

ESTUDIO BROMATOLÓGICO DE MATERIALES DE BERENJENA EN CULTIVO ECOLÓGICO VERSUS CONVENCIONAL

Jaime Provencs*, M^a Dolores Raigón*, Adrià Esteve*, Jeane*, Laia Garcia**, Ricard Ballester**, Rafael Hurtado****

* ETSMRE (UPV). ** La Unió de Llauradors i Ramaders.*** COMAV (UPV)

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal los estudios comparativos del valor nutricional de cuatro variedades de berenjena, cultivadas al aire libre, bajo condiciones ecológicas y convencionales, incluyendo dos sistemas diferentes de riego (en superficie y por goteo) y repitiendo el cultivo en las campañas del 2007 y 2008. Los parámetros que se evalúan en los frutos abarcan desde el contenido mineral, proteico, materia seca, sólidos solubles, pH y el contenido en polifenoles, además se estudia los valores de la actividad de la enzima polifenoloxidasas, causante del pardeamiento que sufre la pulpa de la berenjena, cuando se expone al contacto del oxígeno ambiente. Se pretende establecer relaciones entre el comportamiento de la enzima y la variación del contenido en polifenoles, así como de cualquier factor nutricional que pueda afectar al pardeamiento de la pulpa, como pueda ser la técnica de cultivo convencional, frente a la ecológica y/o la variedad de berenjena. El trabajo se compone de dos años consecutivos en los cuales se ha estudiado el comportamiento de dos variedades tradicionales frente a una comercial en cada año de estudio, en 2007 se compararon las variedades tradicionales IVIA y CS-16, frente a la comercial Cristal. En 2008 se volvió a repetir el ensayo con las variedades Cristal y CS-16, pero se introdujo la variedad local H-15, que es una berenjena tipo Almagro.

Con los métodos de cultivo ecológico, además de la utilización de variedades locales, se pueden llegar a obtener frutos de mejores cualidades nutritivas, respetando la diversidad genética de los cultivos y el medio ambiente.

De esta forma se concluyó que para el año 2007 la variedad más productiva fue la Listada de Gandia (IVIA), una variedad tradicional, que además incrementó su producción cuando los suelos eran de cultivo ecológico. En el año 2008 con el riego en superficie ha quedado demostrado que las plantas de berenjena, sin tener en cuenta la variedad y el sistema de cultivo, son bastante más productivas.

En general los frutos de las plantas cultivadas de forma ecológica, han obtenido una mejor composición mineral que los frutos producidos con técnicas convencionales. Estos valores se han incrementado aún con las variedades locales, donde destaca la riqueza bromatológica de la variedad H-15 (tipo Almagro) en elementos como el potasio, fósforo, calcio o magnesio.

En cuanto a los antioxidantes fenólicos presentes en la berenjena, destacar de nuevo, la mayor acumulación en frutos procedentes de las parcelas ecológicas, cultivados con variedades tradicionales.

Se ha observado también, que la enzima polifenoloxidasas, responsable del pardeamiento enzimático en los tejidos de los frutos de berenjena, presenta mayor actividad en los frutos de cultivo convencional, es decir, que los frutos procedentes de técnicas agrícolas ecológicas desarrollan una mayor resistencia al ennegrecimiento de sus tejidos.

Se han obtenido un importante número de relaciones entre los parámetros, destacando los vinculados al contenido mineral y las relaciones entre polifenoles y la actividad de la polifenoloxidasas

Palabras clave: Berenjena, antioxidante, polifenoles.

OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es evaluar el valor bromatológico de tres variedades de berenjena, clasificadas en una variedad comercial, otra variedad híbrida y la tercera variedad local. Comparando los resultados bajo condiciones de cultivo ecológico y convencional y dos formas de riego, localizado y en superficie.

En este entorno, los objetivos concretos fijados en el desarrollo del presente trabajo son:

- Comparar las diferencias productivas y de composición bromatológica que presentan el cultivo de berenjena bajo sistemas de producción ecológica y convencional.
- Analizar la composición química y nutricional de los frutos de las variedades tradicionales, frente a la comercial.
- Estudiar la interacción del sistema de cultivo y la variedad, sobre la composición química de la berenjena.
- Analizar los niveles de sustancias antioxidantes de los frutos de berenjena, a través de la determinación del contenido en polifenoles.
- Evaluar el valor de la actividad de la enzima polifenoloxidasas y el nivel del pardeamiento enzimático de los frutos de berenjena.
- Estimar relaciones entre el contenido de polifenoles y la actividad de la polifenoloxidasas y del pardeamiento de los frutos de berenjena, y con otros parámetros de su composición química.

Con todo ello, se pretende describir la variabilidad en valor nutricional de tres variedades de berenjena, así como, comparar los efectos que produce sobre la producción y la composición el tipo de riego, y el sistema cultivo, convencional y ecológica. Además de evaluar los posibles relaciones sobre el pardeamiento de la pulpa de berenjena.

MATERIAL I MÈTODES

Para llevar a cabo los objetivos planteados, se trabajó al aire libre en las parcelas de la Marjal del Moro, en el término municipal de Sagunto, vinculada a *La Unió de Llauradors i Ramaders*. Se realizó la plantación de berenjena en dos campañas consecutivas, 2007 y 2008. Se seleccionaron tres variedades para el año 2007, y otras tres en el ensayo del año 2008. Las variedades del año 2007 (tabla 4) se componían de una variedad híbrida comercial, Cristal (procedencia semillas Fito), y de dos variedades tradicionales, una de ellas la variedad CS-16, es un cultivar de fruto oscuro y alargado; y la tercera que en principio procedía del IVIA de la colección de Vicente Castell Roig, se trata de una variedad muy valorada en la zona de cultivo, del tipo listada de Gandía.

Tabla 4. Características de las variedades de berenjena cultivadas en el 2007

VARIEDAD	CÓDIGO	TIPO	COLOR
Cristal	CR	Redonda	Negro
CS-16	CS	Alargada	Morado
IVIA (listada de Gandía)	I	Ovalada	Blanca-Morada

Para el ensayo de año 2008 se repitió con la variedad comercial Cristal y con la variedad tradicional CS-16; pero se cambió la variedad tipo listada de Gandía, por una berenjena tipo Almagro (H-15), también utilizada como variedad local (tabla 5).

