansergas
Emilio Manrique Persiva
Rafael Delfa Belenguer

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa
de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, editor titular del Copyright.

ITEA no se responsabiliza necesariamente con las opiniones vertidas en los artículos firmados
que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En 2002 se publicarán los volúmenes 98A y 98V correspondientes a las series Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 2002 será de 27 € para una serie y de 36 € para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

ITEA (2002), Vol. 98V N.° 2, 87-94

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INICIACIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN DEL CHAMPIÑÓN CULTIVADO. II. FACTORES MICROBIOLÓGICOS

A. Pardo Giménez*,[1], J.A. de Juan Valero, J.E. Pardo González****

* Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES), C/ Peñicas s/n, Apartado 8, 16220 Quintanar del Rey, Cuenca, España
e-mail: pardo.cies@dipucuenca.es

** Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario s/n, 02071 Albacete, España

RESUMEN

La capa de cobertura, material empleado como recubrimiento superior del compost en cultivo comercial de champiñón, constituye el medio en el que se produce la modificación ecológica que supone el paso de la fase de crecimiento vegetativo del hongo a la fase reproductiva o, lo que es lo mismo, el medio en el que se produce la fructificación. La compleja interacción existente entre las diferentes características físicas, químicas y biológicas de la capa de cobertura dificultan el establecimiento de las condiciones óptimas que ésta debe reunir, por lo que resulta de especial interés el establecimiento de los diferentes factores que participan en el fenómeno de la fructificación. La iniciación y desarrollo de los carpóforos depende, además de la capacidad genética del micelio para fructificar, de factores físicos y ambientales, factores químicos y nutritivos y factores microbiológicos. En esta segunda parte del trabajo se lleva a cabo una revisión de los factores microbiológicos involucrados en la fructificación de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.

Palabras clave: *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach, Factores de la fructificación, Capa de cobertura.

SUMMARY

FACTORS INFLUENCING ON THE FRUCTIFICATION PROCESS OF THE CULTIVATED MUSHROOM. II. MICROBIOLOGICAL FACTORS

The casing layer is the material used as top covering of the compost in commercial mushroom cultivation. Here, the ecologic modification that implies the change from the vegetative to the reproductive growth phase takes place, so that it is the medium where the fructification occurs. The complex existent interaction among the different physical, chemical and biological properties of the casing layer hinders the establishment of the optimal conditions that this material should gather. So, the knowledge of the different factors that they participate in the fructification process results of special interest.

1. Persona a la que debe remitirse la correspondencia.

Among these, next to the own genetic capacity of the mycelium to fructify, physical and environmental factors, chemical and nutritional factors and microbiological factors are included. A revision of microbiological factors involved in *Agaricus bisporus* fructification is carried out in this work.

Key words: *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach, Fructification factors, Casing layer.

Introducción

La fructificación del champiñón en cultivo comercial se produce sobre la denominada capa de cobertura, material empleado como recubrimiento superior del compost, con objeto de inducir el paso de la fase de crecimiento vegetativo del hongo a la fase reproductiva. Esta capa de cobertura juega, pues, un papel primordial en el cultivo del champiñón, ya que su presencia condiciona el inicio de la fructificación. En la práctica comercial, se presenta una compleja interacción entra las diversas características físicas, químicas y biológicas que dificulta la definición de las condiciones óptimas que debe reunir la cobertura (HAYES, 1981), aunque son conocidos algunos de los requisitos que debe cumplir teniendo en cuenta los factores que influyen en la fructificación. En este sentido, la iniciación y desarrollo de los carpóforos depende, además de la capacidad genética del micelio para fructificar, de factores físicos y ambientales, factores químicos y nutritivos, y factores microbiológicos (COUVY, 1972; BAZERQUE y LABORDE, 1975; FORET, 1989). En una primera parte del trabajo, publicada en esta misma revista, se llevó a cabo una revisión de los factores físicos y ambientales como son la temperatura, la humedad relativa, la concentración de dióxido de carbono o la estructura del material de cobertura, así como de los factores químicos y nutritivos, entre los que se encuentran la situación nutritiva de la cobertura, el contenido en materia orgánica, la salinidad, el efecto del carbonato cálcico, el pH y la capacidad de intercambio catiónico, factores todos ellos involucrados en la fructificación de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach, mientras que en esta segunda parte se han tenido en consideración los factores microbiológicos.

Factores microbiológicos de la fructificación

Al igual que los factores fisico-químicos están involucrados en la transición de la fase de crecimiento vegetativo al reproductivo, los microorganismos también juegan un papel esencial en la formación de los champiñones. Numerosos trabajos confirman que la presencia de bacterias, en particular *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula, en la mezcla de cobertura, estimula la fructificación del champiñón.

Los trabajos de EGER (1961, 1962, 1963), partiendo de que la fructificación no se producía en mezclas de cobertura esterilizadas, la llevaron a postular que el estímulo de la fructificación estaba relacionado con la presencia de microorganismos. Ciertas bacterias que viven en la capa de cobertura, cuando se presentan en cantidad suficiente, son capaces de detener el crecimiento del micelio, hecho conectado con la formación de los carpóforos, existiendo además un efecto recíproco

entre el micelio y la microflora de la cobertura. A mayor número de bacterias, la inhibición del crecimiento era más fuerte, y antes se iniciaba la formación de los primordios. Bajo condiciones axénicas, la función de los microorganismos podía, sin embargo, ser sustituida por carbón activo incorporado a mezclas de cobertura estériles, observación confirmada posteriormente por LONG y JACOBS (1974), ANGELI-COUVY (1975), COUVY (1976), WOOD (1976) y PEERALLY (1979).

O'DONOGHUE (1963) asoció la iniciación con la presencia de *Actinomycetes*. URAYAMA (1967), continuando la línea de trabajo iniciada anteriormente (URAYAMA, 1961), encontró que la presencia de ciertas bacterias estimulaba la formación de esporóforos en *Psilocybe panaeoliformis* Murril y otros Agaricales, y aisló un metabolito bacteriano que inducía el desarrollo de esporóforos, entre otros, de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.

HAYES *et al.* (1969) establecieron que la mezcla de cobertura, además de actuar como soporte mecánico para el desarrollo de los esporóforos y mantener una humedad adecuada para ellos, podría proporcionar un sustrato para las bacterias estimuladoras. La ausencia de esporóforos sobre composts sin cobertura expuestos a contaminación aérea, les llevó a pensar que las condiciones en el compost no permitían la acumulación de poblaciones efectivas de bacterias estimuladoras. Estos investigadores encontraron que entre las poblaciones de microorganismos aislados de materiales de cobertura no estéril se incluían ciertas bacterias, que cuando eran añadidas a cultivos puros, eran capaces de estimular la fructificación. Estas bacterias gram negativas, que utilizaban glucosa oxidativamente, y que producían una fluorescencia verde brillante en medio B de King, probablemente pertenecían al grupo fluorescente del género *Pseudomonas*, y fueron identificadas, utilizando técnicas diferenciadoras, como estrechamente relacionadas con *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula.

PARK y AGNIHOTRI (1969), también, demostraron que ciertas bacterias del suelo podían estimular la producción de champiñones, mediante la producción de algún o algunos metabolitos que estimularían la formación de esporóforos.

CURTO y FAVELLI (1972) observaron que el tratamiento de cultivos de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach con ciertos microorganismos se traducía en un aumento de la densidad del micelio, un aumento de la precocidad y un aumento del rendimiento.

ARROLD (1972) confirmó los trabajos de HAYES *et al.* (1969), según los cuales pseudomonas del grupo fluorescente, en concreto *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula, eran capaces de estimular la iniciación de la fructificación.

HUME y HAYES (1972), empleando diversos métodos de laboratorio en estudios para determinar las necesidades nutricionales para el desarrollo de primordios en cultivos en placa Petri, establecieron que estas bacterias, identificadas como *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula, aisladas de coberturas de cultivos comerciales, parecen necesarias para una producción repetida de gran número de primordios cuando se cultivan en asociación con *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. La irregular aparición de primordios en placas sin adición de *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula evidenciaba, sin embargo, que tal necesidad no era absoluta.

CRESSWELL y HAYES (1979) demostraron que el número total de bacterias en la capa de cobertura aumentaba significativamente después de aplicar la cobertura sobre compost sembrado, coincidiendo con OLIVIER y

GUILLAUMES (1979), hecho confirmado por HAYES (1981), INGRATTA y PATRICK (1987), REDDY y PATRICK (1992) y MILLER *et al.* (1995), siendo *Pseudomonas* el grupo dominante. Un primer pico de actividad bacteriana coincidía con la iniciación de la fructificación, apareciendo otro aproximadamente en la tercera florada. HAYES (1974) ya había indicado que una mayor actividad bacteriana en la cobertura previa a la cosecha implicaba un adelanto de la misma, un incremento en la formación de primordios y un aumento en el número y peso de los champiñones cosechados.

SAMSON *et al.* (1987) establecieron que las pseudomonas fluorescentes, y más concretamente *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula y *Pseudomonas fluorescens* (Trevisan) Migula, pueden representar hasta el 50% del total de bacterias en muestras de cobertura, aunque DOORES *et al.* (1987) encontraron que éstas suponían únicamente un 2,1%. Los trabajos de MILLER *et al.* (1995) indicaron que la proporción de estas bacterias iban del 14% durante la fase vegetativa al 41% durante la fase reproductiva.

En otra línea, los trabajos de MADER (1943) y STOLLER (1952) emitían hipótesis relativas a la existencia de sustancias volátiles no identificadas, que se difundían a partir del micelio, e inhibían la fructificación si no eran modificadas por la capa de cobertura, o eliminadas mediante una ventilación adecuada. SCHISLER (1957; citado por ATKINS, 1974) apuntó la posibilidad de que la capa de cobertura actuara como una barrera para la liberación de un compuesto volátil imprescindible que era necesario en concentraciones críticas. Más tarde, LOCKARD y KNEEBONE (1963), TSCHIERPE y SINDEN (1965) y LOCKARD (1967) identificaron los metabolitos volátiles de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach como etanol, acetona, etileno, acetato de etilo y acetaldehído, además del dióxido de carbono. Sin embargo, LONG y JACOBS (1968) afirmaron que las sustancias volátiles, con excepción del CO_2, no jugaban ningún papel en el proceso de iniciación de los esporóforos en mezcla de cobertura no estéril.

Más tarde, EGER (1972) estableció la hipótesis de que las bacterias que inician la fructificación son capaces de utilizar los metabolitos volátiles del champiñón como única fuente de carbono, y entre éstos, la acetona jugaría un papel clave. HAYES y Nair (1976) demostraron que la presencia de *Pseudomonas* aumentaba notablemente en atmósferas enriquecidas en sustancias volátiles emitidas por el micelio creciendo sobre compost, en dióxido de carbono, y en etanol. También, se ha propuesto que la formación de primordios se podía producir mediante el uso de agentes quelantes, como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), o compuestos conteniendo hierro añadidos a cultivos puros de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach en placa (HAYES, 1972), aunque WOOD (1976) fue incapaz de reproducir dicho efecto. Los estudios de HAYES (1972) permitieron postular que la actividad de las pseudomonas estaba asociada con su capacidad de solubilizar y reducir hierro en la capa de cobertura. El hierro soluble en agua, producido por el micelio y posiblemente inhibidor de su crecimiento, sería fijado por las bacterias en forma insoluble, manteniendo así niveles de hierro soluble en agua a concentraciones favorables para el crecimiento y fructificación de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach (HAYES, 1981). El efecto podría ser debido a la presencia de sideróforos, compuestos de poca masa molecular secretados por microorganismos que fijan hierro.

Según ANGELI-COUVY (1975) y WOOD (1976), la acción de los microorganismos sobre la iniciación fructífera sería una acción negativa, en cuanto estos últimos en lugar de

producir sustancias inductoras, contribuirían a la eliminación de eventuales sustancias inhibidoras de la fructificación emitidas por el propio micelio, que lo mantienen en estado vegetativo; la fructificación del champiñón en medio axénico se promueve por carbón activo, material utilizado por sus propiedades adsorbentes respecto a compuestos orgánicos de bajo peso molecular. WOOD y BLIGHT (1982) identificaron compuestos adsorbidos por "capas de cobertura" de carbón activo en cultivos axénicos de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach, entre los que se encontraban xileno, tolueno, benzaldehído, alcohol bencílico, hexanal, isovaleraldehído, 1,2,4,5-tetracloro-3,6-dimetoxibenceno, 1-octen-3-ol, octanal, 3-octanona, fenol, fenilacetaldehído y acetato de etilo. En cuanto a su efecto, 1-octen-3-ol inhibió la formación de primordios pero no el crecimiento miceliano; el alcohol bencílico estimuló el número de primordios, mientras el resto de compuestos inhibían tanto el crecimiento miceliano como la formación de primordios, o no tuvieron efecto. A pesar de no estar determinados los procesos involucrados directamente en la iniciación de los esporóforos, la disminución por debajo de un determinado umbral del nivel de los compuestos autoinhibidores producidos por el micelio parece probablemente necesaria para conseguir altos niveles de iniciación (FLEGG y WOOD, 1985).

Los efectos del carbón activo como adsorbente han sido sin embargo cuestionados por STOLLER (1979), según el cual el carbón activo podría actuar reduciendo quinonas inhibidoras de la fructificación. También han sido cuestionados por VERBEKE y OVERSTYNS (1991), para los cuales estos inhibidores orgánicos específicos podrían no existir, y la base del efecto fisiológico del carbón activo sería, además de aumentar la oxidación de Fe^{2+}, afectar las reacciones del CO_2 en el agua de la capa de cobertura. O'DONOGHUE-MAGUIRE y RYAN (1991) relacionan la fructificación con un estímulo externo debido a sustancias volátiles y no volátiles difundidas por diversas especies de microorganismos a las que era muy sensible el micelio vegetativo de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.

INGRATTA y PATRICK (1987) estimaron que el principal estímulo para la iniciación de los esporóforos se relaciona con la intensificación de la actividad microbiana en la capa de cobertura, como resultado de una base nutritiva limitada en la misma y un incremento en la fungistasis. El rápido aumento de las bacterias residentes en la cobertura en la proximidad de las hifas, estimulado por los nutrientes que se difunden desde el micelio, conduce a la inhibición del crecimiento miceliano. En cuanto a las bacterias responsables de la fructificación, estos mismos autores observaron que la mayoría de las bacterias presentes en la cobertura antes de ser colonizada por el micelio no estimulaban la fructificación. La mayoría de las que presentaban un efecto positivo se obtenían de la cobertura en el momento de la fructificación y de la hifosfera en la proximidad de los esporóforos. De los diez aislamientos más activos, cinco fueron especies de pseudomonas fluorescentes, uno parecía pertenecer a una pseudomona no fluorescente, y el resto correspondía a otras especies.

Observaciones mediante microscopía electrónica han confirmado la existencia de interacciones entre *Pseudomonas* sp. y *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach durante la formación de primordios (MASAPHY *et al.*, 1987). Las delgadas hifas de micelio del compost están rodeadas de cristales de oxalato cálcico, dispuestos más o menos tangencialmente a su superficie, dándole un aspecto similar a una escobilla (WHITNEY y ARNOTT, 1987). Estos cristales no aparecen en la cobertura, donde las hifas son más

gruesas y se agrupan formando hebras, y donde diversos tipos de bacterias estaban presentes en el ambiente de las hifas, algunas de las cuales se adherían a éstas mediante estructuras filamentosas, lo que podría ser importante en la estimulación de la iniciación fructífera. Es probable que los cristales de oxalato cálcico interfieran con la formación de hebras, etapa inicial de la formación de primordios. Fotografías realizadas mediante microscopio electrónico muestran a los primordios como un conjunto de hifas entrelazadas libres de cristales (MASAPHY *et al.*, 1987). Estos mismos autores apuntan la posibilidad de que las hifas exuden metabolitos que causen que las bacterias sean atraídas por quimiotaxia hacia su superficie y se multipliquen allí, comportamiento que pueden presentar *Pseudomonas fluorescens* (Trevisan) Migula y *P. putida* (Trevisan) Migula. Podría crearse un gradiente nutritivo al que podrían responder bacterias que presentan quimiotactismo, que se moverían hacia estas fuentes nutritivas (principalmente compuestos termoestables de bajo peso molecular) obteniendo ciertas ventajas de supervivencia y que ayudaría también a la colonización del micelio (GREWAL y RAINEY, 1991).

Como ya mencionamos anteriormente, bacterias del género *Pseudomonas*, a las que se considera responsables del proceso de iniciación fructífera (HAYES *et al.*, 1969), están presentes en la capa de cobertura en el momento de producirse ésta (CRESSWELL y HAYES, 1979), pudiendo ser estimulada por su unión a las hifas. Además, esta unión también da origen a la desaparición de los cristales de oxalato cálcico, lo que puede ayudar a la formación de hebras. El oxalato podría ser usado en ciertas circunstancias por las bacterias. En experimentos más recientes (MASAPHY, datos no publicados; citado por MASAPHY *et al.*, 1987), bacterias adheridas a las hifas fueron aisladas y cultivadas, y fueron capaces de estimular la iniciación cuando se inoculaban en mezcla de cobertura estéril. Continuando con el estudio de esta interacción, COCHET *et al.* (1992) reinciden en la idea de que el micelio es capaz de emitir sustancias volátiles que podrían ser asimiladas por las bacterias y que podrían aumentar su crecimiento, mientras las bacterias de la cobertura podrían actuar sobre el micelio de dos maneras, indirectamente por emisión de metabolitos volátiles, o directamente al observarse crecimiento de micelio a costa de las bacterias. El microscopio electrónico mostró que, inmediatamente después de cubrir, el micelio estaba rodeado de cristales, probablemente de oxalato cálcico, que posteriormente no se observaban en los agregados de hifas, sobre cuya superficie se detectó la presencia de bacterias. Estos cristales ejercerían una función protectora durante la incubación, protección que disminuiría progresivamente durante el proceso de cultivo. Posteriormente, se ha confirmado que pseudomonas fluorescentes se adhieren rápida y firmemente a las paredes de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach de forma específica, probablemente por fuerzas electrostáticas (RAINEY, 1991; MILLER *et al.*, 1995). La producción de diversos exopolisacáridos por parte de pseudomonas fluorescentes asociadas a la producción de champiñón podría, por otro lado, proteger a las bacterias de condiciones climáticas adversas y mediar también en la adherencia de las bacterias al micelio del hongo (FETT *et al.*, 1995). La importancia de la presencia de polisacaridos y material fibrilar sobre la superficie de *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula y *Pseudomonas tolaasii* Paine en la rápida y firme adherencia a la superficie del micelio de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach había sido indicada previamente por RAINEY (1991).

Bibliografía

ANGELI-COUVY J., 1975. La fructification de l'*Agaricus bisporus* (Lange) Sing. (*Psalliota hortensis* Cke) sur milieu aseptique en présence de charbon actif. C. R. Acad. Sc. Paris, 280, Série D, 2101-2103.

ARROLD N.P., 1972. Confirmation of the ability of *Pseudomonas putida* to cause fruiting of the cultivated mushroom. MGA Bull., 269, 200-201.

ATKINS F.C., 1974. Casing materials and casing. In: Guide to Mushroom Growing, 58-62. Ed. Faber and Faber. London, UK.

COCHET N., GILLMAN A., LEBEAULT J.M., 1992. Some biological characteristics of the casing soil and their effect during *Agaricus bisporus* fructification. Acta Biotechnol., 12(5), 411-419.

COUVY J., 1976. La fructification d'*Agaricus bisporus* en milieu aseptique: un modèle experimental pour l'étude des substances impliquées dans l'initiation fructifère. Mushroom Sci., 9(1), 157-164.

CRESSWELL P.A., HAYES W.A., 1979. Further investigation on the bacterial ecology of the casing layer. Mushroom Sci., 10(1), 347-359.

CURTO S., FAVELLI F., 1972. Stimulative effect of certain micro-organisms (bacteria, yeasts, microalgae) upon fruit-body formation of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Mushroom Sci., 8, 67-74.

DOORES S., KRAMER M., BEELMAN R., 1987. Evaluation and bacterial populations associated with fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). In: Developments in Crop Science 10: Cultivating Edible Fungi, P.J. Wuest, D.J. Royse, R.B. Beelman (eds), 283-294. Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY, USA.

EGER G., 1961. Untersuchungen über die funktion der dekschicht bei der fruchtkörperbildung des kulturchampignons, Psalliota bispora Lge. *Archiv für Mikrobiologie*, 39, 313-334.

EGER G., 1962. The 'Halbschalentest', a simple method for testing casing materials. *M.G.A.* Bull., 148, 159-168.

EGER G., 1963. Untersuchungen zur fruchtkörperbildung des kulturchampignons. Mushroom Sci., 5, 314-320.

EGER G., 1972. Experiments and comments on the action of bacteria on sporophore initiation in *Agaricus bisporus*. Mushroom Sci., 8, 719-725.

FETT W.F., WELLS J.M., CESCUTTI P., WIJEY C., 1995. Identification of exopolysacharides produced by fluorescent pseudomonads associated with commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) production. Appl. Environ. Microbiol., 61(2), 513-517.

FLEGG P.B., WOOD D.A., 1985. Growth and fruiting. In: The Biology and Technology of the Cultivated Mushroom, P.B. Flegg, D.M. Spencer, D.A. Wood (eds), 141-177. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, UK.

GREWAL S.I.S., RAINEY P.B., 1991. Phenotypic variation of *Pseudomonas putida* and *P. tolaasii* affects the chemotactic response to *Agaricus bisporus* mycelial exudate. J. Gen. Microbiol., 137, 2761-2768.

HAYES W.A., 1972. Nutritional factors in relation to mushroom production. Mushroom Sci., 8, 663-674.

HAYES W.A., 1974. Micro-biological activity in the casing layer and its relation to productivity and disease control. In: The Casing Layer, W.A. HAYES (ed), 37-47. Mushroom Growers' Association, W.S. Maney & Son Ltd. Leeds, UK.

HAYES W.A., 1981. Interrelated studies of physical, chemical and biological factors in casing soils and relationships with productivity in commercial culture of *A. bisporus*. Mushroom Sci., 11(2), 103-129.

HAYES W.A., RANDLE P.E., LAST F.T., 1969. The nature of the microbial stimulus affecting sporophore formation in *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Ann. appl. Biol., 64, 177-187.

HAYES W.A., NAIR N.G., 1976. Effects of volatile metabolic by-products of mushroom mycelium on the ecology of the casing layer. Mushroom Sci., 9(1), 259-268.

HUME D.P., HAYES W.A., 1972. The production of fruit-body primordia in *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. on agar media. Mushroom Sci., 8, 527-532.

INGRATTA F.J., PATRICK Z.A., 1987. Influence of microorganisms and fungistasis on sporophore initiation in *Agaricus brunnescens*. In: Developments in Crop Science 10: Cultivating Edible Fungi, P.J. Wuest, D.J. Royse, R.B. Beelman (eds), 27-40. Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY, USA.

