

Causas de pardeamiento en caqui

C. Besada, P. Novillo, R. Gil, P. Navarro, A. Salvador*. (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Centro de Tecnología Post-recolección (CTP). Moncada, Valencia, España. *salvador_ale@gva.es).

La aparición de pardeamiento interno afectando la pulpa del fruto es una de las principales pérdidas de calidad del caqui durante su vida poscosecha. Se han descrito diferentes tipos de pardeamiento en caqui dependiendo de la causa que lo provoque. En algunos casos el aspecto visual de la alteración puede darnos pistas sobre los factores que lo han desencadenado; sin embargo también puede ocurrir que diferentes factores lleven a la aparición de pardeamientos prácticamente indistinguibles a nivel visual. Los daños mecánicos son una de las principales causas de pardeamiento de la pulpa de caqui, ya que los frutos son muy sensibles a los golpes, resultando estos en la aparición de zonas de la pulpa que presentan una coloración pardeada o rosada; el mecanismo fisiológico que subyace a esta alteración ha sido estudiado en profundidad, llegando a la conclusión de que se trata de un proceso de oxidación de taninos. Otro factor frecuentemente asociado a la aparición de pardeamiento interno en el fruto es el almacenamiento bajo atmósferas controladas o modificadas, siendo en este caso la zona del corazón del fruto la que se ve afectada. Hay que destacar que las condiciones óptimas de almacenamiento bajo atmósferas controladas o modificadas depende de manera muy importante de la variedad; por lo tanto, las mismas condiciones pueden ser adecuadas para una variedad pero desencadenar la manifestación de desórdenes en otra. También hay que tener en cuenta que la exposición del fruto a condiciones de anaerobiosis, como las del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂, pueden resultar en desórdenes de pardeamiento cuando este se prolonga en el tiempo. Por último, otro factor ligado a la manifestación de pardeamientos en caqui es la temperatura. Por una parte, la aplicación de tratamientos de calor, tanto con agua como con aire, pueden causar decoloraciones en la pulpa. Además, aunque los principales síntomas de daño por frío son cambios en la textura de la pulpa, en algunos casos en los que la conservación es muy prolongada también se ha descrito pardeamiento asociado a las bajas temperaturas.

PALABRAS CLAVE: pardeamiento, daño por frío, daño mecánico, atmósferas controladas.

INTRODUCCIÓN

Los desórdenes que se manifiestan como pardeamiento en caqui se pueden clasificar en dos categorías principales: 1) Pardeamiento natural que se puede observar en frutos de determinadas variedades y 2) Pardeamiento de la pulpa, que se manifiesta como desorden fisiológico cuando el fruto es expuesto a determinadas condiciones durante el periodo de vida poscosecha.

Desde el punto de vista de los técnicos poscosecha es de especial interés poder diferenciar el pardeamiento natural, que no puede ser evitado, del pardeamiento debido a la exposición del fruto a un manejo inadecuado, lo que debería ser evitado en la medida de lo posible. Por lo tanto, aunque el objetivo principal de este artículo es hacer una revisión de los factores poscosecha que han sido relacionados con la manifestación de pardeamiento en caqui, hemos considerado de interés describir también brevemente los tipos de pardeamiento más comunes que aparecen de forma natural.

Para poder entender el pardeamiento natural en caqui es necesario tener en cuenta la clasificación de los cultivares en base a su astringencia y tipo de polinización. En base a estos parámetros, las variedades de caqui se clasifican en cuatro tipos:

PVNA (Polinización Variable No Astringente), cultivares que son no astringentes cuando el fruto tiene semilla; PCNA (Polinización Constante

No Astringente), cultivares no astringentes independientemente de que los frutos tengan semilla o no; PVA (Polinización Variable Astringente) cultivares astringentes cuando el fruto no tiene semilla y mayoritariamente astringentes cuando la tiene; PCA (Polinización Constante Astringente), cultivares astringentes tengan semillas o no las tengan.

En estados tempranos de desarrollo, los frutos de todos los cultivares son muy astringentes. En el caso de los cultivares de tipo PVA y PVNA, la pérdida posterior de la astringencia está asociada a la presencia de semillas y se piensa que esto es debido a que las semillas producen acetaldehído, lo que llevaría a una insolubilización de los taninos responsables de la astringencia. Sin embargo, en los cultivares de tipo PCA la producción de acetaldehído de las semillas es casi inexistente y la fruta permanece astringente hasta la cosecha (Sugiura y col., 1979; Sugiura y Tomana, 1983). El mecanismo por el que los cultivares PCNA pierden la astringencia parece ser más complicado, ya que las semillas no producen acetaldehído y además la pérdida de astringencia tiene lugar tanto si el fruto tiene semillas como si no.