Tabla 5. Características de las variedades de berenjena cultivadas en el 2008

VARIEDAD	CÓDIGO	TIPO	COLOR
Cristal	V1	Redonda	Negro
CS-16	V2	Alargada	Morado
H-15 (tipo Almagro)	V3	Redonda	Blanca-Morada

Para la realización del trabajo se procedió antes de la implantación y desarrollo del cultivo, a la germinación de las semillas, esta operación se llevó a cabo, en los dos años, en placa Petri (figura 10) y, tras un repicado en bandejas de poliestireno, fueron trasplantadas en aproximadamente un mes al terreno definitivo en campo. De cada variedad y tipo de cultivo (ecológico y convencional) se plantaron 360 (año 2007) y 360 (año 2008) individuos, en un diseño completamente al azar, dividido en tres filas, con tres repeticiones cada una de las variedades (figura 11) y en dos zonas diferenciadas. Las muestras se recolectaron en el momento que los frutos de berenjenas alcanzaron su punto de madurez comercial, aproximadamente entre los meses de agosto y septiembre, tomando dos momentos de cosecha en semanas consecutivas, en función del estado de los frutos en la planta.

Las muestras de berenjena a la entrada al laboratorio se codificaron y recibieron un tratamiento específico, en función del parámetro a analizar (figura 12). Las determinaciones directas se realizaron, inmediatamente. Para otras determinaciones, las muestras se procesaron adecuadamente (mediante extracto) y se congelaron, hasta el momento de análisis. Ya que en la puesta a punto de las metodologías, se observó que la congelación no alteraba los valores de los resultados.



Figura 12. Tratamiento de los frutos de berenjena

Cada muestra para análisis está compuesta por tres frutos de berenjena, a los que se les realizó un corte transversal a cada uno, midiendo en ellos directamente a través de los parámetros a, b y L de color, el pardeamiento de la pulpa del fruto; de cada uno de los frutos se utilizó la parte central, a la cual se eliminó la piel y se licuó para posteriormente congelar el zumo, donde se medirá el contenido en sólidos solubles (° Brix), el pH, el contenido en polifenoles y la actividad de la polifenoloxidasas. De los extremos de cada fruto se procedió al

secado para obtener con estas submuestras el porcentaje en humedad, la materia seca y el contenido mineral y proteico (figura 13).

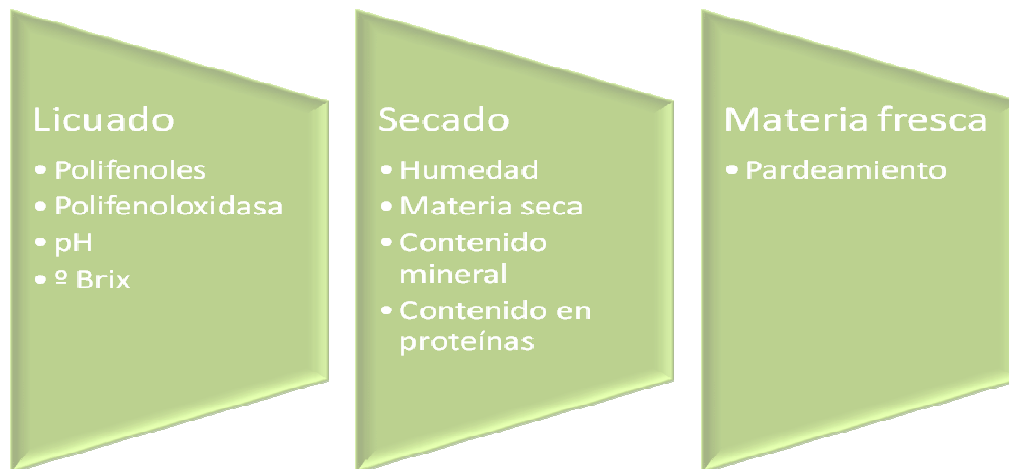


Figura 13. Parámetros analizados en los frutos de berenjena, en función del tratamiento de la muestra

Las determinaciones realizadas en cada muestra han sido:

1. Producción anual de los frutos de berenjena (kg/m^2).
2. Pardeamiento enzimático por el método colorimétrico, midiendo la variación de color de la pulpa a los 10 minutos del corte.
3. Contenido en humedad por el método gravimétrico y por diferencia determinación del contenido en materia seca, expresando los resultados en $\text{g}/100 \text{ g}$ de berenjena.
4. Contenido en cenizas totales por calcinación, expresado en $\text{g}/100 \text{ g}$ de berenjena.
5. Contenido en nitrógeno total por el método Kjeldahl y determinación de la proteína, expresado en $\text{g}/100 \text{ g}$ de berenjena fresca.
6. Contenido en potasio y sodio por fometría de llama, expresado en $\text{mg}/100 \text{ g}$ de berenjena fresca.
7. Contenido en fósforo por espectrofotometría UV/V, expresado en $\text{mg}/100 \text{ g}$ de berenjena fresca.
8. Contenido en calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc por absorción atómica, expresado en $\text{mg}/100 \text{ g}$ de berenjena fresca.
9. Contenido en sólidos solubles por refractometría, expresado en °Brix.
10. Valor del pH del zumo de berenjena por potenciometría, expresando los resultados en unidades de pH.
11. Contenido en polifenoles por espectrofotometría UV/V, expresado en mg de clorogénico/ kg de berenjena fresca.
12. Medida de la actividad de la polifenoloxidasas por espectrofotometría UV/V, expresada en unidades de actividad.

RESULTADOS

En este apartado se estudia la variación descriptiva y comparativa de la producción, y de los diferentes parámetros físico-químicos analizados en los frutos de berenjena en función del cultivo (ecológico y convencional) y la variedad.

Para el estudio comparativo de los resultados no se ha tenido en cuenta, el efecto del año, ya que en un primer estudio estadístico de los resultados se observó que era muy significativo, posiblemente porque tanto el diseño experimental, como el suelo de las parcelas en convencional fueron diferentes. Por todo ello, se ha considerado estudiar la variabilidad de los parámetros estudiados, para cada campaña por separado.

De la misma manera se estimó, no considerar el efecto de la duplicidad de la parcela en el año 2007, para un mismo tipo de cultivo, ya que los resultados eran muy similares, de la misma manera que eran similares las características del suelo, por lo que los datos correspondientes a la duplicidad se han considerado como repeticiones del ensayo. Para el año 2008, sí se ha tenido en cuenta el efecto del suelo o parcela, ya que por las limitaciones de la superficie, la duplicidad de la parcela experimental se realizó con diferentes condiciones de sistema de riego, por ello se diferencia en cada uno de los parámetros estudiados, en esta última campaña, el sistema de riego empleado coincidente con la repetición de la parcela.

Los valores individuales de los resultados de los diferentes parámetros estudiados para cada año, sistema de cultivo, variedad, zona (tipo de riego) y situación de la planta en la parcela, se muestran en el anexo.