LOCKARD J.D., 1967. Metabolic gases of the cultivated mushroom. Mushroom Sci., 6, 157-164.

LOCKARD J.D., KNEEBONE L.R., 1963. Investigation of the volatile metabolic gases produced by *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Mushroom Sci., 5, 281-299.

LONG P.E., JACOBS L., 1968. Some observations on CO_2 and sporophore initiation in the cultivated mushroom. Mushroom Sci., 7, 373-384.

LONG P.E., JACOBS L., 1974. Asepting fruiting of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. Trans. British Mycol. Soc., 63, 99-107.

MADER E.O., 1943. Some factors inhibiting the fructification and production of the cultivated mushroom *Agaricus campestris*. Phytopathology, 33, 1134-1145.

MASAPHY S., LEVANON D., TCHELET R., HENIS Y., 1987. Scanning electron microscope studies of interactions between *Agaricus bisporus* (Lang) Sing hyphae and bacteria in casing soil. Appl. Environ. Microbiol., 53(5), 1132-1137.

MILLER N., GILLESPIE J.B., DOYLE O.P.E., 1995. The involvement of microbiological components of peat based casing material in fructification of *Agaricus bisporus*. *Mushroom Sci.*, 14(1), 313-321.

O'DONOGHUE D.C., 1963. New light on fruit body initiation. Mushroom Sci., 5, 247-249.

O'DONOGHUE -MAGUIRE D.C., RYAN J.P., 1991. Influences of a wide range of bacteria, actinomycetes and fungi on mycelial growth of *Agaricus bisporus* (Lange), Sing and the special fruiting requirement of *A. bisporus*. Mushroom Sci., 13(2), 753-759.

OLIVIER J.M., GUILLAUMES J., 1979. Évolution microbiologique des terres de gobetage. Bull. FNSACC, 1, 9-16, 2, 27-43.

PARK J.Y., AGNIHOTRI V.P., 1969. Bacterial metabolites trigger sporophore formation in *Agaricus bisporus*. Nature, 222, 984.

PEERALLY A., 1979. Sporophore initiation in *Agaricus bisporus* and *Agaricus bitorquis* in relation to bacteria and activated charcoal. Mushroom Sci., 10(1), 611-639.

RAINEY P.B., 1991. Phenotypic variation of *Pseudomonas putida* and *P. tolaasii* affects attachment to *Agaricus bisporus* mycelium. J. Gen. Microbiol., 137, 2769-2779.

REDDY M.S., PATRICK Z.A., 1992. Effect of bacteria associated with mushroom compost & casing material on basidiomata formation in *Agaricus bisporus*. Mushroom News, 40(5), 23-31.

SAMSON R., HOUDEAU G., KHANNA P., GUILLAUMES J., OLIVIER J.M., 1987. Variability of fluorescent *Pseudomonas* populations in composts and casing soils used for mushroom cultures. In: Developments in Crop Science 10: Cultivating Edible Fungi, P.J. Wuest, D.J. Royse, R.B. Beelman (eds), 19-25. Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY, USA.

STOLLER B.B., 1952. Studies on the function of the casing for mushroom beds. Part I. The relation of the abnormal growth of the cultivated mushroom to fructification and casing soil. MGA Bulletin, 34, 289-297.

STOLLER B.B., 1979. Synthetic casing for mushroom beds. Mushroom Sci., 10(2), 187-216.

TSCHIERPE H.J., SINDEN J.W., 1965. Ueber leicht flüchtige produkte des aeroben und anaeroben stoffwechsels des kulturchampignons, *Agaricus campestris* var. *bisporus* (L.) Lge. Archiv für Mikrobiologie, 52, 231-241.

URAYAMA T., 1961. Stimulative effect of certain specific bacteria upon mycelial growth and fruit body formation of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Bot. Mag. Tokyo, 74, 56-59.

URAYAMA T., 1967. Initiation of pinheads in *Psilocybe panaeoliformis* caused by certain bacteria. Mushroom Sci., 6, 141-156.

VERBEKE M.N., OVERSTYNS A., 1991. Interrelationships between activated charcoal, carbon dioxide, oxalate and iron chemistry for fructification of *Agaricus bisporus*. Mushroom Sci., 13(2), 737-746.

WHITNEY K.D., ARNOTT H.J., 1987. Calcium oxalate crystal morphology and development in *Agaricus bisporus*. Mycologia, 79(2), 180-187.

WOOD D.A., 1976. Primordium formation in axenic cultures of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. J. Gen. Microbiol., 95, 313-323.

WOOD D.A., BLIGHT M., 1982. Sporophore initiation in axenic culture. Report of GCRI, *1981*, 140.

(Aceptado para publicación el 27 de noviembre de 2001)

ITEA (2002), Vol. **98V N.° 2,** 95-107

GOLPE DE ALTAS TEMPERATURAS APLICADO EN POSCOSECHA AFECTÓ LA CALIDAD DE MELOCOTÓN[1]

C.O. Budde, C.D. Lucangeli, G.V. Polenta, R.E. Murray[2]

Grupo de Trabajo en Poscosecha y Alimentos,
Estación Experimental Agropecuaria San Pedro,
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina

RESUMEN

La refrigeración es clave en la distribución y conservación de melocotón fresco. Sin embargo, el daño por frío, un efecto colateral, limita su vida comercial. El objetivo de este trabajo experimental fue evaluar el efecto de la aplicación de altas temperaturas después de la cosecha sobre la manifestación de daño por frío y otros aspectos de la calidad, en melocotones de diferente estado de madurez.

Frutos de melocotonero (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. 'Dixiland' de dos grados de madurez sometidos a 39 ±1 °C durante 0, 24 y 36 h fueron refrigerados a 0 °C durante 0, 7, 21, 28 y 35 días; se realizaron evaluaciones de firmeza, porcentaje de jugo, color, sólidos solubles y acidez, en forma inmediata a la salida del frigorífico y después de 72 h a 20 °C siguiendo a cada tiempo de almacenamiento.

El golpe de calor durante 24 y 36 h favoreció el ablandamiento a 20 °C de los frutos después de 28 y 35 días de almacenamiento, con respecto a los frutos no tratados. La jugosidad, después de la maduración, estuvo por encima del límite de aceptabilidad hasta después de 21 días de almacenamiento en los frutos tratados (24 y 36 h) de mayor madurez y hasta después de 28 días de almacenamiento en los frutos tratados (36 h) de menor madurez, pero no en los testigos. El golpe de calor resultó útil para proteger aspectos de la calidad organoléptica de frutos de melocotonero, como la textura y la jugosidad. Estos tratamientos afectaron a otros componentes de la calidad.

Palabras clave: Decaimiento interno, Harinosidad, Lanosidad, Estrés, Drupaceae.

SUMMARY
POSTHARVEST HIGH TEMPERATURE SHOCK AFFECTED PEACH QUALITY

Refrigeration is a key factor for fresh peach conservation and distribution. However, chilling injury, a side effect, limits its commercial life. The objective of this experimental work was to evaluate the effect of high temperature treatments after harvest on the manifestation of chilling injury and other aspects of quality on peach fruits at different stages of maturity.

Peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. 'Dixiland' of two grades of maturity treated at 39 ±1 °C for 0, 24 and 36 h were refrigerated at 0 °C for 0, 7, 21, 28 and 35 days; evaluations of firmness, percentage of juice, colour, soluble solids and acidity, were

1. Investigación subsidiada por FONCyT (ANPCyT - Argentina) Préstamo BID 1201 / OC-AR. PICT 98 – 09 - 04344.

2. Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

performed immediately after the fruits left the cool room and after 72 h at 20 °C following each storage time.

Heat shock for 24 and 36 h favored fruit softening at 20 °C after 28 and 35 days of storage, compared with control fruits. Juiciness, after ripening, was over acceptance limit by 21 days of storage in treated fruits (24 and 36 h) of the higher maturity and by 28 days of storage in treated fruits (36 h) of the lower maturity, but was not in control fruit. Heat shock was useful to protect aspects of sensorial quality of peach fruits, as texture and juiciness. These treatments affected other components of quality.

Key words: Internal breakdown, Mealiness, Woolliness, Stress, Drupaceae.

Introducción

El control de la temperatura es una de las herramientas principales para reducir el deterioro de poscosecha de frutas y hortalizas, asegurando el mantenimiento de la calidad y el valor nutritivo de los productos (HARDENBURG *et al.*, 1986). Sin embargo, uno de los principales problemas para las frutas y hortalizas refrigeradas es la aparición de desórdenes fisiológicos, conocidos bajo el nombre genérico de daño por frío. La susceptibilidad depende del cultivar, de la temperatura y tiempo de exposición, del grado de madurez, de las características climáticas de la zona de cultivo y en especial de las temperaturas anteriores a la cosecha (WANG, 1990; MURRAY *et al.*, 1998).

En la actualidad numerosos investigadores plantean que las plantas responden con un sistema de defensa similar para un amplio rango de situaciones de estrés tales como: frío, calor, radiación ultravioleta, hipoxia, infección por patógenos, heridas y contaminantes químicos, oxidativos y osmóticos (MEIR *et al.*, 1996). Incluso, en varios frutos sensibles a daño por frío, como cítricos (COHEN, 1988; HATON, 1990), tomates (LURIE Y KLEIN, 1991; SABEHAT *et al.*, 1996), aguacate (PESIS *et al.*, 1993), y pimiento (WANG, 1990), la aplicación de un estrés previo al almacenamiento refrigerado ha resultado en un aumento de resistencia al daño por frío. Las altas temperaturas, producen cambios en el patrón madurativo normal de frutas y hortalizas (MURRAY, 1992); cuando son aplicadas previas al almacenamiento refrigerado, como golpe de calor, han demostrado mejorar la calidad y prolongar la vida de almacenamiento en tomates (LURIE, 1998; LURIE y KLEIN, 1992) y melocotones (LI y HAN, 1998).

En melocotón (*Prunus persica* (L.) Batsch) la manifestación más frecuente de daño por frío es conocida como "decaimiento interno" (*internal breakdown*). El decaimiento interno es un síndrome en el que se pueden presentar alteraciones de la textura que toman los nombres de "lanosidad" (*wooliness*) o "harinosidad" (*mealiness*), acompañadas o no de pardeamiento de la pulpa. Estos síntomas se manifiestan después de la maduración, a continuación del almacenamiento refrigerado, por períodos que varían según las condiciones antes citadas. Estos trastornos limitan la posibilidad de conservación frigorífica por tiempo prolongado (MONZINI y GORINI, 1985). La ausencia de la jugosidad natural (LILL y VAN DER MESPEL, 1988) y el normal ablandamiento de la pulpa (KADER *et al.*, 1982; LUZA *et al.*, 1992) son aspectos que limitan la aceptabilidad comercial de los melocotones.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de altas temperaturas, aplicadas inmediatamente después de la cosecha, sobre la manifestación de trastornos texturales relacionados con daño por frío y sobre la calidad de melocotones cv.'Dixiland' de diferente estado de madurez.

Materiales y métodos

Los frutos se cosecharon en un lote de plantas de melocotonero de la cv. 'Dixiland', de 9 años, conducidas en vaso. Los frutos se separaron en dos grados de madurez mediante un medidor de dureza Shore A digitalizado y adaptado por Durofel ® (Copa - Technologie S.A. 13150 Tarascon – Francia). Dentro de cada grado de madurez se seleccionaron frutos homogéneos en tamaño, color de epidermis y sanidad. Los frutos de cada grado de madurez se acondicionaron en cajas de cartón y se colocaron en una cámara a 39 ± 1 °C durante 0, 24 y 36 h.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado en arreglo factorial 3 X 2. Los factores fueron: duración del tratamiento térmico (0, 24 y 36 h) y grado de madurez (M1: Menor madurez: 8,09 kg de firmeza medida con penetrómetro y M2: Mayor madurez: 5,51 kg de firmeza medida con penetrómetro). Se hicieron diez repeticiones, de un fruto cada una, por cada combinación de factores.

A la salida de los tratamientos los frutos fueron refrigerados a 0 °C durante 0, 7, 21, 28 y 35 días; las variables bajo estudio se evaluaron en forma inmediata a la salida del frigorífico y luego de 72 h a 20 °C, a continuación de cada salida. Las variables respuesta que se midieron en frutos individuales fueron firmeza, porcentaje de jugo, color de fondo, color de pulpa, y sólidos solubles, mientras que acidez titulable se midió sobre grupos de tres frutos, por lo que sólo se consideraron tres repeticiones por tratamiento. La metodología empleada para evaluar cada variable fue: *Firmeza*: se midió en cada lado del fruto con un penetrómetro EFFEGI 327 provisto con una puntera de 7,9 mm de diámetro. Los resultados se registraron en kg. *Porcentaje de jugo*: se determinó en función del método utilizado por Lill y Van der Mespell (1988) en el que se utilizaron entre 0,75 y 1,10 gramos de pulpa, colocados en tubos de centrífuga tipo Eppendorf y centrifugados según la metodología mencionada. Fueron considerados de calidad aceptable los frutos que superaron el 41,3% de jugo; este valor, corresponde al promedio del porcentaje de jugo de frutos considerados con harinosidad leve (datos no publicados) según una escala visual (Budde, 1994). *Color de Fondo*: se midió en la porción más verde de la epidermis con un cromámetro Minolta modelo CR 300, calibrado con un plato blanco Minolta. *Color de Pulpa*: se midió en la zona ecuatorial de una sección longitudinal de cada fruto con un cromámetro Minolta modelo CR 300, calibrado con un plato blanco Minolta. *Sólidos solubles*: se midieron con un refractómetro manual Atago de 0 a 32 °Brix. *Acidez titulable*: se determinó mediante titulación con NaOH 0,1 N a una mezcla de 10 g de pulpa en 100 ml de agua destilada. Se terminó cada titulación cuando el pH de la solución alcanzó 8,2.

Los datos obtenidos se analizaron con el procedimiento GLM de Sas (1985); los promedios fueron separados por la prueba LSD protegida.

Resultados y discusión

Efecto de los tratamientos sobre la calidad de los frutos sin conservación frigorífica

Los tratamientos térmicos a 39 ± 1 °C influyeron en distinta medida en los aspectos de la calidad de los melocotones cv. 'Dixi-

land'. Después de los tres días de la aplicación de los tratamientos térmicos el valor "a*" del color de la epidermis y de la pulpa, y la acidez fueron afectados en ambos estados de madurez, M1 y M2 (cuadro 1); la firmeza y el porcentaje de jugo sólo fueron afectados en frutos del estadío de madurez M1 (figuras 1 y 3) mientras que, sólidos solubles y otros componentes del color, valores "b*" y "L*" del sistema CIE L*a*b* (1976) no fueron afectados por los tratamientos (cuadro 1).

En general se observó que los tratamientos de calor provocaron un aumento en el valor "a*" del color de fondo de la epidermis y del color de pulpa, lo que puede estar relacionado con un aumento de la degradación de la clorofila (LURIE, 1998) y posiblemente, también, con un aumento en la síntesis de pigmentos responsables de coloraciones rojizas. Este aumento en el valor de "a*" se correspondió con una disminución de la acidez, que disminuyó más en los frutos que recibieron tratamientos térmicos. Ambos índices avanzaron en el sentido de un incremento de la maduración, sin embargo la firmeza no evolucionó consecuentemente.

Los frutos M1 tratados con altas temperaturas manifestaron una disminución de la tasa de ablandamiento, hecho similar al observado por LURIE y KLEIN (1992), cuando tomates tratados con calor fueron llevados a temperatura de maduración y evolucionaron más lentamente que los testigos. Las altas temperaturas no afectaron la velocidad de ablandamiento de los frutos M2 madurados a 20 °C.

Además de ablandarse mas lentamente que los no tratados, los frutos de madurez M1 tratados con calor, mostraron menor jugosidad, lo que era esperable de acuerdo con ZHOU *et al.* (1999) quienes también encontraron que en frutos mas firmes el % de jugo resultó menor. Posiblemente este retraso se deba a que el sistema productor de etileno, inductor de la maduración organoléptica, haya estado detenido por las altas temperaturas y demoró en restablecerse, como informaron KLEIN y LURIE (1990) en manzanas y KETSA *et al.*, (1999) en mango. Los frutos de madurez M2, que en tres días alcanzaron niveles similares de firmeza, en frutos tratados y no tratados, tampoco manifestaron diferencias en el porcentaje de jugo. En estos frutos posiblemente no fue necesario esperar a recuperar la síntesis de etileno después de los tratamientos con alta temperatura ya que éstos se habrían realizado después que el etileno iniciara la maduración y los procesos genéticos y fisiológicos involucrados posiblemente estaban ya en funcionamiento.

Al igual que lo informado por LURIE (1998), aspectos relacionados con el sabor de los frutos fueron afectados por los tratamientos de temperatura. La acidez de los frutos tratados fue menor que en los no tratados, mientras que el contenido de sólidos solubles, en general, permaneció sin modificarse. Estas diferencias en el % de acidez se observaron en los frutos expuestos durante 36 h a la salida de los tratamientos y en los frutos expuestos durante 24 y 36 h luego de 3 días a 20 °C.

Efecto de los tratamientos sobre la calidad de los frutos después de la conservación frigorífica

Firmeza: La firmeza de los frutos de madurez M1 (figura 1), medida a la salida del almacenamiento a 0 °C no se vió afectada por los tratamientos de calor en forma consistente. Mientras que después de 21 y 35 días de almacenamiento los frutos que recibieron el tratamiento de calor por 36 h fueron menos firmes

Cuadro 1: Color de epidermis y de pulpa, sólidos solubles y acidez de melocotones del cv 'Dixiland' expuestos a 39 ± 1 °C durante 0, 24 y 36 horas a la salida de los tratamientos y después de tres días a 20 °C

Table 1: Firmness, juiciness, ground and pulp colour, soluble solids and titratable acidity of 'Dixiland' peaches treated at 39 ± 1 °C during 0, 24 and 36 hours, at removal from treatment and after three days at 20 °C

Horas a 39 ± 1 °C	Grados de Madurez	Días a 20° después de los tratamientos	Color de epidermis			Color de pulpa			Sólidos Solubles	% ac. Málico
			"L*"	"a*"	"b*"	"L*"	"a*"	"b*"		
0	M1	0	70,19 a	-11,07 a	43,68 a	78,44 a	-7,63 b	45,11 a	12,14 b	2,22 a
24	M1	0	70,83 a	-6,24 a	45,68 a	77,80 a	-5,05 a	45,74 a	13,76 a	2,01 a
36	M1	0	71,94 a	-6,07 a	47,86 a	79,17 a	-4,29 a	44,55 a	13,02 a	1,56 b
0	M2	0	68,77 a	-6,46 b	47,96 a	78,37 a	-5,06 b	47,35 a	12,66 a	1,92 a
24	M2	0	69,06 a	-5,96 b	48,07 a	77,91 ab	-4,04 a	46,99 a	12,95 a	2,23 a
36	M2	0	71,17 a	-0,98 a	48,58 a	76,81 b	-0,17 a	45,52 a	12,76 a	1,44 b
0	M1	3	71,68 b	-2,53 b	50,65 a	74,78 a	-2,17 b	48,71 a	13,49 a	2,44 a
24	M1	3	74,42 a	-0,19 b	49,33 ab	76,29 a	-0,80 ab	46,60 b	13,64 a	1,70 b
36	M1	3	72,64 ab	7,02 a	46,71 b	76,23 a	0,61 a	47,26 ab	13,14 a	1,63 b
0	M2	3	70,76 a	0,72 b	50,79 a	72,42 a	0,69 b	49,03 a	13,66 a	1,87 a
24	M2	3	71,69 a	4,28 a	51,99 a	73,84 a	2,22 ab	48,30 a	13,84 a	1,67 b
36	M2	3	72,12 a	7,39 a	51,98 a	73,36 a	3,79 a	46,97 a	13,50 a	1,57 b

([y]) Cada valor representa el promedio de 10 repeticiones. La separación de medias entre tratamientos dentro de cada grado de madurez y momento de evaluación, se realizó mediante la prueba LSD protegida. Medias seguidas por letras diferentes fueron significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$).

([y]) Each value is the mean of 10 replications. Means separation among treatments in every maturity grade and evaluation time by protected LSD test. Means followed by different letter were significantly different ($\alpha = 0,05$).

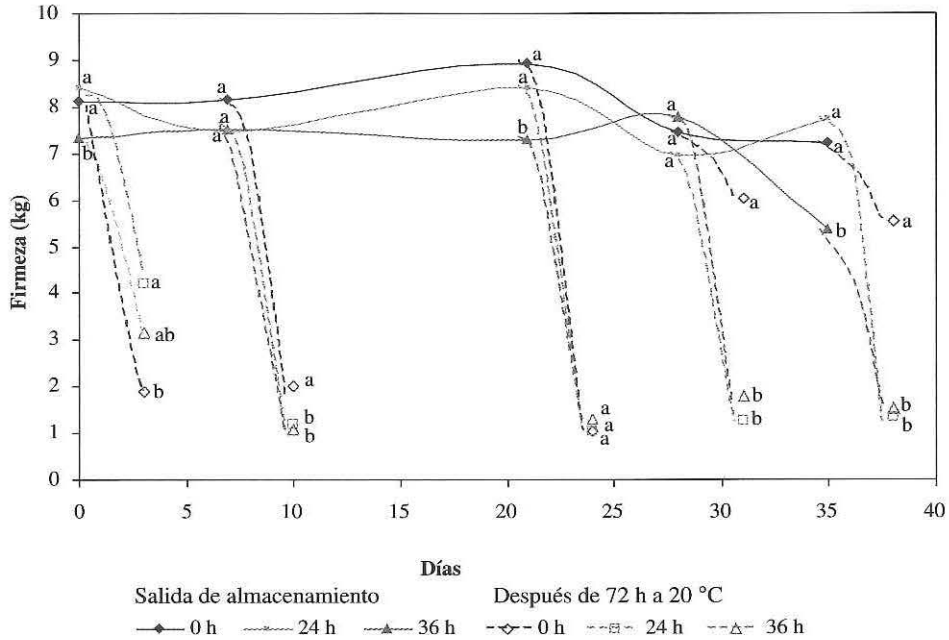


Figura 1. Firmeza de la pulpa de duraznos 'Dixiland', de grado de madurez M1, tratados por 0, 24 y 36 horas a 39 ± 1 °C, después de 0, 7, 21, 28 y 35 días a 0 °C y 0 y 72 horas a 20 °C. Cada punto señala el promedio de 10 repeticiones; promedios dentro de un día seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) por la prueba LSD protegida.

Figure 1. Flesh firmness of 'Dixiland' peach fruits, maturity grade M1, treated by 0, 24 and 36 hours at 39 ± 1 °C, after 0, 7, 21, 28 and 35 days at 0 °C and 0, and 72 hours at 20 °C. Each point is the mean of 10 replications; means in the same day followed by different letters indicate statistically significant differences ($\alpha = 0,05$) by LSD protected tests.

que los testigos y los que recibieron el tratamiento de calor por 24 h después de 7 y 28 días de almacenamiento en frío no hubo diferencias en la firmeza de la pulpa entre los frutos que recibieron los distintos tratamientos.