La demanda actual de caqui por parte del consumidor se basa en frutos sin semilla y de elevada firmeza. Por lo tanto, solo en el caso de los cultivares del tipo PCNA la fruta estará lista para ser comida (fruta no astringente) en el momento de cosecha, ya que en el resto de cultivares los frutos serán astringentes. Es por ello, que en el caso de aquellos cultivares astringentes en cosecha (cultivares tipo PCA, y frutos sin semillas de los tipo PVA y PVNA), se hace necesario aplicar tratamientos poscosecha para eliminar la astringencia antes de la comercialización. Entre los diferentes tratamientos de desastringencia, el más usado comercialmente se base en exponer los frutos a condiciones de anaerobiosis, mediante altas concentraciones de CO₂. Bajo tales condiciones tiene lugar una acumulación importante de acetaldehído; el acetaldehído generado reaccionará con los taninos solubles responsables de la astringencia haciendo que pasen a su forma insoluble y que por lo tanto dejen de provocar astringencia cuando comemos el fruto.

Pardeamiento natural

Los cultivares del tipo PVA y PVNA son los más susceptibles de presentar pardeamiento natural. Las semillas de los frutos de estos dos tipos de cultivares exudan acetaldehído, el cual causa la condensación o coagulación de los taninos solubles que se vuelven insolubles y se oxidan. Como resultado, se forman numerosas manchas pequeñas de color marrón que visualmente se detectan como pardeamiento de la pulpa. Por lo tanto, la pérdida natural de astringencia en los frutos con semilla de tipo PVA y PVNA está ligada a la presencia de pardeamiento en la pulpa. En los cultivares de tipo PVA, en los que la producción de acetaldehído es limitada, la insolubilización de taninos y la subsiguiente aparición de pardeamiento tienen lugar únicamente en la zona circundante a las semillas (Figura 1A). Sin embargo, en los frutos de tipo PVNA, con mayor producción de acetaldehído, el pardeamiento tiende a manifestarse por toda la pulpa (Figura 1B).

Además del pardeamiento ligado a la presencia de semillas, se han descrito otros tipos de pardeamiento natural. Así, por ejemplo, es frecuente que algunos cultivares de tipo PVNA muestren pequeñas manchas marrones esparcidas alrededor de la pulpa en frutos que no presentan semilla (Figura 1C). Además, ciertos cultivares PCNA, como el 'Fuyu', pueden manifestar pardeamiento de la pulpa en ausencia de semillas (Figura 1D). Según Mowat y col. (1993), la aparición de este tipo de pardeamiento en 'Fuyu' está relacionada con las altas temperaturas (>30°C) durante las últimas etapas de desarrollo del fruto.

La percepción visual de los diferentes tipos de



Figura 1. Pardeamiento natural en caqui. A y B: pardeamiento asociado a la presencia de semillas en cultivares PVA y PVNA respectivamente. C: pardeamiento manifestado en frutos sin semillas de algunos cultivares PVNA. D: pardeamiento detectado en frutos de algunos cultivares PCNA.

pardeamiento fue explicada por Yang y col. en 2005 tras estudiar la morfología de las células tánicas de diferentes cultivares. Este estudio reveló que en el pardeamiento asociado a la presencia de semillas (cultivares de tipo PVA y PVNA) las células tánicas suelen formar haces, y por lo tanto visualmente

se observan como pequeñas manchas o pecas marrones. En los frutos tipo PCNA las células tánicas aparecen dispersas por la pulpa, y por lo tanto visualmente se observan como pequeños puntitos marrones mucho más pequeños y finos.

Pardeamiento de la pulpa ligado a desórdenes poscosecha

Los frutos de caqui son muy susceptibles de manifestar pardeamiento durante el periodo poscosecha. No se puede hablar de una única causa que lleva a la manifestación de pardeamiento, ya que diferentes condiciones de manejo han sido relacionadas con la manifestación de este tipo de desórdenes.