RESULTADOS DESCRIPTIVOS

La caracterización química de las muestras de los cultivares de berenjena en función de las prácticas de producción ecológicas es importante ya que se encuentra estrechamente relacionada con la calidad y las exigencias del mercado (Prohens *et al.*, 2008).

En este apartado se estudia la variación descriptiva y comparativa de los diferentes parámetros de las variedades de berenjena obtenidas mediante condiciones de cultivo ecológico y convencional. El estudio univariante tiene como objetivo estudiar individualmente cada uno de los parámetros analizados en los frutos de berenjena para concretar la información que sobre ellos se posee. Para este estudio se han empleado un sistema de comparación múltiple en los análisis de varianza se ha empleado el método LSD con un nivel de significación del 5%. Se ha analizado el efecto significativo de la variedad de berenjena (Cristal, CS-16, IVIA y H-15, en función del año), así como de los dos sistemas agronómicos de cultivo (ecológico y convencional), así como la interacción entre ambos factores.

RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN DE BERENJENA

La recolección de los frutos de berenjena comenzó a partir de mediados del mes de julio, y se prolongó hasta finales del mes de septiembre. La cosecha se controlaba semanalmente, aunque en el período más productivo se realizaban dos recolecciones semanales. Los frutos eran pesados y medidos uno a uno durante la primera campaña, y en la segunda se controló en exclusiva el peso total de los frutos.

La figura 23 muestra los valores promedio de la producción de berenjena (kg/m^2) para la campaña 2007, en función de los tres ecotipos ensayados y del sistema de cultivo (ecológico y convencional).

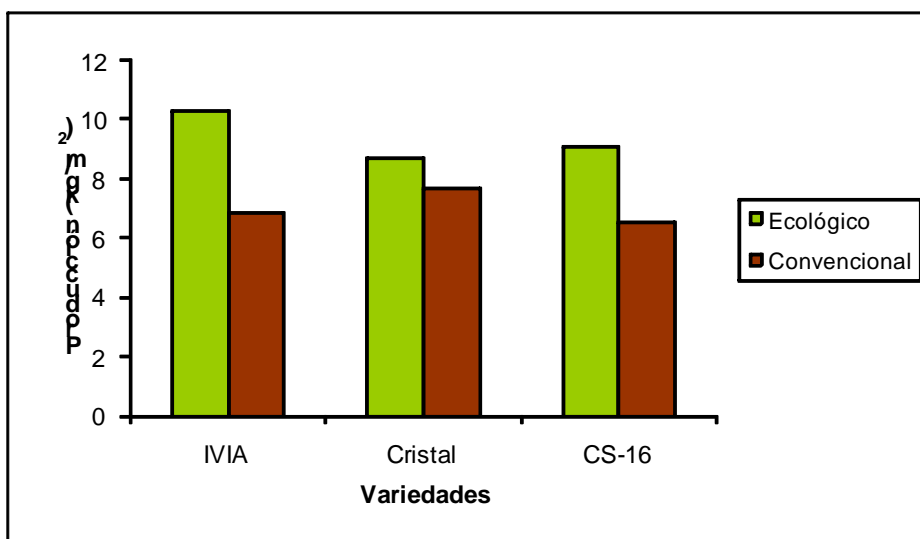


Figura 23. Producción de berenjena (kg/m^2) según el tipo de variedad y sistema de cultivo en el año 2007

Se observa que independientemente de la variedad, para el año 2007, la producción ecológica ha sido superior a la convencional. Según Baixauli *et al.* (2000), la producción media en el cultivo de berenjena puede oscilar entre 2.5 y 6 kg/m^2 . Los resultados obtenidos en esta campaña superan en todos los casos las producciones de la bibliografía.

Las diferencias encontradas en la producción de berenjena del año 2007 son, al 95% de confianza, estadísticamente significativas (figura 24), encontrando que mediante el cultivo ecológico se puede llegar a producir un 25% más de frutos que mediante la producción convencional. Es posible que las diferencias encontradas sean debidas a los constantes ataque de plagas y enfermedades que sufrió el cultivo convencional en esta campaña, a pesar que la distancia entre ambos cultivos no distaba más de 1 km, aunque las técnicas empleadas eran diferentes y con una trayectoria de varios años.

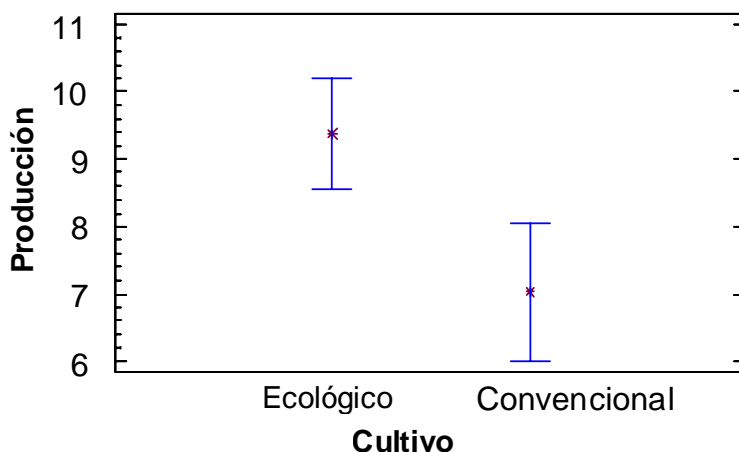


Figura 24. Valores de la producción (kg/m^2) de berenjena, en función del sistema de cultivo para el año 2007, con intervalos LSD al 95%

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la producción de berenjena en función de la variedad estudiada, aunque la berenjena IVIA del tipo listada de Gandía, presenta una ligera tendencia a ser más productiva, en las condiciones

de cultivo ecológico, mientras que la variedad híbrida es más productiva cuando las técnicas de cultivo son las convencionales.

Por otra parte no existen diferencias estadísticamente significativa ($p\text{-value}=0.5951$) entre la interacción entre el sistema de cultivo y la variedad sobre la producción de frutos de berenjena del año 2007, observándose de forma general para las tres variedades que con el cultivo convencional la producción es menor.

La figura 25 muestra los valores promedio de la producción (kg/m^2) para la campaña 2008, en los tres ecotipos de berenjena ensayados en esta campaña, en función del tipo de cultivo (ecológico y convencional) y en función del sistema de riego empleado.

En comparación con la campaña 2007, la producción de berenjena del año 2008 ha sido en general menor.