Lurie y Klein (1992) trabajando con tomate y Li y Han (1998) con melocotón, observaron que la firmeza de los frutos no fue afectada por los tratamientos de temperatura mientras permanecieron en almacenamiento refrigerado, pero cuando fueron llevados a temperatura de maduración los tomates tratados evolucionaron más lentamente que los testigos mientras que los melocotones tratados maduraron más rápidamente que los que no sufrieron ningún tratamiento de calor. En el presente experimento, los frutos tratados y testigo se ablandaron de manera prácticamente similar después del período de maduración a 20 °C impuesto después de 7 y 21 días de almacenamiento, posiblemente por haber escasa o nula manifestación de desórdenes hasta 21 días. Por el contrario, los frutos testigo se ablandaron menos, y en general apenas se ablandaron, después de las 72 h posteriores al almacenamiento después 28 y 35 días, mientras que los frutos tratados se ablandaron normalmente. Similar a lo informado

por KERBEL *et al.* (1985) los frutos tratados con altas temperaturas no manifestaron daño por frío por mayor tiempo. Al menos en lo que respecta al ablandamiento de los frutos de melocotonero, el daño por frío parece estar relacionado con un desbalance entre la actividad sucesiva de las enzimas pectolíticas pectinmetilesterasa y poligalacturonasa (BEN-ARIE y SONEGO, 1980); aunque OBENLAND y CARROLL (2000) informaron que las enzimas pectolíticas fueron afectadas negativamente por tratamientos de 47,2 °C por 4 horas en frutos de melocotonero, es posible que en el presente caso el efecto del estrés provocado, por una combinación diferente de temperatura y tiempo, haya resultado protector sin provocar daño sobre la actividad enzimática.

La firmeza de los frutos de madurez más avanzada, M2, (figura 2) manifestó una evolución más errática durante el almacenamiento a 0 °C; tras 7 días de almacenamiento los frutos más firmes fueron los que habían recibido 36 h de tratamiento térmico mientras que a los 21, y 35 días de almacenamiento estos fueron los de menor firmeza.

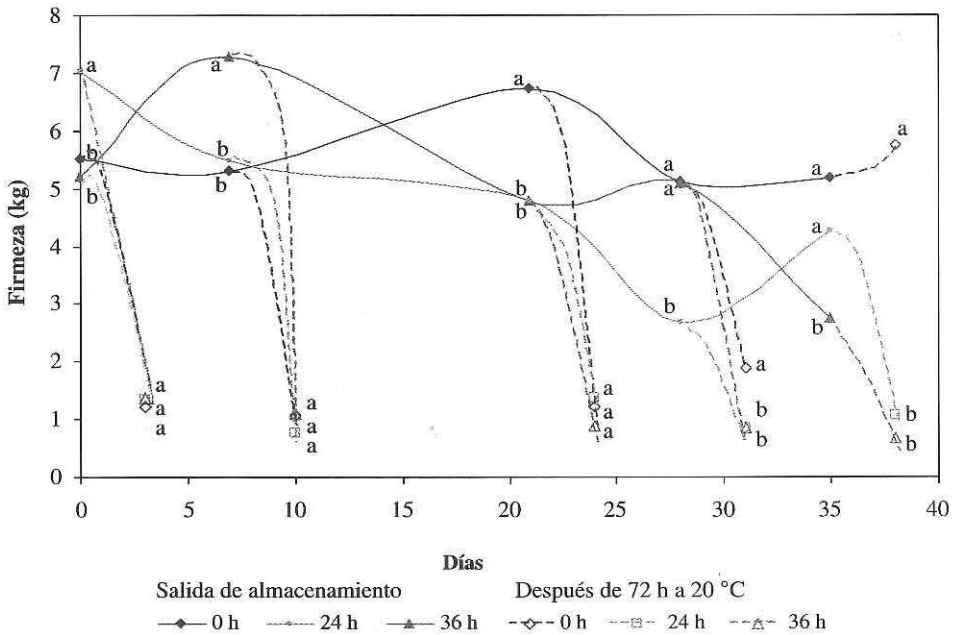


Figura 2. Firmeza de la pulpa de duraznos 'Dixiland', de grado de madurez M2, tratados por 0, 24 y 36 horas a 39 ± 1 °C, después de 0, 7, 21, 28 y 35 días a 0 °C y 0 y 72 horas a 20 °C. Cada punto señala el promedio de 10 repeticiones; promedios dentro de un día seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) por la prueba LSD protegida.

Figure 2. Flesh firmness of 'Dixiland' peach fruits, maturity grade M2, treated by 0, 24 and 36 hours at 39± 1 °C, after 0, 7, 21, 28 and 35 days at 0 °C and 0, and 72 hours at 20 °C. Each point is the mean of 10 replications; means in the same day followed by different letters indicate statistically significant differences ($\alpha = 0,05$) by LSD protected tests.

Después de las 72 h a 20 °C posteriores al almacenamiento frigorífico, los frutos testigo y tratados se ablandaron alcanzando niveles similares de firmeza hasta después de 21 días de almacenamiento frigorífico; después de 28 días las diferencias de firmeza entre testigo y tratados fueron estadísticamente significativas (α = 0,05) aunque menores que las registradas después de 35 días cuando los frutos testigo no se ablandaron.

Porcentaje de jugo: Hasta los 21 días no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de jugo de frutos de ambos grados de madurez que recibieron los distintos tratamientos térmicos (0, 24 y 36 h) al final de los distintos períodos de almacenamiento a 0 °C (figuras 3 y 4). Después de 28 días de almacenamiento, los frutos M1 tratados tuvieron significativamente (α = 0,05) mayor cantidad de jugo que los frutos M1 testigo.

Después de 21 días de almacenamiento a 0 °C y 3 días a 20 °C, el porcentaje de jugo de los frutos tratados durante 24 y 36 h fue significativamente mayor que en los testigos, en ambos grados de madurez, y superior al límite establecido de aceptabilidad (41,3%). A los 28 días de almacenamiento a 0 °C y 3 días a 20 °C los frutos tratados durante 36 h

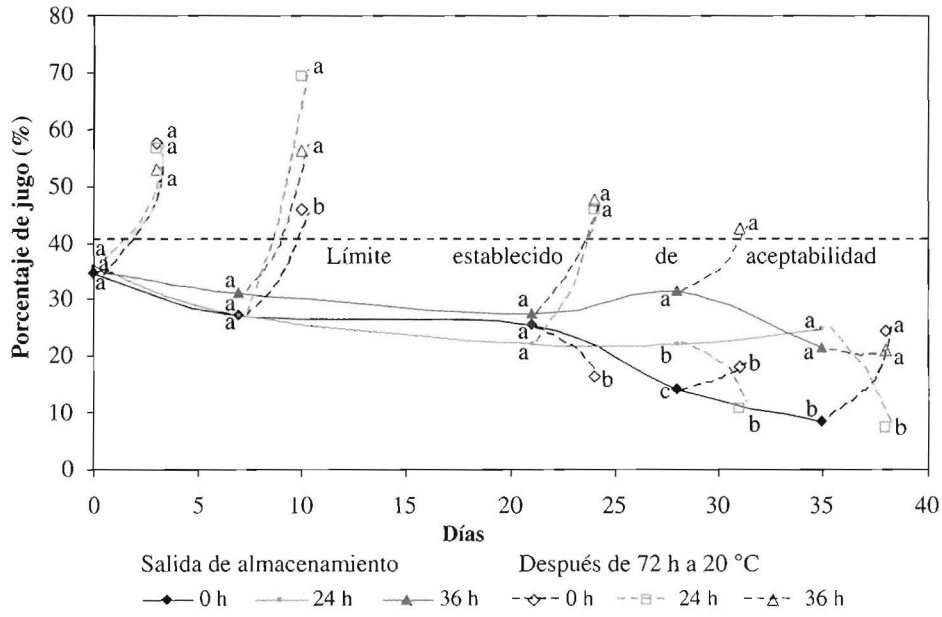


Figura 3. Jugosidad de duraznos 'Dixiland', de grado de madurez M1, tratados por 0, 24 y 36 horas a 39 ± 1 °C, después de 0, 7, 21, 28 y 35 días a 0 °C y 0 y 72 horas a 20 °C. Cada punto señala el promedio de 10 repeticiones; promedios dentro de un día seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (α = 0,05) por la prueba LSD protegida.

Figure 3. Juiciness of 'Dixiland' peach fruits, maturity grade M1, treated by 0, 24 and 36 hours at 39 ± 1 °C, after 0, 7, 21, 28 and 35 days at 0 °C and 0, and 72 hours at 20 °C. Each point is the mean of 10 replications; means in the same day followed by different letters indicate statistically significant differences (α = 0,05) by LSD protected tests.

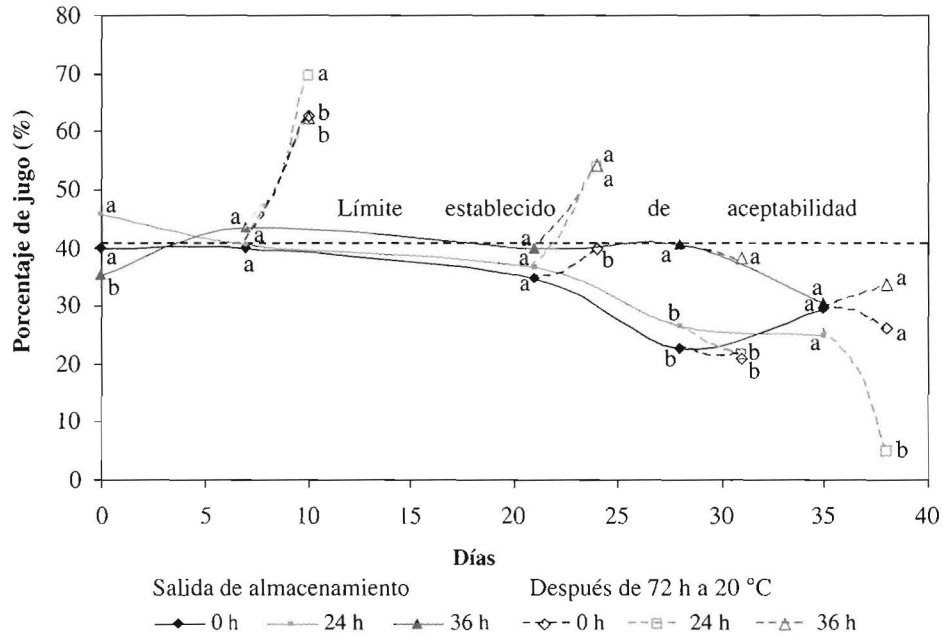


Figura 4 . Jugosidad de duraznos 'Dixiland', de grado de madurez M2, tratados por 0, 24 y 36 horas a 39 ± 1 °C, después de 7, 21, 28 y 35 días a 0 °C y 0 y 72 horas a 20 °C. Cada punto señala el promedio de 10 repeticiones; promedios dentro de un día seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) por la prueba LSD protegida.

Figure 4. Juiciness of 'Dixiland' peach fruits, maturity grade M2, treated by 0, 24 and 36 hours at 39 ± 1 °C, after 7, 21, 28 and 35 days at 0 °C and 0, and 72 hours at 20 °C. Each point is the mean of 10 replications; means in the same day followed by different letters indicate statistically significant differences ($\alpha = 0,05$) by LSD protected tests.

presentaron mayor contenido de jugo que los frutos no tratados y tratados sólo por 24 h en ambos grados de madurez, sin embargo, el porcentaje de jugo (42,5%) en los frutos M1 tratados durante 36 h fue superior al límite estimado de aceptabilidad, mientras que los frutos M2 no lograron alcanzarlo (39,4%). Los tratamientos de calor no fueron útiles para mejorar el porcentaje de jugo de los frutos en ninguno de los estados de madurez luego de 35 días a 0 °C y 3 días a 20 °C; el porcentaje de jugo de los frutos tratados no sólo se encontró por debajo del límite estimado de aceptabilidad, sino que fue similar (36 h) o menor (24 h) que el porcentaje de jugo de los frutos testigo.

Color: Analizando el color de los frutos después de los diversos períodos de conservación poscosecha (cuadros 2 y 3) se observó en general, que los tratamientos de calor, en particular el tratamiento de 36 h a 39 ± 1 °C, al igual que lo manifestado para los frutos sin conservación frigorífica, provocaron, un aumento en el valor "a*" del color de fondo de la epidermis y del color de la pulpa.

Acidez y porcentaje de sólidos solubles: Al igual que en los frutos sin conservación frigo-

Cuadro 2. Color de pulpa y de epidermis, sólidos solubles y acidez de melocotones M1 del cv. Dixiland expuestos a 39 ± 1 °C durante 0, 24 y 36 horas, después de 7, 21, 28 y 35 días a 0 °C y 3 días a 20 °C

Table 2. Ground and pulp colour, soluble solids and titratable acidity of M1 'Dixiland' peaches treated at 39 ± 1 °C during 0, 24 and 36 hours, at removal from 7, 21, 28 y 35 days of storage and after three days at 20 °C

Horas a 39 ± 1 °C	Grados de Conservación a 0 °C	Días a 20° después de los tratamientos	Color de epidermis "L*"	"a*"	"b*"	Color de pulpa "L*"	"a*"	"b*"	Sólidos Solubles (°Brix)	% ac. Málico
0	7	0	68,53 a	-9,16 b	43,1 c	72,99 b	-4,24 b	40,82 b	13,8 a	2,29 a
24	7	0	70,30 a	-6,48 a	46,0 b	75,73 a	-1,75 a	42,10 ab	13,5 a	2,03 ab
36	7	0	70,86 a	-1,69 a	48,7 a	77,58 a	-1,76 a	44,17 a	13,22	1,75 b
0	7	3	74,07 a	-2,01 b	50,11 a	73,96 a	-0,64 b	47,16 b	14,70 a	2,34 a
24	7	3	74,90 a	3,33 a	53,9 a	75,47 a	1,21 a	49,41 a	14,00 ab	1,78 b
36	7	3	75,99 a	5,16 a	53,3 a	75,48 a	2,08 a	46,84 b	13,07 b	1,72 b
0	21	0	69,83 b	-8,62 b	42,71 c	75,70 b	-6,71 c	40,88 a	14,0 a	2,18 a
24	21	0	70,56 b	-6,05 b	46,54 b	78,47 a	-3,88 b	42,16 a	13,55 ab	1,58 b
36	21	0	74,21 a	-2,11 a	49,47 a	77,62 a	-1,01 a	41,92 a	12,95 b	1,49 b
0	21	3	70,47 b	2,83 a	48,46 b	71,50 b	3,02 a	46,97 a	15,0 a	1,96 a
24	21	3	74,08 a	3,60 a	52,87 a	77,69 a	1,13 a	45,73 a	12,6 b	1,76 ab
36	21	3	75,04 a	5,09 a	54,23 a	75,17 ab	-0,004 a	48,62 a	13,2 b	1,59 b
0	28	0	72,54 a	-6,93 a	47,34 a	77,30 a	-4,88 b	42,35 a	14,5 a	1,86 a
24	28	0	70,41 a	-3,47 a	46,81 a	74,89 b	-3,16 ab	43,09 a	14,3 a	1,7 ab
36	28	0	73,01 a	-2,19 a	48,66 a	77,21 a	-2,04 a	43,75 a	12,7 b	1,46 b
0	28	3	71,00 a	-1,37 b	48,7 b	73,25 a	1,01 a	37,41 a	15,04 a	2,02 a
24	28	3	74,49 a	2,43 a	54,87 a	72,34 a	1,25 a	44,09 a	14,96 a	1,46 b
36	28	3	71,58 a	6,83 a	49,34 a	74,43 a	1,45 a	43,62 a	14,3 a	1,35 b
0	35	0	71,55 b	-8,35 c	44,31 c	78,00 b	-4,49 b	41,03 a	14,6 a	1,84 a
24	35	0	73,18 b	-5,98 b	47,96 b	80,45 a	-4,72 b	40,29 a	13,6 a	1,37 b
36	35	0	76,72 a	-0,01 a	52,60 a	78,47 b	-1,75 a	39,84 a	13,8 a	1,27 b
0	35	3	69,74 b	-1,45 c	45,96 b	68,99 b	6,53 ab	32,49 b	13,4 a	1,31 a
24	35	3	75,85 a	3,18 b	52,62 a	74,88 a	3,98 b	40,11 a	14,1 a	0,88 c
36	35	3	72,70 b	6,20 a	51,40 a	70,49 ab	9,29 a	38,86 a	14,6 a	1,18 b

(y) Cada valor representa el promedio de 10 repeticiones. La separación de medias entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación, se realizó mediante la prueba LSD protegida. Medias seguidas por letras diferentes fueron significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$).

(y) Each value is the mean of 10 replications. Means separation among treatments in every evaluation time by protected LSD test. Means followed by different letter were significantly different ($\alpha = 0,05$).

Cuadro 3. Color de pulpa y de epidermis, sólidos solubles y acidez de melocotones M2 del cv Dixiland expuestos a 39 ± 1 °C durante 0, 24 y 36 horas, luego de 7, 21, 28 y 35 días a 0 °C y 3 días a 20 °C

Table 3. Ground and pulp colour, soluble solids and titratable acidity of M2 'Dixiland' peaches treated at 39 ± 1 °C during 0, 24 and 36 hours, at removal from 7, 21, 28 and 35 days of storage and after three days at 20 °C

Horas a 39 ± 1 °C	Grados de Conservación a 0 °C	Días a 20° después de los tratamientos	Color de epidermis "L*"	"a*"	"b*"	Color de pulpa "L*"	"a*"	"b*"	Sólidos Solubles (°Brix)	% ac. Málico
0	7	0	70,70 a[y]	-8,53 b	42,8 b	76,28 a	-4,15 c	43,1 a	13,7 a	2,35 a
24	7	0	71,61 a	-0,94 a	50,4 a	75,94 a	-1,17 b	44,33 a	13,03 ab	1,92 b
36	7	0	72,26 a	0,28 a	48,4 a	76,21 a	0,82 a	44,68 a	12,54 b	1,79 b
0	7	3	70,91 a	2,12 b	48,83 b	73,28 a	2,52 a	46,86 a	13,5 a	2,03 a
24	7	3	72,71 a	6,43 a	55,80 a	74,61 a	2,45 a	48,4 a	12,9 a	1,79 ab
36	7	3	72,69 a	8,77 a	56,40 a	73,69 a	3,85 a	47,7 a	13,3 a	1,6 b
0	21	0	71,48 a	-5,68 b	44,77 b	74,50 b	-2,92 b	45,5 a	13,6 a	2,11 a
24	21	0	71,79 a	-0,75 a	48,13 a	77,07 a	-0,13 a	44,75 a	13,1 a	1,52 b
36	21	0	71,60 a	0,94 a	48,97 a	76,38 a	1,42 a	44,58 a	13,2 a	1,33 c
0	21	3	73,06 a	1,16 b	50,88 a	74,27 a	0,98 b	44,54 a	12,9 b	1,56 a
24	21	3	73,73 a	4,09 b	50,93 a	74,74 a	1,31 b	44,40 a	13,8 a	1,49 a
36	21	3	73,37 a	8,66 a	53,62 a	73,17 a	4,75 a	46,59 a	13,1 ab	1,39 a
0	28	0	73,51 a	-2,92 b	48,95 a	77,20 a	-1,55 b	40,83 b	13,3 b	1,72 a
24	28	0	72,07 a	3,85 a	50,14 a	73,10 c	0,13 ab	46,15 a	14,07 a	1,43 b
36	28	0	70,75 a	3,50 a	50,08 a	74,99 b	2,24 a	44,77 a	13,0 b	1,39 b
0	28	3	72,27 a	3,41 a	51,01 ab	70,84 a	3,06 a	42,39 a	13,12 b	1,51 a
24	28	3	73,75 a	4,47 a	54,39 a	67,07 a	4,98 a	39,32 a	13,8 a	1,47 a
36	28	3	72,14 a	8,37 a	49,61 b	68,21 a	6,28 a	43,01 a	13,9 a	1,45 a
0	35	0	71,36 b	-5,95 c	48,14 a	75,99 a	-1,96 a	42,14 a	14,1 a	1,69 a
24	35	0	74,85 a	0,21 b	49,93 a	76,99 a	-0,95 a	39,62 a	13,2 a	1,38 b
36	35	0	73,68 ab	4,91 a	49,39 a	76,30 a	0,94 a	39,76 a	13,4 a	1,25 c
0	35	3	68,74 ab	-0,20 c	46,12 a	69,27 a	9,50 b	35,04 a	13,14 a	1,64 a
24	35	3	72,00 a	6,88 b	49,85 a	65,31 a	11,62 b	36,04 a	12,56 a	1,02 b
36	35	3	66,66 b	14,68 a	44,69 a	59,11 b	17,68 a	32,55 a	13,34 a	1,18 b

([y]) Cada valor representa el promedio de 10 repeticiones. La separación de medias entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación, se realizó mediante la prueba LSD protegida. Medias seguidas por letras diferentes fueron significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$).

([y]) Each value is the mean of 10 replications. Means separation among treatments in every evaluation time by protected LSD test. Means followed by different letter were significantly different ($\alpha = 0,05$).

rífica, estas variables vinculadas al sabor de los frutos fueron afectadas por los tratamientos de temperatura. La acidez en los frutos tratados fue menor que en los no tratados, mientras que el contenido de sólidos solubles permaneció sin modificarse como en tomate, si bien en otros frutos como calabazas y melones el contenido de azúcares se vió favorablemente afectado (LURIE, 1998). Las diferencias en el % de acidez se observaron en mayor o menor medida, tanto a la salida de los tratamientos como después de 3 días a 20 °C.

El mantenimiento de la concentración de azúcares, o su aumento y la disminución de la acidez de los frutos que han sido calentados posiblemente se deba a modificaciones respiratorias. Distintos investigadores han informado sobre cambios en la tasa respiratoria y en las vías metabólicas involucradas en respuestas a tratamientos con altas temperaturas (CHENG *et al.*, 1988; INABA y CHACHÍN, 1989; LURIE y KLEIN, 1990, 1991) .

Conclusiones

El golpe de calor, tratamiento a 39 ± 1 °C por 24 o 36 h, aplicado después de la cosecha puede resultar útil para proteger ciertos aspectos de la calidad organoléptica de frutos de melocotonero, como son la textura suave y la jugosidad, de otra manera afectados por el daño por frío. Los frutos de madurez menos avanzada parecen haberse beneficiado más con los tratamientos térmicos, sin embargo serán necesarios más estudios para aclarar la relación entre tratamientos térmicos y grado de madurez y su efecto sobre la calidad después de la frigoconservación. Los tratamientos de calor permitirían también manipular modificaciones en el sabor y en el color de la epidermis y de la pulpa de frutos de melocotonero.

Bibliografía

BEN - ARIE R., SONEGO L., 1980. Pectolytic enzyme activity involved in woolly breakdown of stored peaches. Phytochemistry, 19: 2553-2555.

BUDDE C.O., 1994. Influencia de la aplicación de calcio sobre el desarrollo de la harinosidad en frutos de duraznero (Prunus persica (L) Batsch) cv. "Ángelus". Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 97 pp.