Pardeamiento de la pulpa asociado a los daños mecánicos

Los daños mecánicos que sufren los frutos durante la recolección, así como durante su posterior manipulación, principalmente durante el paso por la línea de confección, son una de las principales causas de pardeamiento en caqui (Besada y col., 2010a). Esta alteración ha sido estudiada en profundidad en el cultivar astringente 'Rojo Brillante', el de mayor importancia en España. Los resultados de las diferentes investigaciones revelaron que la manifestación de alteraciones asociadas a los daños mecánicos depende de manera muy importante del nivel de astringencia del fruto. Así, en frutos que han sido sometidos previamente al tratamiento de CO₂ para eliminar la astringencia los daños mecánicos resultan en pardeamiento de la pulpa, que se manifiesta como grandes aéreas pardeadas que se extienden alrededor del fruto (Figura 2). En general, este desorden comienza en la parte más externa del fruto, bajo la piel, y se va extendiendo progresivamente hacia el interior.

Los daños mecánicos también pueden resultar en otro tipo de alteración que se ha denominado 'mancha rosada' y que se manifiesta en aquellos frutos que reciben el daño cuando están astringentes (Figura 2). Las manchas rosadas aparecen aisladas en la zona más externa de la pulpa y permanecen localizadas en la zona donde el fruto ha sufrido el daño, sin tender a extenderse.

Las investigaciones llevadas a cabo en el IVIA determinaron el mecanismo bioquímico y microestructural implicado en el desarrollo de estas alteraciones, observándose en el caso del pardeamiento que el tratamiento de desastringencia con CO₂ lleva a un desequilibrio en el estado redox del fruto y que además el daño mecánico que sufre el fruto durante el paso por la línea de confección también desencadena una situación de estrés oxidativo. En este estado de fuerte estrés oxidativo para el fruto, los taninos insolubles que inicialmente eran incoloros sufren un proceso



Figura 2. Pulpa de frutos 'Rojo Brillante' sin daños y de frutos sometidos a daño mecánico. El fruto que manifiesta 'pardeamiento' fue sometido al tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ previamente al impacto mecánico, mientras que la fruta que manifiesta la mancha rosada era astringente en el momento del golpe.

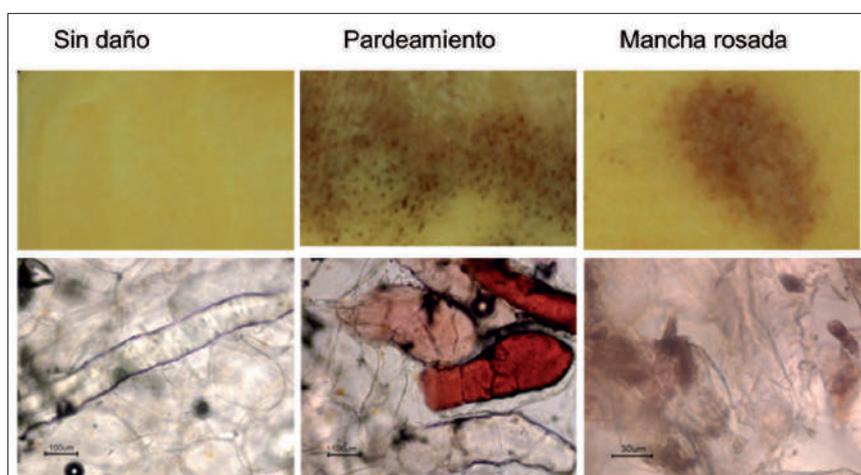


Figura 3. Celulas tánicas en pulpa sana (sin daño mecánico), pulpa pardeada y pulpa con mancha rosada (Microscopía óptica).



Figura 4. Pardeamiento de pulpa asociado al daño mecánico en caqui 'Triumph' y 'Giombo'.

de oxidación y se vuelven pardo-rojizos, dando lugar al pardeamiento (Novillo y col., 2014). Los estudios microestructurales revelaron que el pardeamiento está asociado con la presencia de

células de gran tamaño que se encuentran llenas de material insoluble, y que fueron identificadas como células tánicas que presentaban una intensa coloración pardo-rojiza (Figura 3).

El mecanismo de la alteración 'mancha rosada', también debida al daño mecánico, es similar a la de pardeamiento, pero en este caso son los taninos solubles los que sufren un proceso de oxidación y adquieren la tonalidad rosada (Figura 3).

Aunque estos estudios fueron llevados a cabo con el cultivar 'Rojo Brillante' se ha comprobado posteriormente que la mayoría de los cultivares astringentes presentan un comportamiento similar, es decir, manifiestan desórdenes de 'pardeamiento' o 'mancha rosada' asociados a los daños mecánicos dependiendo del nivel de astringencia del fruto en el momento de recibir el golpe (Figura 4) (Novillo y col., 2015); sin embargo, la intensidad de estos desórdenes depende de forma importante de la variedad. Además, se ha observado que los cultivares no astringentes (PCNA) presentan una baja susceptibilidad a manifestar pardeamiento debido a daños mecánicos (Novillo y col., 2015).