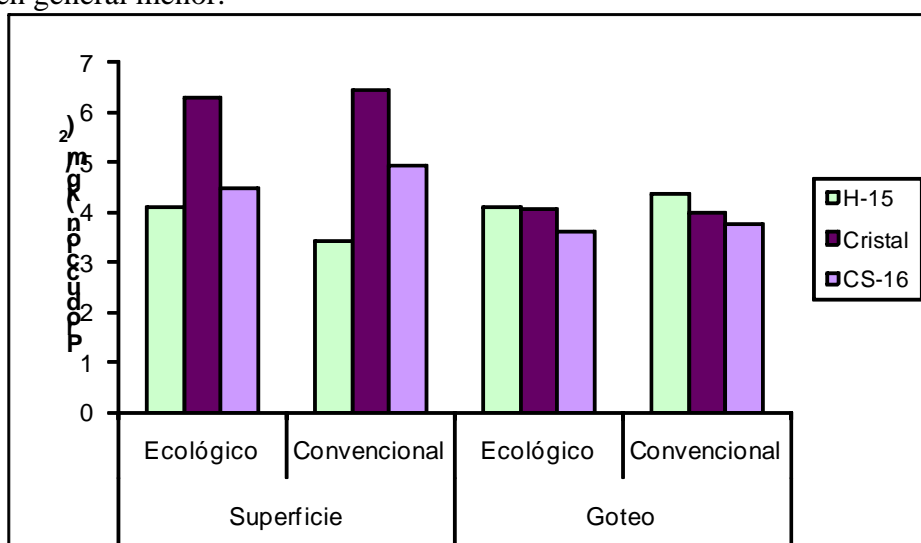


Figura 25. Producción de berenjena (kg/m^2) según el tipo de variedad, sistema de cultivo y riego en el año 2008

Analizando los resultados, se observa que para la campaña 2008 no existen diferencias estadísticamente significativas (al 95% de confianza) en la producción de berenjena, en función del tipo de cultivo ($p\text{ value}=0.7897$), aunque el sistema convencional produce un 4.4% más de frutos de berenjena, si bien hay que tener en cuenta que la única diferencia establecida para el convencional, en este año fueron los tratamientos fertilizantes ya que los suelos mantenían la inercia ecológica.

Las variedades de berenjena empleadas en esta parte del ensayo si han mostrado diferencias estadísticamente significativas ($p\text{ value}=0.0232$), con respecto a la producción, siendo la variedad Cristal la más productiva (figura 26).

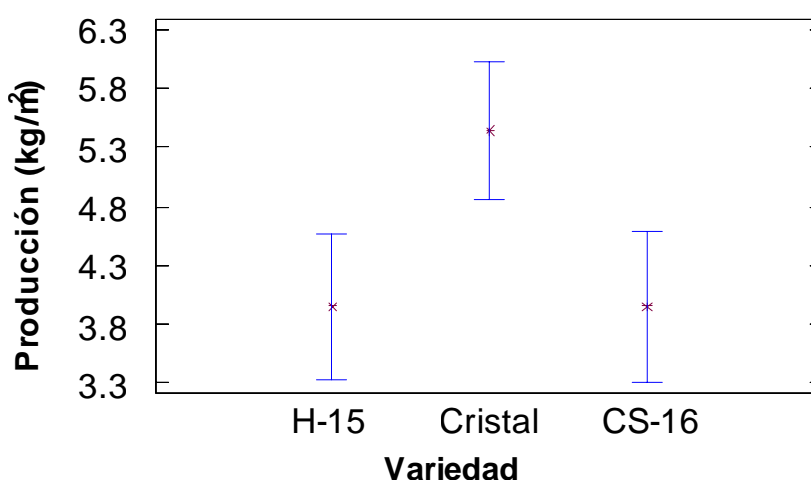


Figura 26. Valores de la producción (kg/m^2) de berenjena, en función de la variedad para el año 2008, con intervalos LSD al 95%

La berenjena es una planta muy rústica y presenta pocos problemas de enfermedades o plagas y, al contrario que otras solanáceas hortícolas, como el tomate o el pimiento, el éxito de una variedad comercial no depende de la presencia de genes de resistencia a enfermedades (Marín, 2004). De la que se concluye que la variedad comercial Cristal, ha sido ya seleccionada para potenciar la productividad de la planta, ya que en la campaña 2007 destacó en el sistema de cultivo convencional y en el 2008 en los dos, estadísticamente frente al resto de variedades ensayadas.

También se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, en la producción de berenjena, con respecto al sistema de riego empleado en esta campaña, siendo en general, la irrigación en superficie la más adecuada para obtener mayores producciones (figura 27). Las diferencias encontradas ponen de manifiesto que, en general, con las técnicas de riego en superficie se podría alcanzar un 23% más de frutos de berenjena que con las prácticas de riego por goteo.

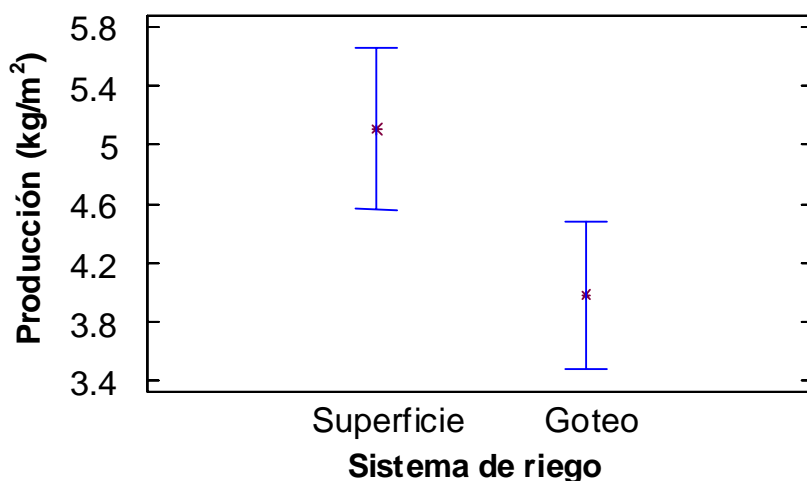


Figura 27. Valores de la producción (kg/m^2) de berenjena, en función del sistema de riego para el año 2008, con intervalos LSD al 95%

Las diferencias encontradas en la producción de berenjenas del año 2008 no presentan diferencias estadísticamente significativas en función de la interacción entre factores, excepto en el caso de la interacción de la variedad con el sistema de riego. Es decir, de forma general, la producción aumenta para el cultivo convencional, independientemente de la variedad estudiada ($p \text{ value}=0.7936$) y del sistema de riego ($p \text{ value}=0.9501$), en cambio la producción aumenta para la variedad H-15 cuando se emplea el riego por goteo, mientras que disminuye significativamente ($p \text{ value}=0.0031$), para las variedades Cristal y CS-16 (figura 28), con este sistema de riego.