CHENG T.S., FLOROS J.D, SHEWFELT R.L., CHANG C.J., 1988. The effect of high temperature stress on ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Journal of Plant Physiology, 132: 459-464.

COHEN E., 1988. Commercial use of long-term storage of lemon whith intermittent warming. HortScience, 23: 400-403.

HARDENBURG R.E., WATADA A.E., WANG C.Y., 1986. The commercial storage of fruit, vegetables, and florist and nursery stock. USDA Agriculture Handbook N.° 66. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.

HATTON T.T., 1990. Reduction of Chilling Injury with temperature manipulation. In: "Chilling injury of horticultural crops" (WANG, C.Y. ed.), pp. 269-280. CRC Press, Boca Raton, Fla.

INABA M., CHACHIN K., 1988. Influence of and recovery from high temperature stress on harvested mature green tomatoes. HortScience, 23: 190-192.

KADER A.A., HEINTZ C.M., CHORDAS A.,1982. Postharvest quality of fresh and canned clingstone peaches as influenced by genotypes and maturity at harvest. Journal of the American Society for Horticultural Science, 107 (6): 947-951.

KERBEL E.L., MITCHELL F.G., MAYER G., 1985. Effect of postharvest heat treatments for insect control on the quality and market life of peaches. HortScience, 20(4): 725-727.

KETSA S., CHIDTRAGOOL S., KLEIN J.D., LURIE S., 1999. Ethylene synthesis in mango fruit following heat treatment. Postharvest Biology and Technology, 15: 65-72.

KLEIN J.D., LURIE S., 1990. Prestorage heat treatment as a mean of improving poststorage quality of

apples. Journal of the American Society for Horticutural Science, 115: 265-269.

LI L.P., HAN T., 1998. Storage response of "Ocuba" peaches after heat shock treatment. Acta Horticulturae, 464: 315-320.

LILL R.E., VAN DER MESPEL G.J., 1988. A method for measuring the juice content of mealy nectarines. Scientia Horticulturae, 36: 267-271.

LURIE S. 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology, 14: 257-269.

LURIE S., KLEIN J.D., 1990. Heat treatmente of ripening apples: differential effects on physiology and biochemistry. Physiologia Plantarum, 78: 181-186.

LURIE S., KLEIN J.D., 1991. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. Journal of the American Society for Horticultural Science, 116: 1007-1012.

LURIE S., KLEIN J.D., 1992. Ripening characteristics of tomatoes stored at 12 °C and 2 °C following a prestorage heat treatment. Scientia Horticulturae, 51: 55-64.

LUZA J.G., VAN GORSEL R., POLITO V.S., KADER A.A., 1992. Chilling injury in peaches: a cytochemical and ultrastructural cell wall study. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117 (1): 114-118.

MEIR S., PHILOSOPH-HADAS S., LURIE S., DROBY S., AKERMAN M., ZAUBERMAN G., SHAPIRO B., COHEN E., FUCHS Y., 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate. Canadian Journal of Botany, 74: 870-874.

MONZINI A., GORINI F., 1985. Postharvest treatment and industrial processing. Acta Horticulturae, 173: 449-472.

MURRAY R.E., 1992. Heat treatments to extend the marketing life of tomato fruits. Master of Science Thesis. Department of Horticultural Science. Faculty of Graduate Studies. University of Guelph. Guelph, Canada. 207 pp.

MURRAY R.E., VALENTINI G.H., YOMMI A.K., TONELLI F., 1998. Storage life and quality of peach fruit harvested at different stages of maturity. Acta Horticulturae, 465: 455-462.

OBENLAND D.M., CARROLL T.R., 2000. Mealiness and pectolytic activity in peaches and nectarines in response to heat treatment and cold storage. Journal of the American Society for Horticultural Science, 125(6): 723-728.

PESIS E., MARINANSKY R., SAUBERMAN G., FUCHS Y., 1993. Reduction of chilling injury symptoms of stored avocado fruits by prestorage treatment with high nitrogen atmosphere. Acta Horticulturae, 343: 252-255.

SABEHAT A., WEISS D., LURIE S., 1996. The correlation between heat-shock protein accumulation and persistence and chilling tolerance in tomato fruit. Plant Physiology, 110: 531-537.

SAS, 1985. SAS user's guide: Statistics. Versión 5 ed. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.

WANG C.Y., 1990. Chilling Injury of Horticultural Crops. Boca Ratón.USA. CRC Press. 313 pp.

ZHOU H.W., SONEGO L., BEN-ARIE R., LURIE S., 1999. Analysis of cell wall components in juice of "Flavortop" nectarines during normal ripening and woolliness development. Journal of the American Society for Horticultural Science, 124(4): 424-429.

(Aceptado para publicación el 22 de noviembre de 2001)

ITEA (2002), Vol. 98V N.° 2, 108-118

UTILIDAD DE LOS MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS

J. Segarra Bofarull

Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, Universitat de Lleida, Av. Alcalde Rovira Roure, 177, 25198 Lleida, España

RESUMEN

En el presente artículo se analiza la utilidad de los diferentes tipos de modelos matemáticos que se usan en el control de las enfermedades de los cultivos.

Los modelos empíricos son especialmente útiles para la predicción de la enfermedad, el establecimiento de los periodos de infección y la determinación de los momentos de tratamiento. Los modelos teóricos proporcionan el marco conceptual para la comprensión del patosistema y las directrices estratégicas del control de las enfermedades. Dentro de este grupo destacan las curvas de crecimiento por su amplia utilización en la comparación de epidemias y en el análisis del efecto de las medidas de control en el desarrollo epidémico. Por último, los simuladores de enfermedad son los de mayor complejidad y realismo y permiten controlar el progreso de la enfermedad.

Palabras clave: Epidemiología, modelización, curvas de crecimiento, modelos teóricos, simuladores de enfermedad.

SUMMARY
UTILITY OF EPIDEMIC MODELS

Mathematical models are important tools in crop protection. In this article, different types of models developed in plant disease control are showed and analyzed.

Statistical or empirical models are especially useful to forecast future disease development, establish infection periods and determine the necessity for spray treatments. Theoretical models provide a conceptual framework for organising and co-ordinating empirical researches and address strategic questions of control. In this group, growth curves are emphasised for their great contribution to the comparison of epidemics and patterns and the analysis of effects of control measures on the development of epidemics. Finally, disease simulators contain great complexity and realism and their primary use is to constrain or manipulate the pathosystem to produce a desirable disease development.

Key words: Epidemiology, modelling, growth curves, theoretical models, disease simulators.

Introducción

La razón de ser de la Patología Vegetal es la existencia de epidemias en la naturaleza que causan cuantiosas pérdidas económicas. Formalmente, una epidemia es un incremento de la cantidad de enfermedad en tiempo y/o espacio. Éste es un proceso dinámico

resultado de la interacción entre la población planta, la población patógeno y el medio ambiente. La epidemiología es la ciencia que estudia las enfermedades a nivel de población (VANDERPLANK, 1963).

La descripción cuantitativa de las epidemias se realiza mediante modelos matemáticos. Dichos modelos permiten caracterizar el desarrollo epidémico y analizar el efecto de la planta, el patógeno y el ambiente en el progreso de la enfermedad. Asimismo, permiten comparar y evaluar el impacto de las distintas medidas de control (CAMPBELL y MADDEN, 1990).

Los modelos utilizados en epidemiología vegetal se han clasificado según diferentes criterios (JEGER, 1998; KRANZ y ROYLE, 1978; WAGGONER, 1990). Atendiendo a su nivel de complejidad y a su base biológica los modelos utilizados en epidemiología se clasifican en: a) modelos empíricos, b) curvas de crecimiento, c) modelos teóricos y d) simuladores de enfermedad.

El objetivo del presente artículo es exponer los diferentes tipos de modelos y valorar su utilidad en el control de las enfermedades.

Modelos empíricos

Estos modelos establecen relaciones matemáticas entre distintos factores y variables de la enfermedad. Su elección se basa en criterios puramente estadísticos, sin tener en cuenta *a priori* la base biológica del proceso (ROUSE, 1985).

Dichos modelos se obtienen mediante análisis de regresión múltiple entre una variable dependiente Y_i y una serie de variables independientes X_i. La elección de la variable dependiente Y_i depende del proceso a modelizar. Mientras que entre las variables independientes se suelen incluir: a) factores climatológicos (temperatura, humedad relativa, lluvia, ...), b) factores del patógeno (cantidad y tipo de inóculo, virulencia, ...), c) factores de la planta (nivel de resistencia o susceptibilidad, estado fenológico, ...) y d) factores culturales (momento de siembra, densidad del cultivo, fertilización, irrigación, ...).

El objetivo principal de los modelos empíricos es la predicción. Por ejemplo, se utilizan para predicir el momento de la infección y el desarrollo epidémico, para determinar los momentos de tratamiento y para cuantificar las pérdidas de cosecha en función de la cantidad de enfermedad. También son muy utilizados para determinar la superficie de respuesta de los componentes del ciclo de infección en función de la temperatura y humedad (BUTT y ROYLE, 1990; ZADOKS y SCHEIN, 1979). Una cualidad requerida de estos modelos es que su predicción sea lo suficientemente exacta.

Uno de los modelos empíricos más conocido y ampliamente utilizado por los fruticultores es la gráfica de Mills (MILLS, 1944) que predice el riesgo de infección del moteado del manzano (*Venturia inaequalis*) y del peral (*Venturia pyrina*) en función del número de horas de humectación y la temperatura media durante dicho periodo (figura 1). Así, los fruticultores realizan tratamientos químicos, a partir del inicio de receptividad de la planta o en presencia de peritecas maduras, cuando se dan las condiciones de peligro según la gráfica de Mills. Dichas curvas de Mills fueron obtenidas empíricamente a partir de experimentos en cámara controlada con el objeto de definir los factores ambientales que favorecían la infección.

Otro ejemplo de modelos empíricos son las ecuaciones que relacionan la cantidad de enfermedad con las pérdidas de cosecha (TENG, 1985). Una de las relaciones frecuente-

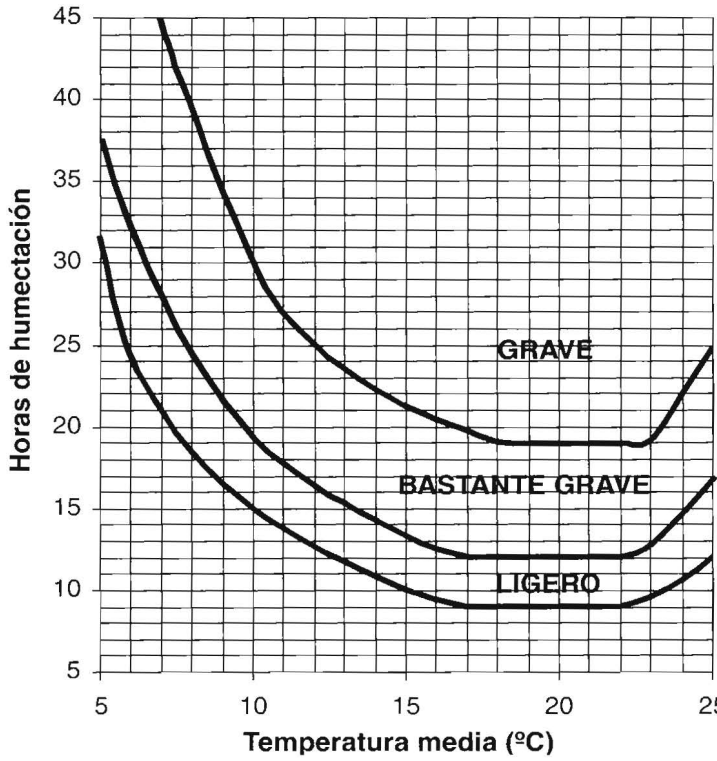


Figura 1. Relación entre el número de horas de humectación, la temperatura media durante dicho periodo y el riesgo de infección del moteado del peral.

Figure 1. The relation of wetness duration, temperature and probability of occurrence of pear scab infection.

mente citadas en la literatura es la función de pérdidas de cosecha para el oidio de la cebada (*Erysiphe graminis*) (LARGE y DOLING, 1962):

$$\%\ Pérdidas\ de\ cosecha = 2{,}5 * y^{0.5}$$

donde y es la severidad de la enfermedad (%) en el estado fenológico 10.5 en la escala de Feekes (LARGE, 1954). Estas ecuaciones aunque se han obtenido en otro país con distintas condiciones agronómicas, nos dan una idea aproximada de la gravedad de una enfermedad. Así, por ejemplo para esta enfermedad, una epidemia severa (60% de severidad al final del ciclo del cultivo) produce unas pérdidas de alrededor del 20% de la cosecha. En otras ecuaciones empíricas las pérdidas de cosecha se obtienen en función de la cantidad de enfermedad en distintos momentos críticos a lo largo del ciclo del cultivo (CAMPBELL y MADDEN, 1990).

Curvas de crecimiento

Las curvas de crecimiento son los modelos más utilizados en patología vegetal para describir el progreso de la enfermedad en el tiempo. Estos modelos están formados por una sola ecuación con dos variables la cantidad de enfermedad y el tiempo, y dos o tres

parámetros con significado biológico. Aunque son modelos biológicos (mecanísticos) frecuentemente se utilizan como funciones empíricas por su sencillez y facilidad de uso (CAMPBELL y MADDEN, 1990).

VANDERPLANK (1963) introdujo dos funciones de crecimiento: la monomolecular y la logística, para describir las epidemias monocíclicas y policíclicas, respectivamente. En las epidemias monocíclicas la enfermedad no se transmite de una planta enferma a una planta sana debido a que el ciclo del patógeno está restringido a una sola generación por estación de cultivo. Si asumimos que la eficacia del inóculo para causar enfermedad es constante e igual a E, la tasa absoluta de incremento de la enfermedad es:

$$\frac{dy}{dt} = EQ$$

donde Q es la cantidad de inóculo. Sin embargo, la ecuación anterior omite un factor importante, que es la cantidad de tejido susceptible. Cuando la proporción de tejido enfermo aumenta se incrementa la probabilidad de que el inóculo se deposite en el tejido ya infectado. Así, la ecuación diferencial que se obtiene es la siguiente

$$\frac{dy}{dt} = r_m(K - y)$$

donde K es la cantidad máxima de enfermedad (o capacidad de carga del sistema) y el término $K–y$ respresenta el tejido no infectado. La constante EQ se sustituye por r_m y corresponde a la tasa epidémica.

En el caso de epidemias policíclicas la enfermedad se transmite del tejido enfermo al tejido sano mediante la dispersión del inóculo. Niveles mayores de enfermedad implican mayor cantidad de inóculo. Sin embargo, a medida que aumenta el tejido enfermo se reduce la probabilidad de que el inóculo se deposite sobre tejido no infectado. El modelo logístico tiene en cuenta ambos aspectos y asume que la tasa absoluta de transmisión de la enfermedad es proporcional a la cantidad de tejido enfermo y y a la proporción de tejido sano $(K–y)/K$ disponible para infectar:

$$\frac{dy}{dt} = r_l y\left(\frac{K - y}{K}\right)$$

El parámetro tasa r_l de la función logística se conoce como tasa aparente de infección (VANDERPLANK, 1963).

Como estas dos ecuaciones no son adecuadas para describir todo tipo de epidemias, diversos autores introdujeron otras funciones de crecimiento. Por ejemplo las funciones Gompertz, log-logística y Richards (CAMPBELL y MADDEN, 1990). Desde un punto de vista cualitativo todas estas curvas de crecimiento tienen el mismo comportamiento. Son funciones continuamente crecientes que a partir de cualquier cantidad inicial de enfermedad, ésta o bien permanece constante si la tasa epidémica $r = 0$ o bien acaba inexorablemente por infectar todo el cultivo si $r > 0$ y tiene suficiente tiempo para desarrollarse toda la epidemia. Lo que varía entre las distintas funciones de crecimiento es la forma de la curva epidémica y el momento en que se alcanza la tasa máxima de crecimiento de la enfermedad (figura 2).

Las curvas de crecimiento son muy utilizadas en epidemiología vegetal para analizar el efecto de las medidas de control en el progreso de la enfermedad. Las medidas de control pueden actuar básicamente de dos formas: a) reduciendo la cantidad de enfermedad al comienzo de la epidemia y_o, o b) reduciendo la tasa epidémica (r_m o r_l) durante el progreso de la enfermedad (figura 3). Así, por ejemplo, el uso de semilla no infestada ni infectada, los tratamientos químicos a las semillas, la rotación de cultivos y el enterrado profundo del

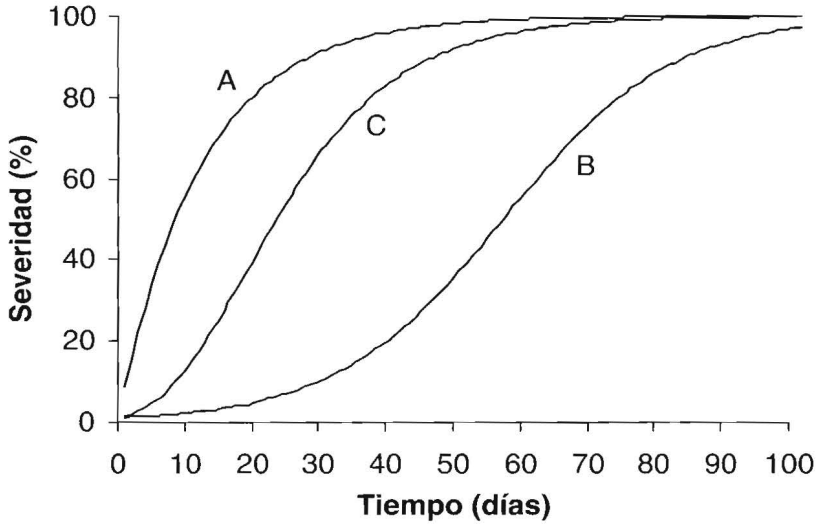


Figura 2. Curvas de progreso de la enfermedad según distintas funciones de crecimiento: (A) monomolecular, (B) logística y (C) Gompertz. Valores de los parámetros: $r = 0{,}08$ día^{-1}, $y_o = 0{,}01$.

Figure 2. Disease progress curves for three models used to describe epidemics: (A) monomolecular, (B) logistic, and (C) Gompertz. Parameter values: $r = 0{,}08\ day^{-1}$, $y_0 = 0{,}01$.

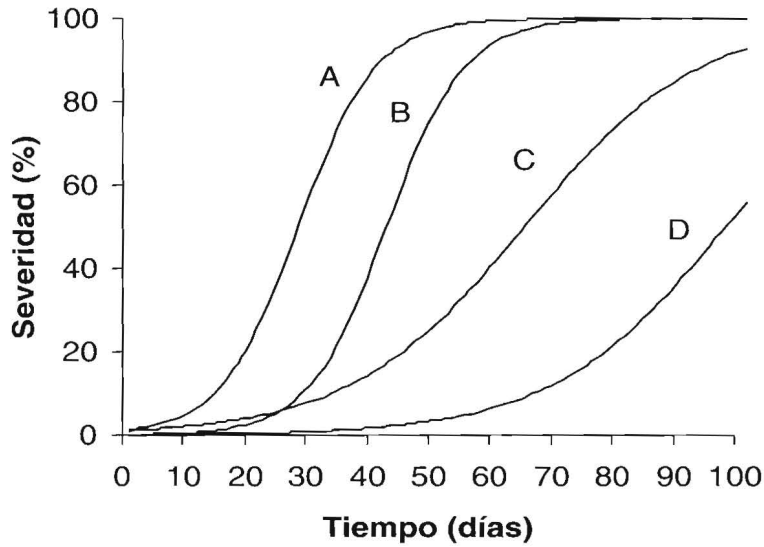


Figura 3. Efecto epidemiológico de distintas medidas de control para el modelo logístico: (A) testimonio, (B) tratamiento de las semillas, (C) resistencia horizontal y (D) tratamiento a las semillas y resistencia horizontal.

Figure 3. Effects of various disease control mesaures for the logistic model. (A) original disease progress curve, (B) treatment of seeds, (C) horizontal resistance, and (D) treatment of seeds and horizontal resistance.

rastrojo tienen como efecto principal retrasar el comienzo de la epidemia. Sin embargo, una vez se ha establecido la enfermedad la velocidad con que se desarrolla la epidemia es similar a la no aplicación de la medida de control. En el lado opuesto, por ejemplo, la siembra de variedades con resistencia horizontal, la aplicación continuada de productos químicos y la modificación del sistema de riego afectan básicamente a la velocidad del progreso de la enfermedad (ZADOKS y SCHEIN, 1979).

Por tanto, el efecto epidemiológico de cualquier medida de control, ya sea química o biológica, consiste en reducir la cantidad de enfermedad inicial y_o, la tasa epidémica r o ambas. Si la reducción de y_o y/o r es suficientemente importante la cantidad de enfermedad al final del ciclo del cultivo será menor y por tanto las pérdidas de cosecha menores. En cualquier caso, es necesario para cada patosistema y área geográfica determinar experimentalmente el efecto epidemiológico de las distintas medidas de control.

Modelos teóricos

Los modelos teóricos se formulan a partir del conocimiento de los mecanismos biológicos implicados en el progreso de la enfermedad. Son modelos sencillos que utilizan parámetros con un claro significado biológico. En esta categoría de modelos se incluyen frecuentemente las curvas de crecimiento. Sin embargo, se ha preferido introducirlas en un grupo aparte por su gran importancia y por la no incorporación de parámetros característicos del ciclo de infección de la enfermedad.

La formulación de este tipo de modelos se basa en dividir la población planta en una serie de compartimentos: susceptible (H), latente (L), infeccioso (S) y post-infeccioso (R). Las ecuaciones diferenciales se formulan para cada una de estas categorías de tejido, describiendo el flujo de un compartimento a otro. Dichos sistemas de ecuaciones diferenciales se integran numéricamente y se obtienen simulaciones de la evolución de la epidemia para distintos valores de los parámetros.

Dichos modelos tienen como objetivo principal la comprensión del proceso epidémico y la formulación de un marco conceptual teórico. Son modelos adecuados para analizar el efecto de los principales componentes del ciclo biológico en el desarrollo de la enfermedad. Su utilidad práctica está principalmente en la toma de decisiones estratégicas en el control de las enfermedades (JEGER, 1998). Es decir, en la aportación de las directrices generales que orienten en la elección de la estrategia de lucha en función del ciclo biológico y de las pérdidas económicas causadas por la enfermedad. En epidemiología vegetal se han utilizado, por ejemplo, para: evaluar la eficacia del reemplezamiento de los árboles enfermos por árboles sanos en el control de la enfermedad (CHAN y JEGER, 1994; VAN DEN BOSCH y DE ROOS, 1996), examinar la influencia de distintos factores en el éxito o fracaso del control biológico (GUBBINS y GILLIGAN, 1997; SWINTON y GILLIGAN, 1999), evaluar la eficacia del establecimiento de cordones sanitarios (JEGER y THRESH, 1993), evaluar el riesgo de la resistencia a fungicidas (GUBBINS y GILLIGAN, 1999), analizar el efecto epidemiológico del despliegue de variedades resistentes y su influencia en la evolución de la población patógeno (HOVMØLLER *et al.*, 1997), etc.