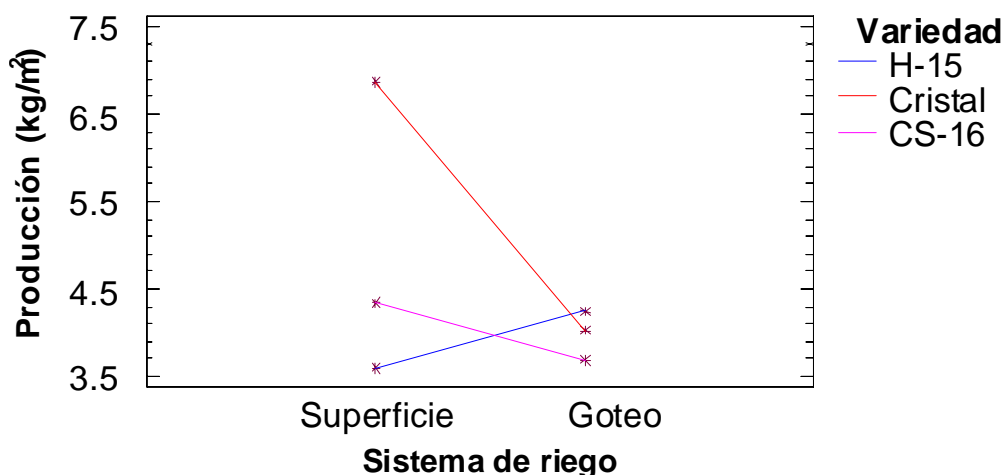


Figura 28. Niveles de interacción entre el sistema de riego-variedad para la producción de berenjena en el año 2008

RESULTADOS DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA BERENJENA

Cuando se produce el corte del fruto de la berenjena, ya sea para su consumo en fresco o para el procesado industrial, la destrucción de la compartimentación celular permite que los sustratos orto-difenólicos (derivados del ácido hidroxicinámico en el caso de la carne de la berenjena) entren en contacto con las enzimas polifenoloxidasas, que catalizan su reacción a quinonas, las cuales subsiguientemente reaccionan por procesos no enzimáticos con el oxígeno del aire, compuestos de tipo sulfhidrilo, aminas, aminoácidos y proteínas para dar lugar compuesto de color marrón (Ramírez *et al.*, 2002). Por experiencias previas en otros cultivos (Hansche y Boynton, 1986; Amiot *et al.*, 1992) se sabe que el contenido en polifenoles presenta una correlación positiva con el pardeamiento. Un inconveniente del incremento de la concentración de polifenoles en berenjena es que la oxidación de estos compuestos puede causar el pardeamiento de la carne del fruto una vez ésta ha sido expuesta al aire y eso puede reducir la calidad aparente del fruto de berenjena (Macheix *et al.*, 1990). Dada la preferencia de los consumidores y la industria por variedades con carne blanca y un bajo nivel de pardeamiento (Prohens *et al.*, 2005), es importante evaluar el pardeamiento, en los frutos de berenjena

Las medidas del pardeamiento enzimático se han realizado exclusivamente en los frutos de la campaña 2008.

La figura 29 muestra los valores promedio del pardeamiento de los frutos de berenjena para la campaña 2008, en los tres ecotipos ensayados en esta campaña, en función del tipo de cultivo (ecológico y convencional) y en función del sistema de riego empleado.

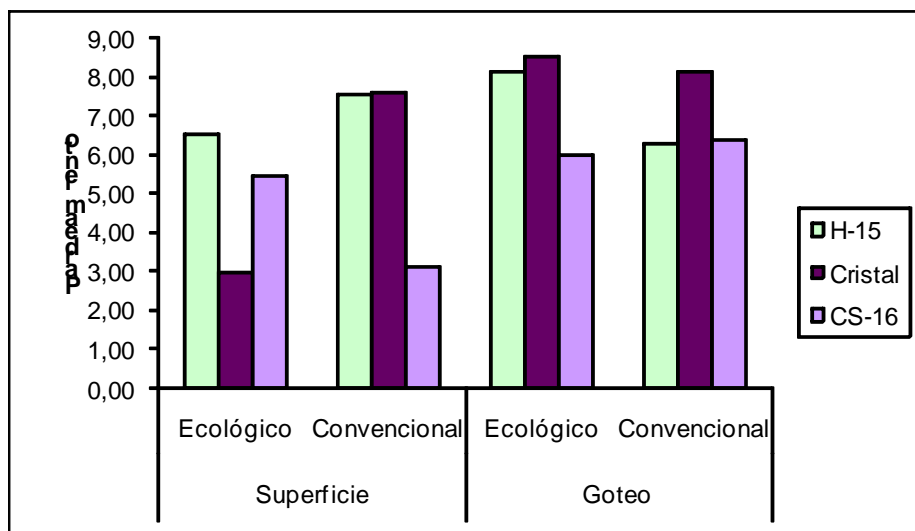


Figura 29. Pardeamiento en los frutos de berenjena según el tipo de variedad, sistema de cultivo y riego en el año 2008

Para este parámetro no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ni en función del sistema de cultivo (p value=0.8606), ni de la variedad estudiada (p value=0.4424), es decir el pardeamiento tras el corte se produce en los frutos de berenjena, independientemente del sistema productivo y de la variedad.

Aunque existen diferencias estadísticas (p value=0.0087) en los valores del pardeamiento, en función del sistema de riego, de forma que los frutos que han sido producidos mediante riego por goteo son estadísticamente más susceptibles al pardeamiento (figura 30), que los frutos de berenjena de las plantas irrigadas por superficie.