Uno de los modelos teóricos más sencillos que se utiliza en epidemiología vegetal, suponiendo que el crecimiento del huésped es insignificante con respecto a la duración de la epidemia, es la ecuación diferencial en diferencia formulada por VANDERPLANK (1963):

$$\frac{dy}{dt} = R_c\left(y_{t-p} - y_{t-p-i}\right)(1-y)$$

donde y es la cantidad de enfermedad (L+S+R) medida en proporción, R_c es la tasa de infección, p es el periodo latente (tiempo transcurrido entre la infección y el inicio de la producción de inóculo) e i es el periodo infeccioso (duración de la producción de inóculo).

A pesar de su simplicidad, el modelo aporta dos cuestiones claves en la comprensión teórica de las epidemias en relación a las curvas de crecimiento: la existencia de un umbral epidémico y la determinación del tamaño final de la epidemia.

1. *Umbral epidémico*: A partir de una pequeña infección inicial, la cuestión que se plantea es: ¿se producirá una epidemia? De acuerdo con este modelo solo se producirá una epidemia si $iR > 1$. En caso contrario, el número de lesiones infecciosas van reduciéndose en cada ciclo de infección hasta que desaparecen completamente y el crecimiento de la enfermedad se detiene (VANDERPLANK, 1963; JEGER y VAN DEN BOSCH, 1994).

2. *Tamaño final de la epidemia, y_∞*: Una vez iniciada la epidemia, la siguiente cuestión que se plantea es: ¿qué tamaño final alcanzará la epidemia si su desarrollo no es interrumpido por el ambiente o la senescencia del cultivo? La ecuación del tamaño final de la epidemia fue dada por VANDERPLANK (1984) y obtenida formalmente por JEGER y VAN DEN BOSCH (1994) (figura 4):

$$y_\infty = 1 - (1 - y_0)\, e^{-Ri\left(\frac{y_\infty}{1-y_0}\right)}$$

Ambas predicciones del umbral epidémico y de la ecuación del tamaño final de la epidemia son robustas, es decir, aparecen en todos los modelos teóricos con ligeras

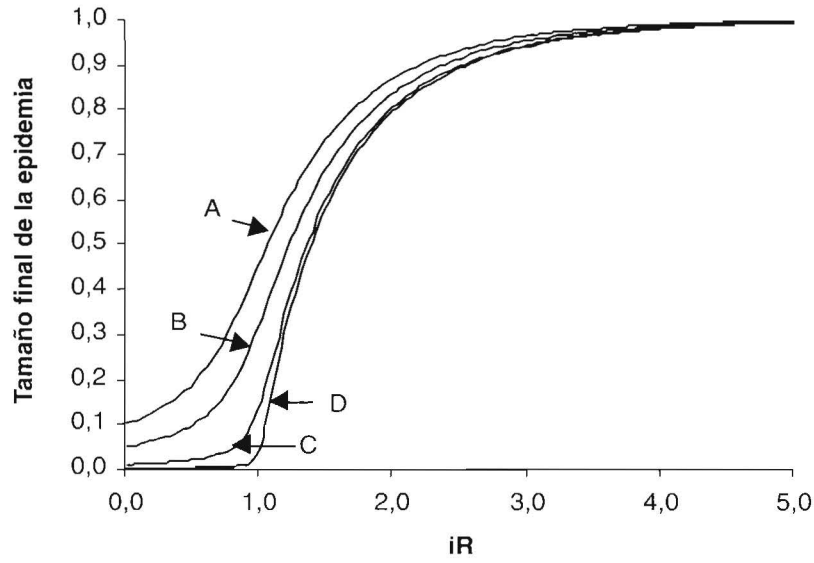


Figura 4. Tamaño final de la epidemia en función de parámetros epidémicos, para la ecuación diferencial en diferencia de Vanderplank (1963). (A) $y_0 = 0{,}1$, (B) $y_0 = 0{,}05$, (C) $y_0 = 0{,}01$, (D) $y_0 = 0{,}001$.
Figure 4. Final size equation of the Vanderplank model (1963). (A) $y_0 = 0{,}1$, (B) $y_0 = 0{,}05$, (C) $y_0 = 0{,}01$ and (D) $y_0 = 0{,}001$.

modificaciones dependiendo de las asunciones del modelo. La tasa reproductiva básica R_0, que en en este modelo equivale a $R_0 = iR$, es de importancia fundamental en la determinación de los aspectos cualitativos del comportamiento epidémico. Así, se pone de manifiesto que: 1) para que se produzca una epidemia es necesario que $R_0 > 1$, y 2) la severidad final depende básicamente del valor del parámetro compuesto R_0, sobre todo si el valor de y_o es pequeño.

Simuladores de enfermedad

A finales de la década de los 70 y durante la década de los 80, con el desarrollo de los ordenadores, surgieron un gran número de simuladores de enfermedades. Éstos son modelos complejos, con un gran número de variables y parámetros, que se formulan a partir de los mecanismos y procesos biológicos subyacentes. Cada fase del ciclo de infección se modeliza separadamente. A su vez cada fase se puede dividir en subfases, que a su vez se pueden modelizar (HAU, 1987). Los detalles de cada fase modelizada dependen de la información disponible y del objetivo del simulador.

En la figura 5 se presenta una diagrama muy simplificado de un hipotético simulador epidémico para una enfermedad que se transmita mediante esporas. Los principales componentes son:

Crecimiento del cultivo. Por una parte el área foliar del cultivo crece con el tiempo y por otra decrece con la senescencia de las hojas. Por simplicidad, el crecimiento del área foliar suele representarse a través de funciones de crecimiento y la mortalidad de las hojas se incluye mediante una tasa relativa constante en todas las categorías del tejido. El número de 'sites' se obtiene directamente a partir del área foliar y de la superficie que ocupa una lesión típica. Otro método para modelizar el crecimiento de la planta consiste en incluir en el simulador epidémico un simulador de cultivo.

Infección. Del total de esporas viables depositadas sobre el tejido no infectado sólo una parte germinarán. Y de las esporas germinadas sólo una proporción de ellas penetrarán y colonizarán el tejido. El resto de las esporas no sobrevivirán.

Esporulación. La esporulación de un 'site' infectado depende de la edad de la infección. Transcurrido un periodo latente la lesión comienza a esporular poco a poco hasta alcanzar un máximo. A continuación, la esporulación decrece continuamente hasta su cese definitivo una vez ha transcurrido el periodo infeccioso. A menudo la curva de esporulación se simplifica, por ejemplo, considerando los periodos latente e infeccioso y la tasa de esporulación constantes.

Dispersión. Del conjunto de las esporas liberadas solamente una pequeña proporción se depositará sobre tejido no infectado. Ello depende fundamentalmente de la forma de dispersión, del número de 'sites' y de la proporción de los 'sites' infectados.

Cada fase del ciclo de infección depende de las condiciones ambientales y de las características del cultivo. La humedad de la hoja tiene un gran efecto en la germinación de las esporas. Por ejemplo, en el mildiu de la patata, causado por *Phytophthora infestans*, la germinación sólo tiene lugar si hay agua libre en las hojas. Otro factor importante es la temperatura que afecta a la esporulación, la germinación y la tasa de infección. Los simuladores de enfermedad incluyen en la modelización el efecto de los principales factores ambientales en las distintas fases del ciclo de infección.

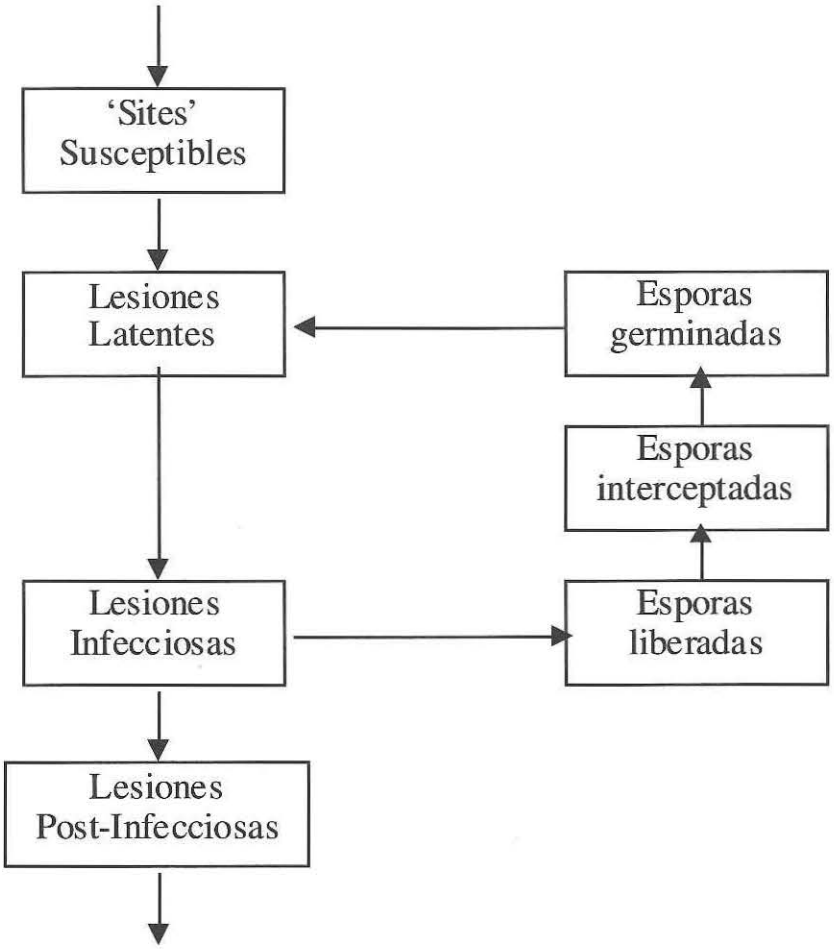


Figura 5. Diagrama simplificado de un simulador epidémico.
Figure 5. Simplified diagram of an epidemic simulator.

El objetivo de los simuladores de enfermedad es controlar el desarrollo epidémico. Estos modelos permiten visualizar en la pantalla del ordenador el efecto de los distintos factores de la planta, del patógeno y del ambiente sobre el progreso de la enfermedad. La mayoría de los modelos de simulación se han desarrollado específicamente para una enfermedad (CAMPBELL y MADDEN, 1990; HAU, 1985; BRUHN y FRY, 1981). Sin embargo, otros simuladores son más flexibles, son útiles para distintas enfermedades y permiten abordar cuestiones más generales. En este grupo destaca el simulador EPIMUL (KAMPMEIJER y ZADOKS, 1977). En este simulador se modeliza la producción y dispersión del inóculo entre distintos compartimentos del cultivo. El principal inconveniente de estos modelos es el elevado número de variables y parámetros utilizados, con lo cual hace extremadamente difícil el análisis del sistema.

Conclusiones

La patología vegetal necesita cuantificar para comprender el desarrollo de las enfermedades y evaluar las distintas estrategias de control. En este sentido los modelos matemáticos constituyen una herramienta fundamental de la epidemiología y el control de las enfermedades.

Los modelos empíricos se elaboran específicamente para una enfermedad. Ellos predicen la cantidad de enfermedad (u otro factor) en relación a una o varias variables independientes. Estos modelos van dirigidos a la toma de decisiones tácticas: ¿Hay riesgo de infección? ¿Debo realizar un tratamiento? ¿Cuáles serán las pérdidas económicas? Por tanto, una propiedad importante de estos modelos es la exactitud de sus predicciones.

En el lado opuesto, se sitúan los modelos teóricos que se formulan a partir del conocimiento de los mecanismos biológicos subyacentes de la transmisión de la enfermedad. En este sentido son modelos realistas que se formulan para un amplio conjunto de enfermedades y, por tanto, ayudan a la comprensión de las epidemias y a la toma de dicisiones estratégicas en el manejo de las enfermedades.

Los simuladores de enfermedades incorporan un gran número de parámetros y variables de la ecología del patosistema. Dichos modelos permiten controlar y manipular los factores del cultivo, del patógeno y de la planta en función del desarrollo epidémico requerido.

Bibliografía

BRUHN J.A., FRY W.E., 1981. Analysis of potato late blight epidemiology by simulation modeling. Phytopathology 71, 612-616.

BUTT D.J., ROYLE D.J., 1990. Multiple regression analysis in the epidemiology of plant disease, pp. 143-180. En: Ecological Studies. Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modeling. Vol. 13, J. Kranz (Ed.), 268 pp. Ed. Springer-Verlag. Berlin.

CAMPBELL C.L., MADDEN L.V., 1990. Introduction of plant disease epidemiology, 532 pp. Ed. John Wiley & Sons. New York.

CHAN M.S., JEGER M.J., 1994. An analytical model of plant virus disease dynamics with roguing and replanting. J. Appl. Ecol. 31, 413-427.

GUBBINS S., GILLIGAN C.A., 1997. Biological control in a disturbed environment. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 352, 1935-1949.

GUBBINS S., GILLIGAN C.A., 1999. Invasion thresholds for fungicide resistance: deterministic and stochastic analyses. Proc. R. Soc. Lond. B 266, 2539-2549.

HAU B., 1985. Epidemiologische simulatoren als instrumente der systemanalyse mit besonderer berucksichtigung eines modells der gerstenmehltaus. Acta Phytomed. 9, 1-101.

HAU B., 1987. Modelling epidemics of polycyclic foliar diseases and development of simulators, pp.267-277. En: Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. J. Kranz y J. Rotem (Ed.), 299 pp. Ed. Springer-Verlag. Berlin.

HOVMØLLER M.S., ØSTERGÅRD H., MUNK L., 1997. Modelling virulence dynamics of airborne plant pathogens in relation to selection by host resistance in agricultural crops, pp. 173-190. En: The Gene-for-Gene Relationship in Plant-Parasite Interactions. I.R. Crute, E.B. Holub y J.J. Burdon (Ed.), 427 pp. Ed. CAB International. Wallingford.

JEGER M.J., 1998. Building models of epidemics to help take decisions, pp. 135-150. En: Information Technology, Plant Pathology and Biodiversity. P. Bridge, P. Jeffries, D.R. Morse y P.R. Scott (Ed.), pp. Ed. CAB International. Wallingford.

JEGER M.J., THRESH J.M., 1993. Modelling reinfection of replanted cocoa by swollen shoot virus in pandemically diseased areas. J. Appl. Ecol. 30, 187-196.

JEGER M.J., VAN DEN BOSCH F., 1994. Threshold criteria for model plant disease epidemics. I. Asymptotic reults. Phytopathology 84, 24-27.

KAMPMEIJER P., ZADOKS J.C., 1977. EPIMUL, A simulation of foci and epidemics in mixtures of resistant and susceptible plants, 50 pp. Ed. Pudoc. Wageningen.

KRANZ J., ROYLE D.J., 1978. Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics, pp. 111-120. En: Plant Disease Epidemiology. P.R. Scott y A. Bainbridge (Ed.), 329 pp. Ed. Blackwell Scientific Publications. London.

LARGE E.C., 1954. Growth stages in cereals: illustrations of the Feekes scale. Plant Pathol. 3, 128-129.

LARGE E.C., DOLING D.A., 1962. The measurement of cereal mildew and its effect on yield. Plant Pathol. 11, 47-57.

MILLS W.D., 1944. Efficient use of sulphur dusts and sprays during rain to control apple scab. NY Agric. Exp. Stn (Ithaca) Ext. Bull., 630, 1-4.

ROUSE D.I., 1985. Construction of temporal models: I. Disease progress of air-borne pathogens, pp. 11-29. En: Advances in Plant Pathology. Mathematical Modelling of Crop Disease. Vol. 3, C.A. Gilligan (Ed.), 255 pp. Ed. Academic Press. London.

SWINTON J., GILLIGAN C.A., 1999. Selecting hyperparasites for biocontrol of dutch elm disease. Proc. R. Soc. Lond. B 266, 437-445.

TENG P.S., 1985. Construction of predictive models: II. Forecasting crop losses, pp. 179-206. En: Advances in Plant Pathology. Mathematical Modelling of Crop Disease. Vol. 3, C.A. Gilligan (Ed.), 255 pp. Ed. Academic Press. London.

VAN DEN BOSCH F., DE ROOS A.M., 1996. The dynamics of infectious diseases in orchards with roguing and replanting as control strategy. J. Math. Biol. 35, 129-157.

VANDERPLANK J.E., 1963. Plant diseases: Epidemics and control, 344 pp. Ed. Academic Press. New York.

VANDERPLANK J.E., 1984. Disease resistance in plants (segunda edición), 192 pp. Ed. Academic Press. New York.

WAGGONER P.E., 1990. Assembling and using models of epidemics, pp. 230-260. En: Ecological Studies. Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modelling. Vol. 13, J. Kranz (Ed.), 268 pp. Ed. Springer-Verlag. Berlin.

ZADOKS J.C., SCHEIN R.D., 1979. Epidemiology and plant disease management, 427 pp. Ed. Oxford University Press. New York.

(Aceptado para su publicación el 23 de enero de 2002)

ITEA (2002), Vol. 98V N.° 2, 119-126

LA SEMILLA DE BORRAJA COMO FUENTE DE ÁCIDO GAMMA-LINOLÉNICO. REVISIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA SEMILLA EN LA ESPECIE

C. Montaner Otín*, E. Floris Beamonte*, J.M. Álvarez Álvarez**

* Escuela Politécnica Superior, Ctra. Cuarte s/n, 22071 Huesca, España

** Servicio de Investigación Agroalimentaria, GA. Apartado 727, 50080 Zaragoza, España

RESUMEN

En España la borraja (*Borago officinalis* L.) se cultiva para aprovechar sus hojas como verdura; sin embargo, fuera de nuestras fronteras, la importancia del cultivo radica en la obtención de semilla dado su alto contenido en ácido gamma-linolénico (GLA), un precursor de las prostaglandinas. La especie presenta crecimiento indeterminado y su fruto es dehiscente. Estos aspectos entorpecen tanto el proceso de recolección como el rendimiento obtenido. En este trabajo se presenta una revisión de las distintas técnicas agronómicas desarrolladas hasta el momento para conseguir un mejor aprovechamiento del potencial productivo de la especie. Asimismo, se describen algunas alternativas basadas en técnicas biotecnológicas para la obtención de GLA.

Palabras clave: *Borago officinalis* L.; cosecha; semilla; GLA.

SUMMARY

BORAGE SEEDS AS A GAMMA-LINOLENIC ACID SOURCE. A REVIEW OF SEED PRODUCTION AND HARVESTING PROCESS

Although Spanish borage is grown as vegetable, in other countries, the production of seeds is the main goal of the crop because those seeds are a rich source of Gamma-linolenic acid (GLA), a precursor of prostaglandins. This species has an indeterminate growth and its seeds dehisce at maturity. These facts limit the harvesting process and seed yield decreases. A review of different methodologies assessed until now in order to obtain a better yield are presented. Also some alternatives to obtain GLA by means of biotechnology are described.

Key words: *Borago officinalis* L.; harvesting; seed; GLA.

El ácido gamma-linolénico

El ácido gamma-linolénico (GLA) es un ácido graso esencial del grupo ω-6, concretamente 18:3 (6c, 9c, 12c). En el organismo de personas sanas y otros mamíferos se sintetiza a partir del ácido linoleico ingerido en la dieta, mediante la acción de la enzima Δ-

6-desaturasa. Se trata de un ácido graso precursor de prostaglandinas, leucotrienos y sustancias relacionadas (HORROBIN, 1983). Los leucotrienos son mediadores en respuestas alérgicas e inflamatorias y las prostaglandinas (principalmente PE1) poseen un amplio abanico de efectos biológicos: controlan la presión arterial y el flujo de la sangre en el riñón, las contracciones del músculo liso, la secreción de ácidos gástricos o la regulación del ciclo reproductivo de la mujer (TORSELL, 1983; GANONG, 1988) entre otros.

Ciertos desórdenes metabólicos o alteraciones como puedan ser la diabetes, la obesidad, el envejecimiento, el estrés, el alcoholismo o el consumo de otras drogas, inhiben la actividad de la Δ-6-desaturasa provocando carencias de GLA. En este caso es necesario ingerirlo directamente (TORSELL, 1983). Por esta vía se aplica en tratamientos clínicos para la regulación del embarazo, síndrome premenstrual, úlceras, lesiones cardiacas, trombosis, eczema tópico, diabetes, hipertensión, etc. (WRIGHT y BURTON, 1982; HORROBIN, 1984; JAMAL y col., 1986; HARVEY, 1997; ANDREASSI y col., 1997).

No obstante una acumulación de GLA en el organismo, ya sea por una ingesta excesiva, ya sea por diversas alteraciones metabólicas, puede provocar un exceso de ácido araquidónico, metabolito promotor de procesos inflamatorios, trombosis o inmunosupresión (PHINNEY, 1994).

Las fuentes de ácido gamma-linolénico

En la actualidad se conocen alrededor de 10 familias de plantas superiores que contienen GLA en el aceite que de ellas se puede extraer. Entre éstas: *Onagraceae, Saxifragaceae Ranunculaceae, Liliaceae, Aceraceae, Scrophulariaceae, Cannabaceae,* y *Boraginaceae* (WOLF y col., 1983; JANICK y col., 1989). La primera especie que se estudió y sobre la que se ha ejercido un gran esfuerzo para conseguir su domesticación y seleccionar aquellos genotipos más productivos desde el punto de vista oleícola es *Oenothera biennis* L. Con el aceite de esta *Onagraceae* se han realizado la mayoría de los estudios científicos encaminados a evaluar las cualidades y los efectos de la administración de GLA en los mamíferos (HORROBIN, 1990; HUANG y MILLS, 1996).

A nivel comercial también se obtiene GLA de *Ribes nigrum* L., *Ribes rubrum* L. (*Saxifragaceae*) (TRAITLER y col., 1984) y *Borago officinalis* L. (*Boraginaceae*) (WHIPKEY y col., 1988). Recientemente se ha constatado el relativamente alto contenido en GLA del aceite de semilla de cáñamo (*Cannabis sativa*) (DEFERNE y PATE, 1996; CALLAWAY y col., 1996).

Además de las fuentes mencionadas, se han hecho diversos intentos para producir GLA por otras vías. RATLEDGE (1987) evaluó el contenido en dicha sustancia en el hongo *Mucor javanicus* aunque sin éxito comercial. La genética molecular también ha participado en la búsqueda de fuentes alternativas de GLA. REDDY y THOMAS (1996) fueron los primeros en demostrar que el gen para la Δ-6-desaturasa de la cianobacteria *Synechocystis* podía ser transferido a una planta de tabaco acumulando esta última GLA en las hojas. Sin embargo el nivel de expresión del gen era muy bajo. Un mejor nivel de expresión se ha conseguido transfiriendo el gen de la Δ-6-desaturasa de borraja al tabaco (SAYANOVA y col., 1997). En las hojas de esas plantas transgénicas se ha detectado un 13,2% de GLA con respecto a los lípidos totales. El éxito del anterior trabajo abre una puerta a la transformación de cultivos tradicionalmente oleícolas como

puedan ser la colza o el girasol, encaminada a incrementar en su aceite el contenido en GLA (PALOMBO y col., 2000).

Asimismo se han hecho intentos de producir GLA en condiciones *in vitro* a partir de embriones en desarrollo escindidos de la flor o generando embriones somáticos. En ambos casos se ha tenido éxito pero la rentabilidad económica está todavía por determinar (JANICK y col., 1989).

La síntesis química directa ha resultado ser muy complicada dado que, a pesar de lo simple de la molécula de GLA, el resultado es una mezcla de moléculas con configuraciones *cis* y *trans* en iguales proporciones para cada uno de sus dobles enlaces, y por tanto difíciles de separar. Por el contrario la forma *cis* es la única que se encuentra en condiciones *in vivo* (SINCLAIR, 1990; DUTA-ROY, 1996).

La borraja como fuente de ácido gamma-linolénico

Tradicionalmente la fuente comercial más utilizada de GLA es el aceite de onagra (*Oenothera biennis*) cuya semilla contiene entre 17 y 25% de aceite, del cual 7-10% es GLA. Esta especie es bianual, sembrándose en torno a agosto y recogiendo sus semillas de septiembre a noviembre del año siguiente (LAPINSKAS, 1993).

La borraja, por el contrario, se ha revelado como una de las mejores alternativas al aceite de onagra. En primer lugar su semilla madura tiene un 25-40% de aceite con 20-25% de GLA y bajo contenido en ácidos α-linolénico y estearidónico (BEAUBAIRE y SIMON, 1987; DEL RÍO y col., 1993; FIELDSEND, 1995). En segundo lugar la borraja es un cultivo anual, a diferencia de la onagra que es bianual (GALWEY y SHIRLIN, 1990). En tercer lugar la semilla de borraja es considerablemente más grande que la de onagra, facilitando su recolección (17 g frente a 0,5 g, peso de 1.000 semillas de borraja y de onagra respectivamente) (VILLA y ÁLVAREZ, 1999; LAPINSKAS, 1993).

A pesar de las citadas ventajas, tiene algunas limitaciones. La principal y que ha condicionado sobremanera el rendimiento que ofrece su cultivo, es la dehiscencia del fruto al llegar a la madurez. GALWEY y SHIRLIN (1990) revelaron en uno de sus trabajos que el aceite de borraja tiene un bajo contenido de ácido erúcico, pero positivamente correlacionado con el contenido de GLA, lo que puede generar un problema a la hora de su comercialización dada su toxicidad en caso de que se encuentre en concentraciones altas. Por otra parte algunos autores han expresado que el aceite obtenido de especies diferentes a la onagra no es funcionalmente equivalente y, por tanto, no tendría las mismas cualidades terapéuticas (HORROBIN, 1994; BARD y col., 1997). Estas dos últimas desventajas pueden superarse puesto que, a nivel experimental, se ha conseguido concentrar el contenido en GLA del aceite de borraja hasta el 93% (SYED RADMATULLAH y col., 1994).

El cultivo de la borraja para producción de semilla

El manejo del cultivo de la borraja que se hace en Aragón está encaminado a la producción y aprovechamiento de sus partes verdes destinadas a su consumo como verdura. En la actualidad se trata de un cultivo bajo abrigo que ocupa el intervalo comprendido entre inicios de otoño hasta la llegada de la primavera. Sin embargo el cultivo de la

borraja como especie oleícola llevado a cabo en otros países se desarrolla en condiciones agronómicas diferentes a las de la borraja como verdura.

Se trata de un cultivo extensivo, que se produce en cuatro países fundamentalmente: Reino Unido, Holanda, Nueva Zelanda y Canadá (LAPINSKAS, 2000). En los países del hemisferio norte se siembra entre final de marzo y principios de abril. La densidad de siembra se mantiene del orden de 2,5 a 3,0 plantas por m^2. Con estas densidades el cultivo se cierra pronto y se controlan las malas hierbas. Esporádicamente se aplica un herbicida de preemergencia. La fertilización es fundamentalmente nitrogenada con aplicación de 40 a 60 kg N/ha en presiembra. En algunas ocasiones se aporta P, K y Mg. Prefiere los suelos bien drenados y vertientes soleadas. La floración empieza a mediados de junio y se extiende hasta septiembre. Sin embargo el cultivo se suele segar a final de julio, cuando las primeras flores muestran semillas maduras (LAPINSKAS, 2000; SIMPSON, 1993b). La superficie destinada a este cultivo es difícil de conocer con precisión. En Reino Unido en 1993 se cultivaron 1.000 ha, a pesar de que varios años antes se había previsto para mediados de los 90 un incremento en superficie de hasta 20.000 ha (FIELDSEND, 1995).

La producción de semilla de borraja

Como ya se ha avanzado en el anterior epígrafe el crecimiento indeterminado de la borraja y la dehiscencia del fruto cuando llega su momento de madurez dificulta su recolección. El periodo de floración se puede alargar más de dos meses, lo que implica un intervalo similar de maduración y desprendimiento de semilla. Este carácter que es sin duda de gran interés para las especies silvestres, puesto que facilita su dispersión y supervivencia, es indeseable en cualquier cultivo. Se ha estimado que más del 50% de la semilla que produce la borraja se pierde por la falta de sincronía en la maduración y la dehiscencia del fruto (FIELDSEND, 1995).

Varios son los trabajos que se han realizado en diversos países occidentales con el fin de determinar todos aquellos aspectos relacionados con las prácticas culturales que permitan aprovechar al máximo el potencial productivo de la borraja. Uno de los primeros estudios encaminados a evaluar la producción potencial de la borraja fue realizado por BEAUBAIRE y SIMON (1987) en Estados Unidos. Estos investigadores buscaban determinar cuál era la densidad de plantas por parcela más adecuada así como el momento óptimo de cosecha. De sus resultados concluyeron que la manera de obtener máxima producción era practicando recogidas periódicas de la semilla por aspiración de aquellas que permanecían en la superficie del suelo para, en último término, cosechar de forma destructiva las parcelas. Siguiendo este procedimiento la mejor producción se obtuvo con una densidad de 36.000 plantas/ha. En este caso el rendimiento total fue de 754 kg/ha.

El método anteriormente expuesto, con varios pases no destructivos más uno destructivo, si bien conseguía aprovechar la producción de la planta por las sucesivas recolecciones, implica la necesidad de una máquina no existente en el mercado que aspire las semillas. Estos autores diseñaron un prototipo que realizaba esta función, pero tiene varias limitaciones. Una de ellas es la rentabilidad. Los precios del aceite de borraja, al igual que el de onagra, son muy variables en función del año, lo que haría más costosa si cabe la amortización de esa

máquina con los beneficios de este cultivo (FIELDSEND, 1995). Por otra parte una campaña lluviosa impediría la entrada de la máquina a las parcelas, con lo que la cantidad de semilla cosechada disminuiría considerablemente (JANICK y col., 1989).

En la búsqueda de nuevos métodos para optimizar no sólo la producción de semilla sino todas las prácticas culturales relacionadas con esta especie, SIMPSON (1993a) publicó una descripción fenológica en la cual se divide el desarrollo de la borraja en siete estadios desde la germinación y la nascencia hasta la senescencia de los tallos. El estadio cinco es el que hace referencia a la maduración de la semilla y la abscisión. Dentro de este estadio, con índices agregados al 5, se hace referencia a la posición que ocupa la flor cuyas semillas se han desprendido o están a punto de desprenderse en la inflorescencia. Por ejemplo 5.3 indica que la tercera flor de la inflorescencia presenta semilla madura. La referencia del estado de madurez de las flores se estableció en relación a la cima apical.

Basándose en los criterios fenológicos anteriormente explicados, SIMPSON (1993b) comparó dos alternativas para realizar la recolección de la semilla, el desecado con glifosato o la siega, para posteriormente cosechar con una máquina automotriz convencional. Sus resultados le llevaron a descartar el tratamiento herbicida y a concluir que la siega cuando las plantas están en estadio de 5.1 a 5.3, con posterior pase de cosechadora, es la forma de optimizar la recolección. De este modo se obtuvo un rendimiento de 367,5 kg/ha.

Este criterio (siega con cosecha cuando la paja se ha secado) fue utilizado posteriormente por BERTI y col. (1998) para buscar el momento óptimo de cosecha tras introducir en Chile dicho cultivo. En este trabajo se obtuvo un rendimiento de 180,7 kg/ha, cantidad inferior a lo esperado y justificada por los autores por la alta densidad de siembra aplicada (87.000 plantas por hectárea), lo que condiciona la producción de semilla. SORLINO (1998) estableció que además del número de plantas por hectárea, la fertilización, y la conjunción del proceso de vernalización con fotoperiodos crecientes determinan la magnitud de la floración y por ende la producción de semilla. Sin embargo todos estos últimos aspectos necesitarían ser investigados más profundamente.

El genotipo también determina la producción de semilla. GALWEY y SHIRLIN (1990) evaluaron alrededor de 500 entradas de borraja de distintas procedencias con el fin de seleccionar entre dicho germoplasma las mejores líneas para usos farmacéuticos. Los genotipos españoles cultivados produjeron más semillas que los tipos silvestres de cualquier origen, aspecto ratificado por SORLINO (1998); sin embargo su contenido en GLA fue menor. Por otra parte, los resultados obtenidos por DEL RÍO y DE HARO (1995) con otro material vegetal, pusieron de manifiesto que la semilla procedente de otras variedades españolas de flor blanca tenía un mayor contenido en aceite y mayor concentración de GLA que la de entradas silvestres de flor azul de origen andaluz.

La morfología de las plantas de flor azul es diferente a las de flor blanca. Las primeras tienen un tallo principal central y pequeñas ramas laterales a diferencia de las cultivadas de flor blanca que poseen numerosos tallos equiparables en porte y vigor. No obstante, cabe señalar que, dentro de dicha morfología general de las plantas de flor blanca, existe gran variabilidad, como ya puso de manifiesto DOMÍNGUEZ y col. (1990) tras seleccionar a partir de una población cultivada 10 formas o tipos por sus características

morfológicas y algunas de interés fisiológico.

El código de estados fenológicos descrito por SIMPSON (1993a), como ya se dijo, centra su atención en el momento de madurez de la cima apical del tallo principal, utilizando para tal descripción plantas de flor azul. En la borraja de flor blanca, al tener una morfología distinta, este criterio no sería directamente aplicable.

Nuestro grupo buscó el momento óptimo de cosecha para un genotipo de flor blanca. Los estudios se centraron en la fenología de la floración pero no a nivel de planta como en los ejemplos anteriores sino a nivel de parcela. Los resultados obtenidos nos indicaron que existe una evolución de la floración alcanzándose un máximo 32 días después de la aparición de la primera flor abierta en una planta cualquiera de la parcela de cultivo. En este momento la producción potencial se ha calculado en 150,5 kg/día y ha. Dicho periodo sería el que marcaría el momento óptimo de cosecha. En nuestra opinión la siega con posterior pase de cosechadora es una buena alternativa, ya que entendemos que permite recoger las semillas que han ido madurando en la planta desde el momento que se corta hasta que se pasa la cosechadora. El hecho de que hayamos observado que un proceso inducido de deshidratación en la planta conlleva la retención de la semilla, aspecto también expresado por BERTI y col. (1998), avala nuestra hipótesis.

Dado que como bien se ha visto, los problemas de la cosecha de la semilla de esta especie vienen acarreados por la dehiscencia del fruto, y en el germoplasma estudiado no se habían encontrado entradas que retuvieran la semilla, DE HARO y DEL RÍO (1998) aplicaron mutagénesis inducida con el objeto de superar ese problema. Del proceso se obtuvieron no sólo líneas parcialmente indehiscentes sino también con mayor número de semillas por flor e importante variabilidad en el contenido en aceite. En estas nuevas líneas puede estar el futuro de la producción de semilla de borraja.

Conclusiones

De la revisión acerca de los procesos de producción y recolección de la semilla de borraja para producción de ácido gammalinolénico que se presenta en este artículo, se pueden destacar la importancia de dicha especie como fuente de semilla para la extracción de aceite rico en GLA. Por el contrario, el proceso de recolección de la misma es complicado debido al crecimiento indeterminado y a la dehiscencia del fruto, lo que conlleva un mal aprovechamiento de la producción de la planta. Para mejorar los rendimientos de la recolección se han propuesto dos alternativas: diseño de aspiradoras autopropulsadas para la recogida de semilla de forma periódica entre líneas y aplicación de herbicidas o siega de las plantas para conseguir su desecación y posterior cosecha con una máquina convencional, siguiendo criterios fenológicos para tales labores.

Bibliografía

ANDREASSI M., FÓRRELO P., LORIO A., DI MASCI S., ABATE G., AMERIO P., 1997. Efficacy of gamma-linolenic acid in the treatment of patients with atopic dermatitis. J. of Int. Medical Research 25: 5, 266-274.

BARD J.M., LUC G., JUDE B., BORDET J.C., LACROIX B., BONTE J.P., PARRA H.J., DURIEZ P., 1997. A therapeutic dosage (3g/day) of borage oil supplementation

has no effect on platelet aggregation in healthy volunteers. Fyndam. Clin. Pharmacol. 11, 143-144.

BEAUBAIRE N.A., SIMON J.E., 1987. Production potential of *Borago officinalis* L. Acta Horticulturae, 208: 101-113.

BERTI M., JOUBLAN J.P., SERRI H.Y., GONZÁLEZ M., 1998. Determinación de la fecha de cosecha en el cultivo de borraja (*Borago officinalis* L.). Ciencia e Investigación agraria, 25: 119-126.

CALLAWAY J.C., TENNILA T., PATE D.W., 1996. Occurrence of *omega*-3 stearidonic acid (*cis*-6,9,12,15-octadecatetraenoic acid) in hemp (*Cannabis sativa* L.) seed. J. of the Inter. Hemp Assoc. 3(2): 61-63.

DE HARO A., DEL RÍO M., 1998. Isolation of chemical induced mutants in borage (*Borago officinalis* L.). J. Am. Oil Chemist Soc. 75:2, 281-283.

DEL RÍO M., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ A., DE HARO A., 1993. Wild and cultivated *Borago officinalis* L.: Sources of gamma-linolenic acid. Grasas y aceites, 44: 125-126.

DEL RÍO M., DE HARO A., 1995. Posibilidades medicinales de la borraja (*Borago officinalis* L.). VI Congreso de la SECH. Barcelona 1995. p. 350.

DEFERNE J.L., PATE D.W., 1996. Hemp seed oil: A source of valuable essential fatty acids: J. of the Inter. Hemp Assoc. 3(1): 1, 4-7.

DOMÍNGUEZ V., ARCE P., SANTAMARÍA J., 1990. Diferenciación de diez genotipos de borraja (*Borago officinalis* L.) en una población de dicha especie cultivada. Actas de Horticultura, 8: 313-317.

DUTTA-ROY A.K., CAMPBELL F.M., TAFFESSE S., GORDON M.J., 1996. Transport of long-chain fatty acids across the human placenta: role of fatty acid binding proteins. In: Huang, Y.S., Mills, D.E. (Eds.). Gamma-linolenic acid metabolism and its roles in nutrition and medicine. AOCS Press, Champagne, Illinois, 42-53.

FIELDSEND A.F., 1995. Borage: a crop with future? 1995. Biologist 42(5): 203-207.

GALWEY N.W., SHIRLIN A.J., 1990. Selection of borage (*Borago officinalis*) as a seed crop for pharmaceutical uses. Heredity, 65: 249-257.

GANONG W.F., 1988. Fisiología médica. (11ª edición). Edit. El Manual Moderno, S.A. de C.V. Méjico D.F.

HARVEY R.G., 1997. Borage oil: Theory and potential. Veterinary time 27: 7, 15-16.

HORROBIN D.F., 1983. The regulation of prostaglandin biosynthesis by the manipulation of essential fatty acid metabolism. Rew. Pure appl. Pharmacol. Sci. 4: 339-383.

HORROBIN D.F., 1984. Placebo controlled trials of evening primrose oil. Swedish J. boil. Med., 3, 13-17.

HORROBIN D.F., 1990. Omega-6 essential fatty acids: pathophysiology and roles in clinical medicine. Alan R. Liss, New York, 595 pp.

HORROBIN D.F., 1994. Natural? Safe. Pharm. Tech. Europe 58: 14-15.

HUANG Y.S., MILLS D.E., 1996. Gamma-linolenic acid metabolism and its roles in nutrition and medicine. AOCS Press, Champagne, Illinois, 319 pp.

JAMAL G.A., CARMICHAEL H., WEIR A.I., 1986. Gamma-linolenic acid in diabetic neuropathy. Lancet 1: 1098.

JANICK J., SIMON J.E., QUINN J., BEAUBAIRE N., 1989. Borage: A source or Gamma-linolenic acid. In: L.E. Craker, and J.E. Simon (Eds.). Herbs, Spices, and Medicinal Plants: Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology. Vol. 4, 145-168. Oryx Press, Phoenix.

LAPINSKAS P., 1993. Oils crops for the pharmaceutical industry. In: Shewry, P. and Stobart, K. (eds.) Seeds storage compounds: biosynthesis, interactions and manipulation, pp. 332-342. Oxford University Press.

LAPINSKAS P., 2000. Omega-6 fatty acids- What, why, where and how? A fitter future for fats? Leatherhead Food Research Association, Leatherhead, England.

PALOMBO J.D., DEMICHELE S.J., LIU-JINWEN, BISTRIAN B.R., HUANG-YUNGSHENG., 2000. Comparison of growth and fatty acid metabolism in rats fed diets containing equal levels of GLAfrom high gamma-linolenic acid canola oil or borage oil. Lipids 35: 9, 975-981.

PHINNEY S., 1994. Potential risk of prolonged gamma-linolenic acid use. Ann. Internal Med. 120(8): 692.

RATLEDGE C., 1987. Lipid biotechnology: a wonderland for the microbial physiologist. JAOCS 64(12) 1647-1656.

REDDY A.S., THOMAS T.L., 1996. Expression of a cyanobacterial DELTA6-desaturase gene results in gamma-linolenic acid production in transgenic plants. Nature-Biotechnology. 14:5, 639-642.

SAYANOVA O., SMITH M.A., LAPINSKAS P., STOBART A.K., DOBSON G., CHRISTIE W.W., SHEWRY P.R., NAPIER J.A., 1997. Expression of a borage desaturase cDNA containing an N-terminal cytochrome b5 domain results in the accumulation of high levels or DELTA6-desaturated fatty acids in transgenic tobacco. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 94: 8, 4211-4216.

SIMPSON M.J.A., 1993a. A description and code of development of borage (*Borago officinalis* L.). Ann. Appl. Biol. 123: 187-192.

SIMPSON M.J.A., 1993b. Comparison of swathing and desiccation of borage (*Borago officinalis* L.) and estimation of optimum harvest stage. Ann. Appl. Biol. 123: 105-108.

SINCLAIR H.M., 1990. History of essential fatty acids. In Horrobin, D.F. (Ed.). Omega-6 essential fatty acids: Pathophysiology and roles in clinical medicine. Alan R. Liss, Ney York, 1-20.

SORLINO D., 1998. Uso de siembras continuadas para la caracterización de la etapa siembra-floración de dos poblaciones de *Borago officinalis*, mediante modelos fenológicos. Revista de la facultad de agronomía 18 (1-2): 111-117.

SYED RADMATULLAH M.S.K., SHUKLA V.K.S., MUKHERJEE K.D., 1994. _-linolenic acid concentrates from borage and evening primrose oil fatty acids via lipase-catalised esterification. JAOCS 71(6): 563-567.

TORSELL K.B.G., 1983. Natural products chemistry. A Biogenetic Approach. John Wiley & Sons. New York.

TRAITLER H., WINTER H., RICHLI U., INGENBLEEK Y., 1984. Characterization of gamma-linolenic acid in *Ribes* seed. Lipids 19: 923-928.

VILLA F., ÁLVAREZ J.M., 1999. La borraja, cultivo, fenología y selección para la resistencia a la subida a flor. Gobierno de Aragón, Departamento de agricultura y Medio ambiente. 127 pp.

WHIPKEY A., SIMON J.E., JANICK J., 1988. "In vivo" and "in vitro" lipid acumulation in *Borago officinalis* L. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 111: 798-807.

WOLF R.B., KLEIMAN R., ENGLAND R.E., 1983. New sources of _-linolenic acid. J. Amer. Oil Chem. Soc. 60: 1858-1860.

WRIGHT S., BURTON J.L., 1982. Oral evening-primrose-seed oil improves atopic eczema. Lancet 8308: 1120-1122.

(Aceptado para su publicación el 25 de abril de 2002)

ITEA (2002), Vol. 98V N.° 2, 127-138

USO DE SORBATO DE POTASIO Y DE METIL-PARABENO PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN DE MAÍZ DULCE[1]

G. Polenta[2,]*, C. Lucangeli*, C. Budde*, R. Murray**

* Grupo de Trabajo en Poscosecha y Alimentos EEA San Pedro, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Ruta 9 km 170, CC 43, 2930 San Pedro, Argentina

** Jefe del Grupo de Trabajo en Poscosecha y Alimentos

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de agentes antifúngicos que presentan el "status" GRAS (generalmente reconocidos como seguros) por parte de la FDA (Food and Drug Administration - EEUU) en combinación con bajas temperaturas para prevenir el desarrollo de levaduras y mohos en maíz dulce. Espigas de maíz superdulce Butter Sweet (Genotipo SH 2) fueron tratados con dos conservantes: Metilparabeno (100 y 1.000 ppm) y Sorbato de Potasio (100 y 1.000 ppm), aplicados por aspersión. De cada lote total tratado, las evaluaciones se efectuaron sobre la mitad del mismo a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días de permanencia en cámara a 0 °C y 95% HR y sobre la otra mitad después de dos días de conservados a 10 °C. Las variables utilizadas para evaluar calidad fueron: porcentaje de pérdida de peso (PP), sólidos solubles (SS) y recuento de mohos y levaduras. Tanto la PP porcentual como los SS no presentaron modificaciones sustanciales por efecto de los tratamientos, donde la PP porcentual aumentó significativamente en el tiempo de almacenamiento, mientras que los SS disminuyeron progresivamente con valores más acentuados durante la conservación a 10 °C. En este trabajo se destaca cómo la combinación de distintos factores puede ser usada para prevenir el desarrollo de microorganismos, donde los maíces conservados a 0 °C y tratados con 1.000 ppm de metilparabeno y, en menor magnitud, los tratados con 1.000 ppm de sorbato de potasio, mostraron un mejor aspecto visual luego de 5 semanas de conservación.