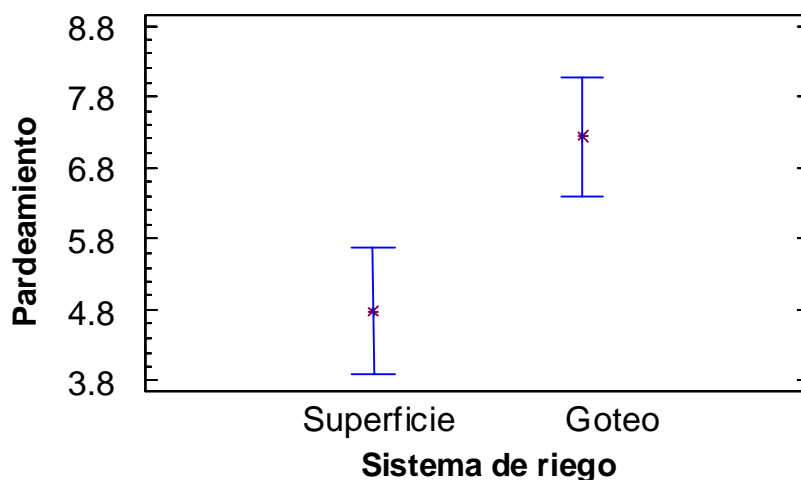


Figura 30. Valores del pardeamiento en la berenjena, en función del sistema de riego para el año 2008, con intervalos LSD al 95%

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en los valores del pardeamiento de los frutos de berenjena, para ninguna de las interacciones estudiadas de los tres factores estudiados, de forma que en general, el pardeamiento es menor en los frutos de producción convencional, en las variedades tradicionales (H-15 y CS-16), mientras que para la variedad híbrida el pardeamiento es mayor en los frutos producidos convencionalmente, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas (p value=0.3230). El pardeamiento también es menor para los frutos convencionales, independientemente del sistema de riego empleado (p value=0.8086), y es menor para los frutos de las plantas regadas en superficie, frente a las regadas a goteo, independientemente del cultivar estudiado (p value=0.3655).

RESULTADOS DEL CONTENIDO EN POLIFENOLES EN LA BERENJENA

Dentro de las hortalizas de fruto de importancia económica, la berenjena tiene un alto poder antioxidante consecuencia de su elevado contenido en polifenoles (Cao *et al.*, 1996). Sin embargo, las variedades modernas presentan un contenido en polifenoles menor que el de las variedades tradicionales (Stommel y Whitaker, 2003; Whitaker y Stommel, 2003). Ello es consecuencia indirecta de la selección por carne blanca con bajo pardeamiento, el cual se produce por oxidación de los polifenoles.

Entre todos los componentes de interés nutricional (Flick *et al.*, 1978; Baixauli, 2001), la berenjena destaca por su alto contenido en polifenoles (Stommel y Whitaker, 2003), los cuales le confieren un alto poder antioxidante (Cao *et al.*, 1996). Los principales compuestos fenólicos de la carne de la berenjena se corresponden con derivados del ácido hidroxicinámico (Whitaker y Stommel, 2003) y entre éstos, entre un 70% y un 95% corresponden a ácido clorogénico (ácido 5-o-cafeolquínico y sus isómeros) (Stommel y Whitaker, 2003). Estos compuestos tienen un poder antioxidante similar al del ácido ascórbico (Kinsella *et al.*, 1993), y son altamente estables frente a los procesos de cocción. Los efectos beneficiosos sobre la salud del ácido clorogénico y

compuestos relacionados presentes en la berenjena son numerosos, y además de su potente actividad antioxidante, también neutralizan radicales libres y presentan actividad antitumoral (Sawa *et al.*, 1998).

La figura 82 muestra los valores promedio del contenido en polifenoles (mg/kg m.f.) de los frutos de berenjena para la campaña 2007, en función de los tres ecotipos ensayados y del sistema de cultivo (ecológico y convencional). Los valores encontrados en todas las muestras procesadas en esta campaña oscilan entre 400 y 500 mg de polifenoles totales por cada kg de berenjena fresca. Valores que están dentro de los rangos que han obtenido otros autores (Calatayud y Prohens, 2005; Stommel y Whitaker, 2003) que cifran datos oscilantes entre 300-800 mg por cada kg de berenjena fresca

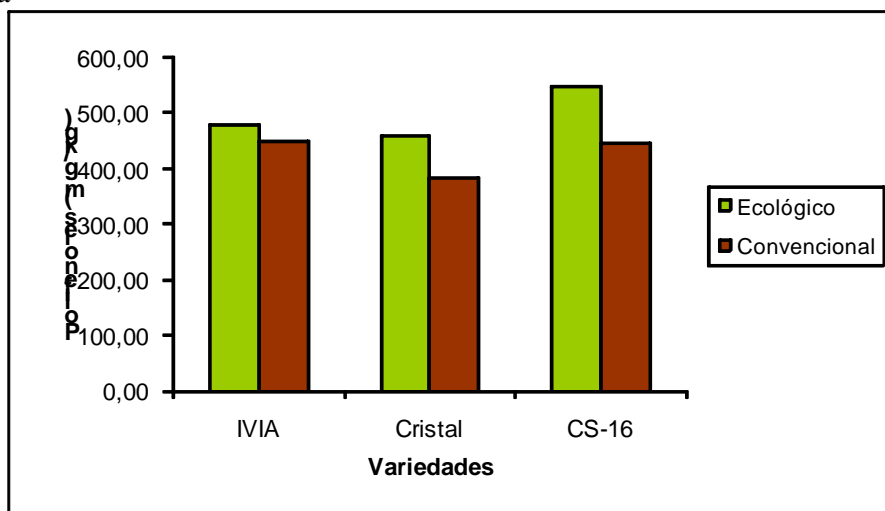


Figura 82. Contenido en polifenoles (mg/kg) de los frutos de berenjena (g/100 g materia fresca) según el tipo de variedad y sistema de cultivo en el año 2007

Para un nivel de confianza del 95%, existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto al contenido en polifenoles de los zumos procedentes de los frutos de berenjena, en función del tipo de cultivo (p value=0.0046), siendo los frutos producidos por mediante técnicas agronómicas ecológicas los que presentan las concentraciones estadísticamente superiores (figura 83). Hay una relación directa entre prácticas culturales y el contenido en polifenoles en los cultivos, Asami *et al.* (2003) en un estudio comparativo observaron que el contenido en polifenoles era más elevado en ecológico, debido a que el uso de pesticidas y fertilizantes pueden provocar un trastorno en la producción natural de metabolitos fenólicos.