Palabras clave: *GRAS, Inocuidad, Conservantes, Refrigeración.*

SUMMARY

USE OF POTASIUM SORBATE AND METHYLPARABENE TO IMPROVE THE STORAGE OF SWEET CORN

This research was carried out with the aim to determine the effect of preservatives presenting GRAS status according to FDA (Food and Drug Administration - USA), in combination with low temperatures, to prevent the development of microorganism in sweet corn. Ears of sweet corn Butter Sweet (SH2 Genotype) were treated with two pre-

1. Financiado por INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA - Argentina). Proyecto Joven. 1997.

2. Autor para correspondencia: e-mail gpolenta@correo.inta.gov.ar ó esanpedro@correo.inta.gov.ar

servatives: Methylparabene (100 and 1.000 ppm), and Potasium Sorbate (100 and 1.000 ppm) applied by aspersion. Of the total lot corresponding to each treatment, evaluations were performed on half of the lot after 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage at 0 °C and 95% HR, and on the other half after two days of storage at 10 °C (following withdrawal) to simulate commercial conditions. Variables measured were Weight Loss (WL), Total Soluble Solids (TSS), and molds and yeasts counts. No significant differences were found in WL and TSS among treatments, where WL increased and TSS decreased during storage, being this decrement more notorious after storage at 10 °C. This work stresses the importance of combining different factors to prevent the development of microorganisms, as showed by sweet corns stored at 0 °C, and treated with 1.000 ppm of Methylparabene and, to a lesser extent, with 1.000 ppm of Potasium Sorbate.

Key words: *GRAS, Safety, Preservatives, Refrigeration.*

Introducción

El maíz dulce (ZEA MAYS L. VAR. SACCHARATA) es una variedad utilizada exclusivamente para el consumo humano. La espiga del maíz dulce es un órgano que respira y transpira mientras cumple con las distintas etapas de su ciclo vital. Por el hecho de ser metabólicamente activa y, considerando que en la cosecha el producto es removido de su fuente de nutrientes, el metabolismo se va a producir a expensas de sus propias reservas, resultando en el deterioro y pérdida de terneza y sabor dulce (KADER, 1986).

La tasa de respiración del maíz dulce inmaduro es una de las más elevadas de todas las frutas y hortalizas, el requerimiento de refrigeración es indispensable durante su almacenamiento y transporte, permitiendo prolongar la vida comercial del producto (SALUNKHE y DESAI, 1984). Por este motivo, numerosos trabajos coinciden en que si el maíz debe ser almacenado por unos días antes de su consumo, es indispensable enfriarlos a la mayor brevedad a 0 °C. El tiempo de enfriado es crítico ya que la sacarosa, responsable principal del sabor dulce y por consiguiente de la calidad de esta hortaliza, se transforma rápidamente en almidón y la calidad del producto se pierde (RISSE y MACDONALD, 1990; SPALDING *et al.*, 1978).

El contenido de azúcar decrece rápido a temperaturas ordinarias, siendo la pérdida de azúcar cuatro veces más rápido a 10 °C que a 0 °C , duplicándose la tasa de pérdida cada 10 °C de elevación de la temperatura hasta una temperatura de 30 °C (SALUNKHE y DESAI, 1984).

El uso de atmósferas modificadas representa una alternativa tecnológica para aumentar la vida de almacenamiento. RISSE y MACDONALD (1990) encontraron que la envoltura de las espigas con dos tipos de película plástica (copolimérica orientada biaxialmenta termocontraíble de 0,015 mm de espesor; y de PVC de 0,015 mm de espesor con 16 microperforaciones por embalaje) mantuvo mejor la frescura de los maíces durante el almacenamiento por 21 días, pero aceleró también el desarrollo microbiano.

Según ICMSF (1982), las levaduras y mohos pocas veces determinan problemas en alimentos con alto contenido de humedad, sin embargo, pueden ocasionar problemas en frutas, vegetales y jugos. Esta comisión recomienda añadir conservadores químicos para eliminar o reducir tales problemas.

Según WILEY (1997) diversos compuestos químicos naturales y sintéticos como ácido cítrico, ácido benzoico, ácido acético, ácido propiónico y sus sales y ácido tartárico se han utilizado en el control de la alteración y el mantenimiento de la calidad de hortalizas. Los agentes antimicrobianos en general, pueden producir diversos tipos de efectos (sinergismo, aditividad, antagonismo) cuando se utilizan en combinación ya sea con otro agente o con otro tipo de factor retardante del desarrollo de microorganismo (calor, actividad de agua, pH, temperaturas de refrigeración).

La combinación de métodos de conservación para mejorar la vida útil de un producto alimenticio deben comprobarse experimentalmente antes de su aplicación comercial. El concepto de "obstáculos" es un interesante intento de prevenir el crecimiento de microorganismos en los alimentos (SCOTT, 1989). Este autor sugiere que, desde el punto de vista de la calidad, para la conservación de un alimento, es mas provechoso usar combinaciones adecuadas de factores aplicados cada uno de forma subinhibitoria. Según WILEY 1997), los ácidos orgánicos pueden encontrarse de forma natural en frutas y hortalizas.

La efectividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos parece estar en primer lugar relacionada con la constante de disociación del ácido. Estos compuestos se utilizan en alimentos tales como requesón, productos de panadería, bebidas, jarabes, zumos, vinos, gelatinas, mermeladas, ensaladas, encurtidos, margarina y embutidos secos o semisecos. El ácido sórbico es un ácido monocarboxílico que se utiliza tanto en forma de ácido como en forma de sal potásica en la conservación de alimentos. El uso de los parabenes metilparaben, propilparaben y heptilparaben en productos alimenticios están permitidos en los EEUU, mientras que el butil y el etilparaben están permitidos en otros países. Tanto el metil como el propilparabeno son compuestos reconocidos como seguros (GRAS) con la numeración 21 CFR 184.1490 y 21 CFR 184.1670 respectivamente y el nivel de utilización combinado está limitado al 0,1% (ANON, 1992). El desarrollo de mohos y levaduras es, de acuerdo a experiencias anteriores, uno de los principales problemas que aparecen durante la frigoconservación de este vegetal.

El propósito de este trabajo fue estudiar el uso de agentes antifúngicos en maíz dulce, con el fin de atenuar el desarrollo de mohos y levaduras y poder aumentar la vida útil del producto.

Materiales y metodos

El ensayo fue realizado con espigas de maíz Superdulce Butter Sweet (Genotipo Sh2), cultivadas en la Estación Experimental de San Pedro (INTA). Este maíz es un híbrido superdulce amarillo de media estación, con alto rendimiento y es ideal para bandeja y para transporte a larga distancia.

Los maíces fueron cosechados e inmediatamente colocados en cámara a 0 ± 0,5 °C hasta el momento de aplicación de los tratamientos, la cual se realizó a 10 °C. Para la aplicación de los tratamientos, las espigas se seleccionaron por tamaño y aspecto fresco e inmediatamente se procedió al acondicionamiento de las mismas, que consistió en la eliminación de las 4 chalas superficiales y el corte de la barba y pedúnculo. Posteriormente se procedió a la aplicación de los tratamientos asperjándose con un rociador sobre toda la espiga las soluciones con los antifúngicos hasta el momento en el cual las espigas comenzaban a gotear (aproximadamente 5 ml). Luego de 20 minutos de per-

manencia a 10 °C con el objeto de que se produzca el secado de la superficie, las espigas fueron llevadas a la cámara de conservación (0 °C, 95% HR).

- Tratamientos
  - Control (asperjado con agua destilada)
  - Metilparabeno 100 ppm pH 6,0
  - Metilparabeno 1.000 ppm pH 6,0
  - Sorbato de Potásio 100 ppm pH 5,5
  - Sorbato de Potásio 1.000 ppm pH 5,5

Los análisis se efectuaron por quintuplicado (5 espigas por momento de evaluación), sobre la mitad del lote a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días de permanencia en cámara a 0 °C y 95% HR, y sobre la otra mitad después de 2 días de conservados a 10 °C para simular condiciones de comercialización.

Las variables analizadas fueron las siguientes:

• *Porcentaje de pérdida de peso (PP%)*: se calculó sobre cada espiga mediante la fórmula: PP% = [Peso Inicial (PI) - Peso Actual (PA)] x 100 / Peso Inicial (PI); determinándose el peso con una balanza de precisión al comienzo de la experiencia y el día de la evaluación.

• *Sólidos solubles*: muestras de 5 granos tomados al azar de la parte central de la espiga se maceraron en un tubo Eppendorf de 2 ml y el homogeneizado se centrifugó a 13.000 rpm por 20 segundos. Alícuotas de aproximadamente 0.5 ml del sobrenadante se colocaron en un refractómetro de mano ATAGO, expresándose el resultado en grados Brix.

• *Recuento de mohos y levaduras*: el muestreo fue realizado por la técnica de arrastre con hisopos de algodón ("swab") sobre la superficie de la base del maíz. El hisopo fue posteriormente sumergido y escurrido en 3 ml de solución de peptona 0,1% realizándose luego diluciones decimales de esta solución. De cada dilución fueron sembradas 3 placas de Petri con agar Cloranfenicol Glucosa Extracto de levadura siendo el volumen de siembra de 0,1 ml. Los recuentos fueron realizados luego de incubar las placas durante 5 días a 25 ± 1 °C.

• *Análisis estadístico*: El diseño estadístico correspondió a un experimento factorial de 5 x 6 con cinco repeticiones; siendo 5 los niveles del factor tratamiento (Control, Sorbato 100, Sorbato 1.000, Parabeno 100 y Parabeno 1.000) y 6 los momentos de evaluación (0, 1, 2, 3, 4 y 5 semanas). Los resultados se analizaron con el programa estadístico SAS, utilizando el procedimiento GLM para el análisis de variancia y separación de medias. La separación de medias se efectuó por el test LSD con un nivel de significancia del 5%.

Resultados y discusión

Pérdida de Peso

El análisis de pérdida de peso fue realizado para determinar el comportamiento de esta variable en tiempos prolongados, dado que el período de conservación del maíz dulce reportado por la literatura oscila entre dos y tres semanas (KADER, 1992). En el presente trabajo el tiempo de ensayo se extendió a 5 semanas con el objeto de evaluar el efecto de los tratamientos antifúngicos mas allá del período de conservación normal del producto y en condiciones que, si bien se apartan de la óptimas sugeridas por la literatura (por ejemplo usando envolturas plásticas que eviten la pérdida excesiva de humedad), favorecen el desarrollo de mohos dado que estos microorganismos son aerobios estrictos.

La figura 1, muestra la pérdida de peso porcentual en función del tiempo de almacenamiento a 0 °C. Se observó que el porcentaje de pérdida de peso aumentó significativamente ($\mu = 0,05$) con el transcurso del tiempo para todos los tratamientos, hasta llegar a valores comprendidos entre 6,7% y 10,9% en la última semana de evaluación. Estos valores de pérdida de peso fueron considerablemente superiores a los reportados por LESCANO y NARVAIZ (1992) quienes observaron pérdidas de peso porcentuales inferiores al 2% luego de 30 de almacenamiento. Esta gran diferencia sería debida a que estos autores usaron, para el embalaje del producto, filmes de baja permeabilidad al agua, a diferencia del presente trabajo en donde se buscó favorecer el desarrollo de mohos y por lo tanto las espigas fueron expuestas directamente al ambiente de conservación (HR = 95%). El control de la pérdida de peso es de gran importancia para una adecuada conservación del producto ya que, según SIMS *et al.* (1971), una pérdida de humedad mayor al 2% en maíz dulce puede resultar en un deterioro considerable de la calidad. Se destaca por lo tanto que, siendo el objetivo principal de este trabajo la prevención del desarrollo fúngico, sería necesario además para una óptima conservación del producto la adopción de alguna tecnología que evite la pérdida excesiva de humedad, la cual llegó en el presente trabajo a valores que harían al producto no apto para su comercialización.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($\mu = 0,05$) entre los tratamientos, los resultados muestran que tanto los maíces tratados con Sorbato o Parabeno no sufrieron una mayor pérdida de peso en relación al tratamiento control para los diferentes momentos de evaluación. Los maíces tratados con Parabeno (100 ppm ó 1.000 ppm) o Sorbato (1.000 ppm) aumentaron en forma continua los valores de pérdida de peso a lo largo del almacenamiento.

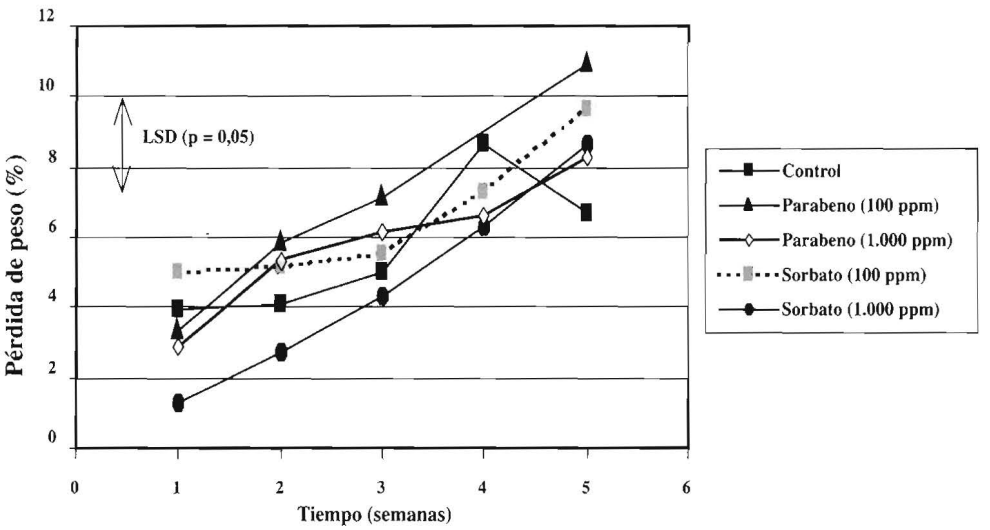


Figura 1. Pérdida de peso (%) de los maíces conservados a 0 °C para los distintos tratamientos.
Figure 1. Weight losses (%) of ears of sweet corns stored at 0 °C for the several treatments.

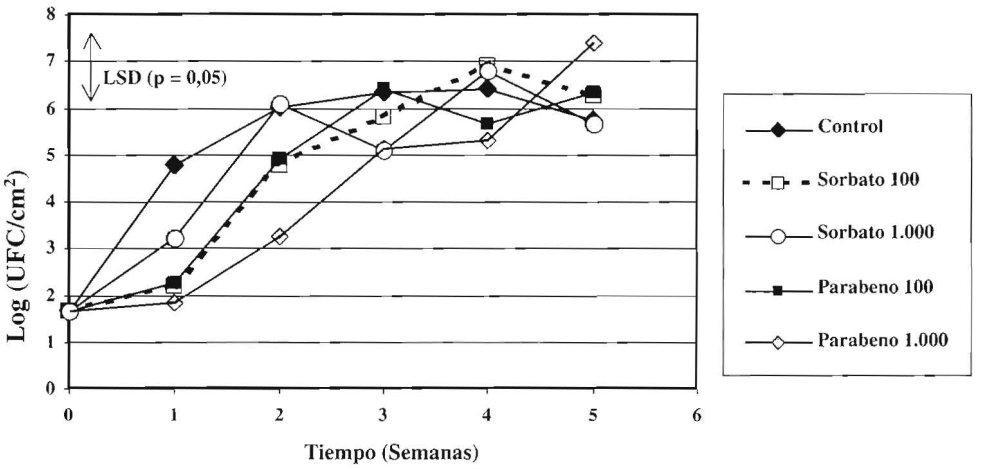


Figura 2. Recuento de mohos y levaduras [log (UFC/cm^2)] en la base del pedúnculo de los maíces conservados a 0 °C.

Figure 2. Yeasts and molds counts [log (UFC/cm^2)] at the base of the peduncle of sweet corns stored at 0 °C.

Sólidos Solubles

Según WINTER *et al.* (1955), el sabor del maíz dulce está estrechamente relacionado con el contenido de azúcar, siendo por lo tanto de gran importancia el rápido enfriamiento del producto luego de cosechado ya que el 50% del total de azúcar se pierde dentro de las primeras 25 horas si el mismo permanece a una temperatura de 25 °C.

Los valores de sólidos solubles totales reportados por la literatura oscilan entre 12 y 20 grados Brix (RISSE y MCDONALD, 1990; SALUNKHE y DESAI, 1984). Durante la frigoconservación a 0 °C, para los diferentes tratamientos, los sólidos solubles totales disminuyeron progresivamente cayendo aproximadamente 4 grados Brix hasta valores comprendidos entre 11,3 y 11,7 en la última semana de evaluación, resultando significativamente inferior (μ = 0,05) a los maíces evaluados al inicio de la experiencia en donde presentaban un valor promedio de 15,1 (cuadro 1). Esta disminución fue levemente superior a la observada por RISSE y MCDONALD (1990) quienes luego de tres semanas de conservación a 1 °C observaron una caída de los SST de aproximadamente 2 grados Brix, desde un valor inicial de 16,3 a un valor de 14,5. Una disminución más acentuada, con valores comprendidos entre 9,7 y 10,6, se observó durante la conservación a 10 °C por 48 hs (cuadro 2). Esta observación coincide con los resultados de RISSE y MCDONALD (1990) quienes reportaron una caída de 47% de los grados Brix luego de 14 días de conservación 1 °C más un período de 48 hs a 10 °C. Si bien entre los tratamientos se encontraron diferencias estadísticamente significativas (μ = 0,05), las mismas no serían importantes desde el punto de vista de la calidad sensorial.

Cuadro 1. Contenido de sólidos solubles totales (grados Brix) promedio para los diferentes tratamientos en las diferentes semanas de almacenamiento a 0 °C

Table 1. Means of total soluble solids (Brix degrees) for the several treatments, after different times of storage (expressed in weeks) at 0 °C

	Control	Parab. 100	Parab.1.000	Sorb. 100	Sorb. 1.000
sem. 0	15,3 Aa	15,3 Aa	15,3 Aa	15,3 Aa	15,3 Aa
sem. 1	11,1 BCb	12,3 Bab	13,1 Ba	13,1 Ba	13,8 Ba
sem. 2	12,6 Ba	12,3 Bab	12,6 BCa	12,3 Bab	11,5 Db
sem. 3	12,2 Ba	12,1 Ba	12,2 BCDa	11,7 BCa	13 Ca
sem. 4	9,7 Cb	11,1 Bab	11,3 Dab	11,9 BCa	11,6 Dab
sem. 5	1,5 BCa	11,4 Ba	11,4 CDa	11,7 Ca	11,3 Da

Los promedios correspondientes a un mismo tratamiento para las diferentes fechas de evaluación seguidos de una misma letra mayúscula, no difieren significativamente al 5%.
Los promedios correspodientes a una misma fecha de evalución para los diferentes tratamientos seguidos de una misma letra minúscula, no difieren significativamente al 5%.
Means corresponding to the same treatment, for the different times of evaluation (weeks) followed by the same capital letter, are not significantly different (p = 0.05).
Means corresponding to the same time of evaluation (weeks), for the different treatments, followed by the same lwer case letter, are not significantly different (p = 0.05).

Cuadro 2. Contenido de sólidos solubles totales (grados Brix) promedio para los diferentes tratamientos en las diferentes semanas de almacenamiento a 0 °C y posterior traslado a cámara a 10 °C

Table 2. Means of total soluble solids (Brix degrees) for the several treatments, after different times of storage (expressed in weeks) at 0 °C, after two days of storage at 10 °C (following withdrawal) to simulate commercial conditions

	Control	Parab. 100	Parab.1.000	Sorb. 100	Sorb. 1.000
sem. 0	15,1 Aa	15,1 Aa	15,1 Aa	15,1 Aa	15,1 Aa
sem. 1	10,7 Cb	10,3 Db	12,1 Ba	11,0 Cab	11,3 BCab
sem. 2	12,3 Ba	12,4 Ba	10,7 CDb	13,0 Ba	12,7 Ba
sem. 3	11,1 Cbc	11,5 Cb	10,5 CDc	11,3 Cbc	12,3 Ba
sem. 4	11,7 Ca	11,1 CDa	11,5 Da	11,3 Ca	12,0 Ba
sem. 5	10,6 BCab	10,6 CDb	9,7 BCab	10,7 Cab	10,0 Ca

Los promedios correspondientes a un mismo tratamiento para las diferentes fechas de evaluación seguidos de una misma letra mayúscula, no difieren significativamente al 5%.
Los promedios correspodientes a una misma fecha de evalución para los diferentes tratamientos seguidos de una misma letra minúscula, no difieren significativamente al 5%.
Means corresponding to the same treatment, for the different times of evaluation (weeks) followed by the same capital letter, are not significantly different (p = 0.05).
Means corresponding to the same time of evaluation (weeks), for the different treatments, followed by the same lwer case letter, are not significantly different (p = 0.05).

Recuento de mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras aumento en el transcurso del tiempo desde un valor de 1,65 log (UFC/cm^2) hasta valores comprendidos entre 5,68 y 7,41 log (UFC/cm^2) a las 5 semanas de almacenamiento a 0 °C. Debe ser destacado que en la técnica de recuento, los microorganismos fueron recuperados de la base del maíz cortado (lugar en el cual más está favorecido el desarrollo de mohos y levaduras de acuerdo a experiencias anteriores) mediante la frotación con un hisopo de algodón (técnica de "swab"). Esto hace que en el recuento total, tenga mayor influencia el numero de levaduras que el de mohos (datos correspondientes a observaciones pero no cuantificados), ya que las mismas son organismos unicelulares y mas fácilmente extraíbles mediante frotación. En un trabajo realizado con el fin de evaluar la aplicación de radiaciones ionizantes para prolongar la vida de almacenamiento de maíz dulce, LESCANO y NARVAIZ (1992) utilizaron una metodología consistente en lavar las espigas con agua peptonada y realizar los recuentos sobre este líquido de lavado. Sería de esperar que el método usado por estos autores tenga aún una menor recuperación de mohos y levaduras y de haberse usado, hubiera exacerbado más aún el problema encontrado en la presente investigación. De acuerdo con la literatura (ICMSF, 1982), desde el punto de vista de la inocuidad del alimento, tiene mayor relevancia el desarrollo de mohos ya que existen cepas capaces, bajo ciertas condiciones, de producir micotoxinas (metabolitos tóxicos cuya ingestión repetida, aunque sea en pequeñas dosis, puede ser causa de graves enfermedades hepáticas, renales, del aparato circulatorio y de los órganos hematopoyéticos). Como puede observarse en la figura 3, en el trata-

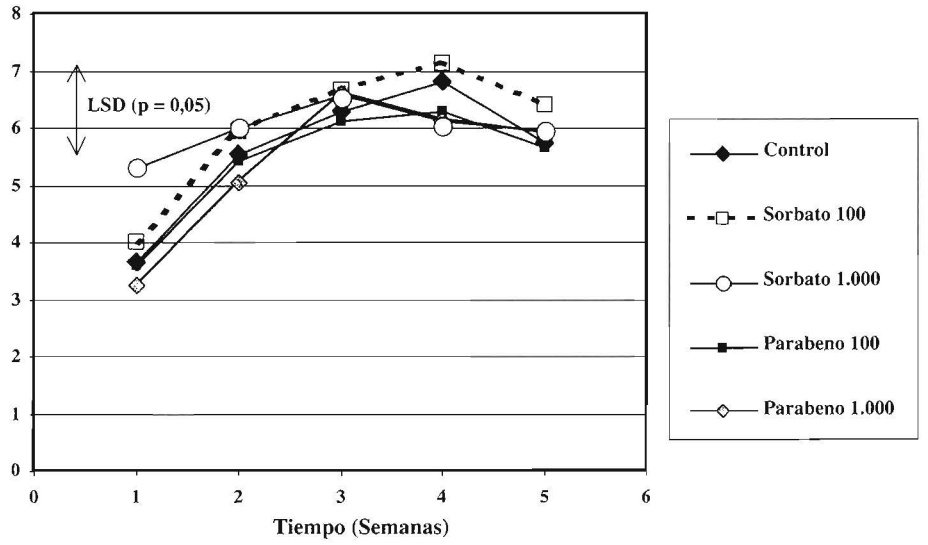


Figura 3. Recuento de mohos y levaduras [log (UFC/cm^2)] en la base del pedúnculo de los maíces conservados a 0 °C de traspasarlos a una cámara a 10 °C.