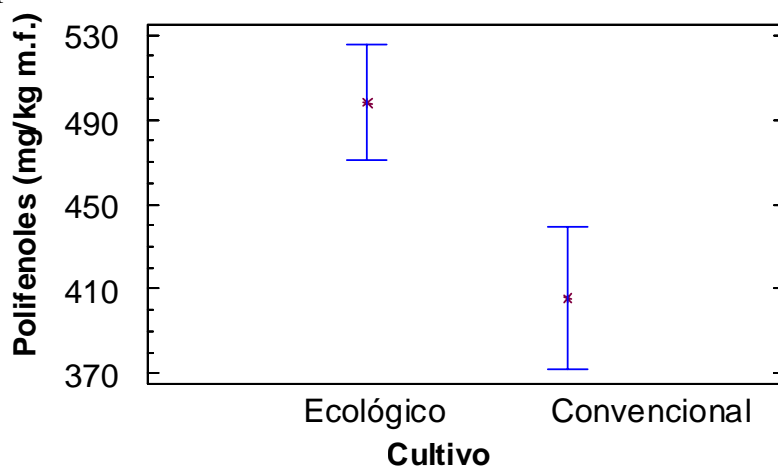


Figura 83. Contenido en polifenoles (mg clorogénico/kg m.f.), en función del tipo de cultivo para el año 2007, con intervalos LSD al 95%

El efecto de la variedad sobre el contenido en polifenoles de los frutos de berenjena es estadísticamente significativo para los valores de la campaña 2007 (p value=0.0668), siendo la variedad CS-16, la que mayores valores de polifenoles presenta y estadísticamente superiores a los contenidos que presentan los frutos de la variedad híbrida Cristal, los valores de polifenoles en los frutos de la variedad IVIA presentan valores intermedios sin diferencias con respecto a los valores de polifenoles del resto de variedades (figura 84). La interacción de los dos factores estudiados en la campaña 2007 (tipo de cultivo y variedad), no muestra diferencias estadísticamente significativas (p value=0.4927), existiendo una disminución de los contenidos en polifenoles en los frutos de berenjena cuando se cultivan bajo técnicas de producción convencional, independientemente de la variedad estudiada.

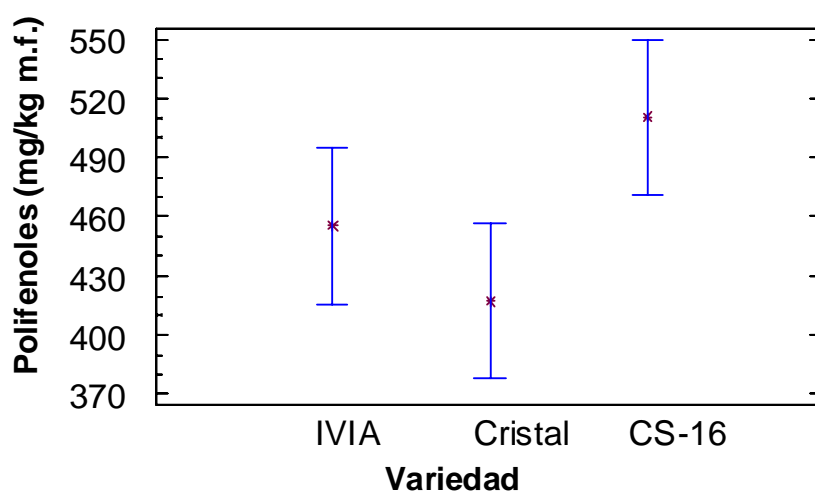


Figura 84. Contenido en polifenoles (mg clorogénico/kg m.f.), en función de la variedad para el año 2007, con intervalos LSD al 95%

La figura 85 muestra los valores promedio del contenido en polifenoles (mg/kg m.f.) de los frutos de berenjena para la campaña 2008, en los tres ecotipos de berenjena ensayados en esta campaña, en función del tipo de cultivo (ecológico y convencional) y en función del sistema de riego empleado. Comparando los valores del contenido en polifenoles en los frutos de berenjena de la campaña 2007 frente a los mostrados en la 2008, se observa que en general de esta última campaña son ligeramente inferiores a los sintetizados en la campaña 2007.

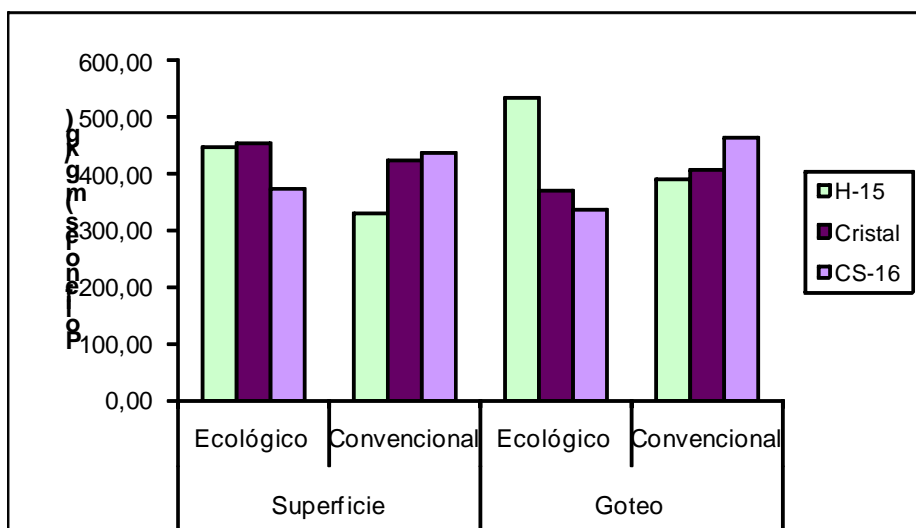


Figura 85. Contenido en polifenoles (mg/kg) de los frutos de berenjena según el tipo de variedad, sistema de cultivo y riego en el año 2008

En los frutos de berenjena cosechados en 2008 se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p \text{ value}=0.5916$) en los valores del contenido en polifenoles, en función del tipo de cultivo (ecológico y convencional), aunque las técnicas de producción ecológica presentan tendencia a acumular polifenoles en los frutos de berenjena. Tampoco existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido en polifenoles de los frutos de berenjenas en función de la variedad estudiada ($p \text{ value}=0.5699$), sin observarse grandes fluctuaciones de los contenidos, ya que los contenidos varían de 400 mg/kg materia fresca, para la variedad CS-19 (que es la que menos polifenoles acumula), a 420 mg/kg materia fresca, para la variedad H-15 (que es la de mayor concentración en polifenoles).

Por último indicar que el contenido en polifenoles en los frutos de berenjena tampoco se ha visto afectado por el sistema de riego empleado, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p \text{ value}=0.6511$) en los contenidos de polifenoles en los frutos, en función del sistema de riego, aunque mediante las técnicas de riego por goteo se consiguen valores ligeramente superiores.