Figure 3. Yeasts and molds counts [log (UFC/cm^2)] at the base of the peduncle of sweet corns stored at 0 °C after two days of storage at 10° C (following withdrawal) to simulate commercial conditions.

miento control el aumento es muy notorio en la primera semana; en comparación con los otros tratamientos en donde se observa un período de adaptación a las condiciones impuestas por estos tratamientos (fase de latencia). Cuanto mayor sea esta fase de latencia, mejor será también la posibilidad de conservar el producto por más tiempo por lo que, desde este punto de vista, el tratamiento parabeno 1.000 resulta ser el mas efectivo. Este efecto de latencia fue observado también por LESCANO y NARVAIZ (1992), quienes encontraron que durante los primeros días de almacenamiento la flora de espigas de maíz control tuvo una menor tasa de crecimiento en relación a espigas que habían sido tratadas con dos dosis distintas de radiaciones ionizantes (0,5 kGy y 1,2 kGy). Durante las semanas siguientes, aumenta el número total de microorganismos recuperados hasta un punto en el cual el número se mantiene constante o, inclusive, desciende (ver tratamiento control). Este descenso puede interpretarse como un aumento del crecimiento de mohos que provoca la inhibición del desarrollo de levaduras y, de acuerdo a lo ya explicado, el recuento total disminuye. Este efecto se observa mejor aún en los recuentos realizados luego del almacenamiento a 10 °C durante 48 hs.

Teniendo en cuenta lo explicado, el mejor tratamiento resulta ser el parabeno 1.000 ya que inhíbe mas selectivamente el desarrollo de mohos a 0 °C, por lo cual, si bien se observa un aumento continuo en el número total de microorganismos, este número estaría representado mayoritariamente por levaduras y el producto presentaría mejores características de inocuidad. Esto puede ser corroborado observando las fotografías de los maíces luego de 5 semanas de almacenamiento a 0 °C (figuras 4, 5, 6, 7 y 8).

Como puede apreciarse en la figura 8, el sorbato de potasio también fue efectivo

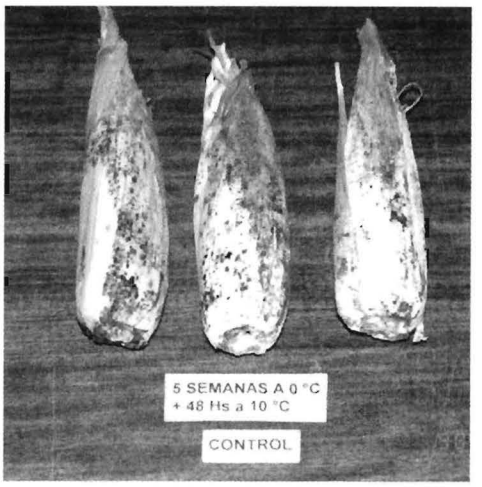


Figura 4. Maíz dulce después de 5 semanas de conservación a 0 °C + 48 hs a 10 °C, para el trat. control.

Figure 4. Sweet corn ears after 5 weeks of storage at 0 °C + 48 hs at 10 °C, for control treatment.

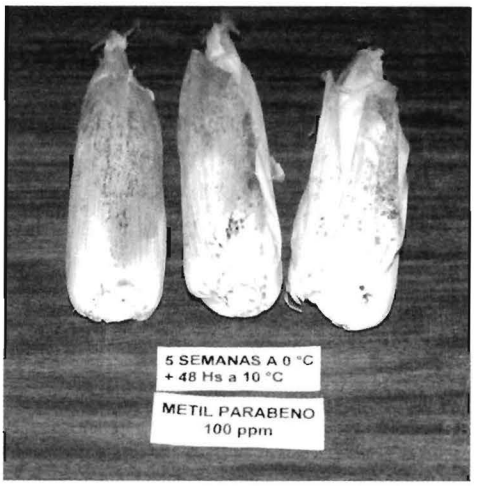


Figura 5. Maíz dulce después de 5 semanas de conservación a 0 °C + 48 hs a 10 °C, para el trat. con M. Parabeno 100 ppm.

Figure 5. Sweet corn ears after 5 weeks of storage at 0 °C + 48 hs at 10 °C, for methyl parabene 100 ppm treatment.

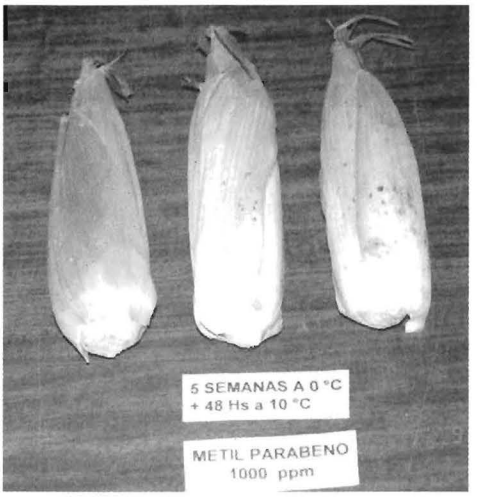


Figura 6. Maíz dulce después de 5 semanas de conservación a 0 °C + 48 hs a 10 °C, para el trat. con M. Parabeno, 1.000 ppm.
Figure 6. Sweet corn ears after 5 weeks of storage at 0 °C + 48 hs at 10 °C, for methyl parabene 1,000 ppm treatment.



Figura 8. Maíz dulce después de 5 semanas de conservación a 0 °C + 48 hs a 10 °C, para el trat. con Sorbato, 1.000 ppm.
Figure 8. Sweet corn ears after 5 weeks of storage at 0 °C + 48 hs at 10 °C, for sorbate 1,000 ppm.

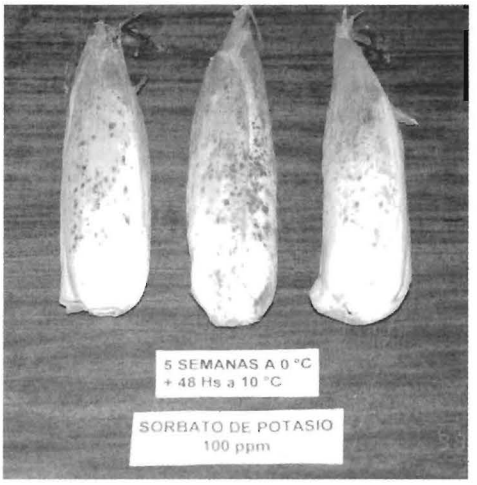


Figura 7. Maíz dulce después de 5 semanas de conservación a 0 °C + 48 hs a 10 °C, para el trat. con Sorbato, 100 ppm.
Figure 7. Sweet corn ears after 5 weeks of storage at 0 °C + 48 hs at 10 °C, for sorbate 100 ppm treatment.

cuando se lo aplicó a una concentración de 1.000 ppm. Según WILEY (1997) el sorbato es una molécula sin disociar que tiene propiedades antimicrobianas. Los límites superiores del pH de los sorbatos más eficaces como agentes antimicrobianos es alrededor de 6,0 - 6,5 mientras que para los propionatos y benzoatos son de 5,0 - 5,5 y de 4,0 - 4,5 respectivamente. Por este motivo, el pH de la solución fue bajado a un valor de 5,5 para conseguir una mayor efectividad. El efecto inhibitorio del sorbato de potasio fue comprobado también por NELSON *et al.*, (1981) quienes usando este compuesto en combinación con bencimidazoles, lograron disminuir en un 65% el decaimiento de limones debido a cepas de *Penicillium digitatum* resistentes a bencimidazoles.

El efecto inhibitorio del sorbato fue también observado por ROBINSON y HILLS (1959),

quienes trabajando con rodajas de melocotón, encontraron que el sorbato fue efectivo para prolongar la vida útil, obteniendo mejores resultados cuando la temperatura de almacenamiento fue de 10 °C en relación a una temperatura de almacenamiento de 22,8 °C. Además, aunque el "flavor" de este producto fue considerado como bueno, se mejoraba cuando se almacenaba a temperaturas de refrigeración. Este efecto potenciador de la baja temperatura sobre la capacidad inhibitoria de los tratamientos químicos fue también observada en el presente trabajo. RESTAINO *et al.* (1982), estudiaron los efectos antimicrobianos sinergistas entre el sorbato de potasio y distintos ácidos orgánicos, encontrando que especialmente el cítrico y el láctico potencian la acción antimicrobiana del mismo, ya que, cuando se retira uno de estos factores (temperatura) el efecto del tratamiento químico es menos efectivo.

En relación a los valores de recuentos obtenidos, LESCANO y NARVAIZ (1992) encontraron en espigas de maíz sin tratar conservadas a 3 °C y 94% de HR, valores iniciales de 5 log (UFC/g) de producto y valores máximos algo inferiores a 8 log (UFC/g) con una leve caída de la curva entre el día 25 y el día 30 de conservación (última evaluación).

Conclusiones

La mejor conservación del producto es lograda mediante el efecto combinado de las bajas temperaturas (0 °C) y de un tratamiento químico (parabeno o sorbato).

El mejor tratamiento para la conservación de los maíces a 0 °C fue el metil parabeno asperjado a una concentración de 1.000 ppm, seguido de acuerdo al aspecto visual, por el tratamiento con sorbato a una concentración de 1.000 ppm, no observándose por efecto de los mismos modificaciones substanciales en relación al control de acuerdo con los resultados de las determinaciones físico-químicas realizadas.

Bibliografía

ANON 1992. *Code of Food Regulations*, Food and Drugs 21 Parts 170-199. Office of the Federal Register National Archives and Records Administration.

KADER A.A., 1986. Biochemical and Physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40: 99-104.

KADER A.A., 1992. Postharvest technology of horticultural crops. 2nd Ed. *University of California*. Publication 3311. 296 pp.

ICMSF (International Comission on Microbiological Specifications for Foods), 1982. Microorganismos de los alimentos. Volumen I: técnicas de laboratorio. 2da Edición. *Editorial Acribia*. Zaragoza. 431 pp.

LESCANO G., NARVAIZ P., 1992. Prolongación del tiempo de conservación de choclo amarillo dulce por irradiación. *La Alimentación Latinoamericana*. N° 192: 58-65.

NELSON P., WHEELER R., MCDONALD P., 1981. Potassium sorbate in combination with benzimidazoles reduces resistant Penicillium digitatum decay in citrus. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. Vol 2: 820-823.

RESTAINO L., KOMATSU K., SYRACUSE M., 1982. Effects of acids on potasium sorbate inhibition of food related microorganisms in culture media. *J. Food Sci.* 47: 134-138, 143.

RISSE L.A., MACDONALD R.E., 1990. Quality of supersweet corn film-overwrapped in trays. *HortScience* 25: 322-324.

ROBINSON J., HILLS C., 1959. Preservation of fruit product by sodium sorbate and mild heat. *Food Technol.* 13: 251-253.

SALUNKHE D., DESAI B., 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. *CRC Press*. 194 pp.

SIMS W., KASMIRE R., LORENZ O., 1971. Quality of sweet corn production. *Calif. Agr. Expt. Sta. Serv.* Circ. 557.

SCOTT V.N., 1989. Interaction of factors to control microbial spoilage of refrigerated foods. *J. Food Prot.* 52: 431-435.

SPALDING D.H., DAVIS P.L. REEDER W.F., 1978. Quality of sweet corn stored in controlled atmospheres or under low pressure. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 592-595.

WILEY R., 1997. Métodos de conservación de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. En: Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. *Editorial Acribia*. Pp. 65-129.

WINTER J., NYLUND R., LEGUN A., 1955. Relation of sugar content to flavor of sweet corn after harvest. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 65: 393-395.

(Aceptado para su publicación el 25 de junio de 2002)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2002 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) acordó en Asamblea General celebrada en mayo de 1983, instaurar un premio anual de Prensa Agraria, con el objetivo de hacer destacar aquel artículo de los publicados en ITEA que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo, y que refleje a juicio del jurado, el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario.

El día 9 de abril de 1987, la Junta Directiva de AIDA aceptando la propuesta del Jurado del Premio ITEA 1986 instituyó dos premios; uno para los artículos publicados en la sección de Producción Animal y otro para aquellos que aparezcan en la sección de Producción Vegetal.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2002. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 300 € cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

CIHEAM

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2001-02-03

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	BIOINFORMÁTICA: UTILIZACIÓN DE BASES DE DATOS GENÉTICOS EN MEJORA VEGETAL	17-21 Sep. 01	Zaragoza	IAMZ
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	25 Sep. 01/ 16 Mayo 02	Córdoba	UCO/CAP-JA/ CSIC/INIA/COI/IAMZ
	VIVEROS Y PRODUCCIÓN DE PLANTA FORESTAL PARA CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	19-30 Nov. 01	Guadalajara	IAMZ/MIMAM-CNMF
	SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN EN AGRONOMÍA: MODELIZACIÓN	14-25 Ene. 02	Zaragoza	IAMZ
	AGRICULTURA DE REGADÍO SOSTENIBLE: GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE ZONAS SEMIÁRIDAS	11-22 Mar. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	ELECCIÓN DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE SECANO MEDITERRÁNEAS. CRITERIOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS	6-17 Abr. 02	Argel	IAMZ/ITGC/ ICARDA
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	10-14 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/OCDE
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
PRODUCCIÓN ANIMAL	*PRODUCCIÓN ANIMAL	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DEL DROMEDARIO	4-15 Mar. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	PRODUCCIÓN DE MOLUSCOS EN PAÍSES MEDITERRÁNEOS	27-31 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ/FAO
	*ACUICULTURA	7 Oct. 02/ 4 Abr. 03	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/ IAMZ
	BRUCELOSIS	16-20 Sep. 02	Pamplona	IAMZ/Univ. Navarra/ FAO/OIE/ OMS-MZCP
	TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL: SISTEMAS Y TÉCNICAS	4-8 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE OVINOS Y CAPRINOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	9-20 Dic. 02	Túnez	IAMZ/INRAT
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJOS	13-24 Ene. 03	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	24-28 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE OVINO DE LECHE	7-11 Abr. 03	Valdepeñas/Ciudad Real	IAMZ/JCCM/ UCLM
	OPTIMIZACIÓN DEL USO DE VACUNAS Y MEDICAMENTOS EN ACUICULTURA MEDITERRÁNEA	12-16 Mayo 03	Izmir	IAMZ/FAO/ MARA
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	26-30 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

(*) **Cursos de Especialización Postuniversitaria** del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 02-03; 04-05; 06-07
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 01-02; 03-04; 05-06
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 01-02; 03-04; 05-06
- ACUICULTURA: 02-03; 04-05; 06-07
- ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 02-03; 04-05; 06-07
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 01-02; 03-04; 05-06

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	INCENDIOS FORESTALES: INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN	15-26 Oct. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO/ MIMAM-DGCN
	GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS PISCÍCOLAS EN AGUAS CONTINENTALES DE LOS PAÍSES MEDITERRÁNEOS	12-16 Nov. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO
	FUENTES ALTERNATIVAS DE AGUA PARA REGADÍO: CONDICIONANTES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES	10-14 Dic. 01	Zaragoza	IAMZ
	LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	19-23 Ene. 02	El Cairo	IAMZ/ARC-CLAC
	MEJORA DE HÁBITATS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS CINEGÉTICOS	18-23 Feb. 02	Zaragoza	IAMZ
	ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LOS RÍOS MEDITERRÁNEOS Y HERRAMIENTAS PARA SU GESTIÓN	8-19 Abr. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	GESTIÓN, RESTAURACIÓN Y APLICACIONES DE LOS HUMEDALES	13-24 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ
	*ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
	DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LAS REGIONES AGRÍCOLAS MEDITERRÁNEAS: IMPACTO Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN	21 Oct./1 Nov. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II/ AECI
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	3-14 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA PESCA ARTESANAL EN EL MEDITERRÁNEO	9-13 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ/FAO-COPEMED
COMERCIALIZACIÓN	*MARKETING AGROALIMENTARIO	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	14-18 Oct. 02	Rabat	COI/IAMZ/ MADREF
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL MARKETING INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	18-22 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ/OMC
	TRAZABILIDAD Y ETIQUETADO: RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS	17-21 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO: NORMATIVAS, DENOMINACIONES Y GESTIÓN	24-28 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	INNOVACIONES EN TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADOS AGROALIMENTARIOS	5-9 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal, Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2002. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y Elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2003. El plazo de inscripción para los cursos de Producción Animal y Marketing Agroalimentario finaliza el 15 de Mayo 2003.

Los **cursos de corta duración** están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de inscripción pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)

Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org

www.iamz.ciheam.org

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA. Aptdo. 727. 50080 Zaragoza.

El abajo firmante solicita su inscripción como miembro de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Apellidos ..... Nombre .....

Dirección postal .....

Teléfono .....

Profesión..... Empresa de trabajo .....

Área en que desarrolla su actividad profesional .....

CUOTA ANUAL: Firma.

❑ Sólo una Serie de ITEA { ❑ P. Animal / ❑ P. Vegetal } 27 €

❑ Ambas Series 36 €

FORMA DE PAGO:

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta
❑ Cheque bancario
❑ Cargo a tarjeta
❑ VISA
❑ MASTERCARD

Tarjeta número:

□□ □□□□□□□□□□□□□□

Fecha de caducidad: ..... / .....

SR. DIRECTOR DE .....

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.° ..... que matengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la "Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario".

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS: .....

SUCURSAL: .....

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: ..... N.° .....

CÓDIGO POSTAL: .....

POBLACIÓN: .....

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Tipo de artículos que pueden ser enviados para su consideración al Comité de Redacción: se admite todo aquel que contribuya al intercambio de información profesional y trate de los más recientes avances que existan en las distintas actividades agrarias.

Una *información para autores* más detallada puede ser solicitada al Comité de Redacción. Rogamos sea leída detenidamente, prestando atención especial a los siguientes puntos:

CONDICIONES GENERALES

Los artículos, en castellano, serán enviados por triplicado a:
Sr. Director de la Revista ITEA - Apartado 727 - 50080 ZARAGOZA

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

La extensión máxima será de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, cuadros y figuras incluidos. Los artículos que superen dicha extensión serán considerados sólo excepcionalmente.

Los artículos se remitirán a dos evaluadores anónimos expertos en el tema y el autor recibirá un informe del Comité de Redacción con las correcciones de dichos evaluadores. Una vez realizadas las correcciones, el autor enviará un sólo ejemplar mecanografiado y una copia en disquete, para agilizar el trabajo en imprenta. Si el Comité de Redacción considera que se han atendido las consideraciones del informe, enviará una carta de aceptación al remitente, y el artículo pasará de inmediato a imprenta.

Los autores recibirán un juego de las primeras pruebas de impresión que deberán ser revisadas y devueltas rápidamente a la Redacción. El retraso en el retorno de las pruebas determinará que el artículo sea publicado con las correcciones del Comité de Redacción.

El título no incluirá abreviaturas y será corto y preciso. En la misma página se incluirán los nombres completos de los autores, así como la dirección postal y nombre de la Entidad en donde se haya realizado el trabajo.

Se incluirá en primer lugar un resumen corto de 200-250 palabras y hasta seis palabras clave. Además, se añadirá un resumen en *inglés* de la misma extensión, sin olvidar el *título* traducido y las palabras clave (Keywords).

A continuación del resumen vendrá el artículo completo, procurando mantener una disposición lógica, considerando cuidadosamente la jerarquía de títulos, subtítulos y apartados.

Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben titularse todos *figuras*. Los *cuadros* y *figuras* deben llevar numeración diferente, pero ambos en cifras árabes.

Los pies o títulos de cuadros y figuras deben redactarse de modo que el sentido de éstos pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los títulos, pies y leyendas de los cuadros y figuras se traducirán al inglés y se incluirán en letra cursiva, bajo el correspondiente en español.

Los dibujos, gráficos, mapas, fotografías y diapositivas serán presentados en la mejor calidad posible.

En general se evitará el uso de abreviaturas poco conocidas, que en todo caso serán debidamente explicadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En el *texto* las referencias deben hacerse mediante el apellido de los autores en mayúsculas seguido del año de publicación, todo entre paréntesis.

Al final del trabajo, y precedida de la mención *Referencias Bibliográficas,* se hará constar una lista alfabética de todas (y únicamente) las referencias utilizadas en el texto. En el caso de incluir varios trabajos del mismo autor se ordenarán cronológicamente.

Cuando se citen revistas[1], libros[2], capítulos de libro[3] y comunicaciones a congresos[4] se hará según los siguientes ejemplos:

(1) HERRERO J., TABUENCA, M.C., 1966. Épocas de floración de variedades de hueso y pepita. An. Aula Dei, 8 (1), 154-167.

(2) STELL, R.G.D., Y TORRIE, J.H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos (segunda edición) 622 pp. Ed. McGraw-Hill. México.

(3) GAMBORG O.L., 1984. Plant cell cultures: nutrition and media, pp. 18-26. En: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. 1, I.K. Vasil (Ed.), 825 pp. Ed. Academic Press, Orlando (EEUU).

(4) ANGEL I., 1972. The use of fasciculate form (determinate habit) in the breeding of new Hungarian pepper varieties. Third Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum, 17-24, Universidad de Turín (Italia).

ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

AÑO XXXIII (2002), Vol. 98V N.° 2

ÍNDICE

Página

A. Pardo Giménez, J.A. de Juan Valero, J.E. Pardo González.- Factores que influyen en la iniciación de la fructificación del champiñón cultivado. II. Factores microbiológicos. . 87

C.O. Budde, C.D. Lucangeli, G.V. Polenta, R.E. Murray.- Golpe de altas temperaturas aplicado en poscosecha afectó la calidad de melocotón 95

J. Segarra Bofarull.- Utilidad de los modelos epidemiológicos 108

C. Montaner Otín, E. Floris Beamonte, J.M. Álvarez Álvarez.- La semilla de borraja como fuente de ácido gamma-linolénico. Revisión de los procesos de producción y recolección de la semilla en la especie 119

G. Polenta, C. Lucangeli, C. Budde, R. Murray.- Uso de sorbato de potasio y de metil-parabeno para mejorar la conservación de maíz dulce 127