En cuanto a las interacciones entre los tres factores estudiados en la campaña 2008 (sistema de cultivo, variedades y tipo de riego), se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (al 95% de confianza) para el estudio de la interacción entre cultivo y variedad (figura 86), de forma que las concentraciones de polifenoles son superiores cuando las técnicas de producción son ecológicas para la variedad H-15, son prácticamente invariables en los dos sistemas de cultivo para la variedad híbrida Cristal y disminuyen en los sistemas de producción ecológica para la variedad CS-16, estas diferencias son estadísticamente significativas ($p \text{ value}=0.0002$). También se observa que con el sistema de riego en superficie los frutos de berenjena acumulan mayores concentraciones de polifenoles, cuando se cultiva por técnicas ecológicas, mientras que con el riego por goteo los contenidos en polifenoles aumentan ligeramente con las prácticas de cultivo convencional, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas ($p \text{ value}=0.4796$). En el mismo sentido, tampoco existen diferencias entre el sistema de riego y la variedad ($p \text{ value}=0.1615$), de manera que los contenidos en polifenoles son mayores para los frutos de berenjena obtenidos cuando las plantas se riegan por técnicas de goteo, para las variedades tradicionales (H-15 y CS-16), mientras que con la variedad híbrida Cristal, el aumento de las concentraciones en polifenoles se alcanzan cuando se riega en superficie.

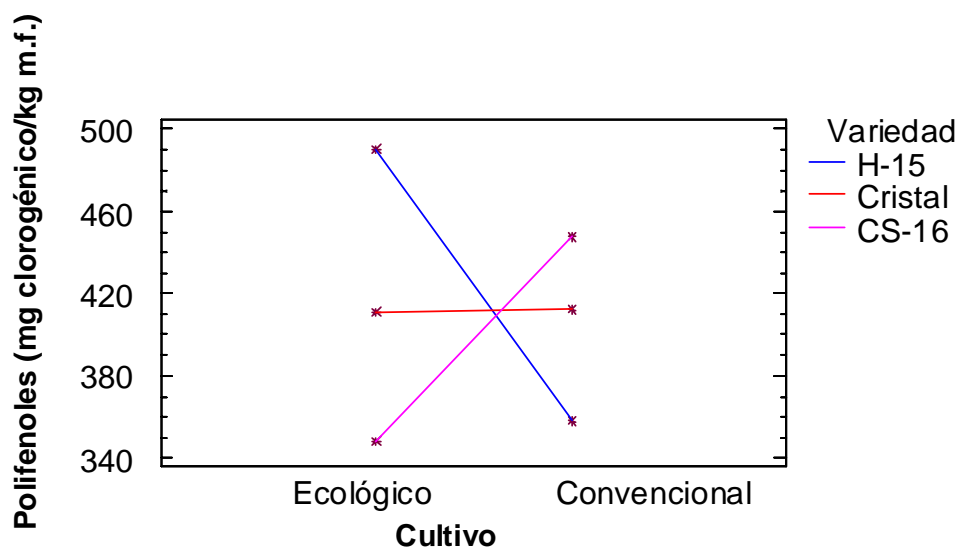


Figura 86. Niveles de interacción entre el cultivo y variedad para el contenido en polifenoles en la berenjena en el año 2008

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas del presente trabajo son:

1. La variedad tradicional IVIA y la comercial Cristal han obtenido los mejores resultados en cuanto a producción para los años 2007 y 2008, respectivamente. El riego en superficie permite obtener un 23% más de producción que las técnicas por goteo.

2. Las plantas regadas por sistemas de goteo han producido frutos más susceptibles al pardeamiento enzimático. Las variedades de berenjena han tenido variabilidad en el comportamiento de este parámetro y la interacción con otros factores. La variedad comercial Cristal presenta más resistencia en cultivo ecológico, mientras que las tradicionales lo hacen en condiciones convencionales.

3. Los frutos de berenjena que contienen mayor proporción de materia seca y menor en humedad pertenecen a las variedades tradicionales, IVIA en el 2007, H-15 y CS-16 en el 2008, en este caso con un sistema de cultivo ecológico y riego por goteo.

4. Los frutos de berenjena de las variedades tradicionales IVIA, CS-16 y H-15 son los que sintetizan mayor contenido en proteínas, nutrientes que se acumulan mayoritariamente cuando se riega por goteo.

5. El sodio está más presente en los frutos de la variedad tradicional CS-16, intensificándose los contenidos cuando las plantas de berenjena son regadas por goteo. Los frutos de la variedad H-15, son una buena respuesta nutricional, ya que acumulan altos contenidos en minerales, potasio, fósforo, cobre y zinc; mientras que los frutos de la variedad CS-16 son adecuados en la concentración fósforo, calcio, hierro, cobre y zinc. Los frutos de la variedad de berenjena IVIA son un buen aporte en fósforo, hierro y zinc, además de tener bajo nivel en sodio. Los sistemas de cultivo ecológicos son más favorables para la obtención de frutos ricos en potasio y cobre. Mientras que el sistema de riego por goteo influye positivamente en la acumulación de fósforo, calcio y magnesio en los frutos de berenjena.

6. Para obtener frutos de berenjena con alto contenido en sólidos solubles, las mejores condiciones son el cultivo ecológico y el riego por goteo, independientemente de la variedad. El mayor contenido en sólidos solubles puede afectar al incremento del pardeamiento de la fruta de berenjena. En los estudios de

mejora, la búsqueda de frutos de berenjena con bajo contenidos en sólidos solubles, podrían contribuir a obtener frutos de carne más blanca y resistente al pardeamiento.

7. Los frutos menos ácidos no son recomendados por su relación en el detrimento del contenido en proteínas. Al cultivar las variedades Cristal y CS-16, con las que se obtienen los frutos menos ácidos se corre el riesgo de devaluar el contenido proteico del fruto de berenjena.

8. La producción ecológica y los cultivares tradicionales (CS-16 y H-15) contribuyen a producir frutos de berenjena con alto contenido en polifenoles. La actividad de la enzima polifenoloxidasa es más intensa en los frutos que se han obtenido por técnicas de cultivo convencionales, existiendo una relación indirecta entre la concentración en polifenoles y la actividad de la enzima.

9. Los frutos de berenjena con mayor contenido en materia seca y en concreto con mayor concentración en magnesio son más susceptibles de sufrir el ennegrecimiento por pardeamiento enzimático.

10. Para el incremento de la productividad es aconsejable el uso de variedades tradicionales adaptadas al entorno, como la del tipo listada de Gandía (IVIA), son recomendables para este objetivo el empleo de sistemas de riego en superficie y las técnicas de cultivo ecológico. Las variedades tradicionales de berenjena son adecuadas también porque sintetizan mayor concentración en proteínas, absorben mayores cantidades de minerales y metabolizan mayores cantidades de sustancias antioxidantes, composición bromatológica que se ve incrementada con el empleo de técnicas de producción ecológica.