Para evitar en la medida de lo posible la aparición de este tipo de alteraciones se recomienda minimizar los impactos que sufre el fruto en la línea de manipulación usando protecciones y disminuyendo la altura de los saltos en la misma. Además, el tratamiento de desastringencia debe aplicarse con posterioridad a las operaciones de confección, ya que esto reduce la susceptibilidad del fruto a manifestar pardeamiento.

Pardeamiento de la pulpa debido a sobreexposiciones al CO₂

La exposición de la fruta al tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ puede llevar a la manifestación de pardeamiento en la fruta, incluso en ausencia de daños mecánicos. Este tipo de pardeamiento se hace visible alrededor del corazón del fruto, principalmente en la zona más cercana al cáliz (Figura 5).

Como se ha mencionado anteriormente, el tratamiento de desastringencia por sí mismo supone un estrés oxidativo al fruto, y por lo tanto si el tratamiento se prolonga en exceso puede llevar a la aparición de alteraciones. Además, este tipo de pardeamiento asociado a una sobreexposición al CO₂, se ve agravado si posteriormente el fruto es conservado a bajas temperaturas.

Para evitar la aparición de este desorden es recomendable que el tratamiento de CO₂ dure el tiempo mínimo necesario para eliminar la astringencia, sin prolongarlo sin necesidad. Para ello hay que tener en cuenta que el estado de madurez del fruto es determinante en la velocidad del proceso de desastringencia, ya que cuanto más maduro está el fruto más horas de tratamiento de

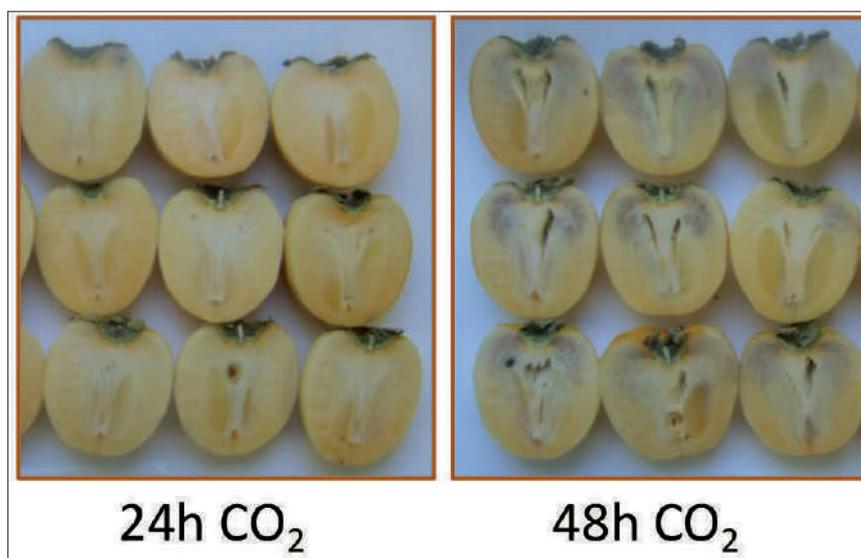


Figura 5. Pardeamiento de pulpa en caqui 'Rojo Brillante' asociado con sobreexposiciones al CO₂ durante el tratamiento de desastringencia.



Figura 6. Diferentes manifestaciones de pardeamiento de pulpa del caqui asociado a condiciones de almacenamiento. A y B: pardeamiento como síntoma de daño por frío manifestado tras periodos largos de almacenamiento en caqui 'Fuyu' y 'Rojo Brillante'. C: pardeamiento asociado a bajas concentraciones de oxígeno en conservaciones bajo atmósfera controlada en caqui 'Rojo Brillante'. D: 'stipe end browning' manifestado en caqui 'Fuyu' almacenado bajo condiciones de atmósfera modificada con bajo nivel de oxígeno (Imagen 'D' cortesía de Yong-Jae, Lee).

CO₂ serán necesarias para asegurar una completa eliminación de la astringencia (Besada y col., 2010b). Por lo tanto, la aplicación del tratamiento debe ser realizado a partidas con estado fisiológico similar para evitar sobre-exposiciones.

Pardeamiento asociado al daño por frío

La sensibilidad del caqui a las bajas temperaturas depende del cultivar, pero la mayoría de los cultivares comerciales presentan daño por frío bajo condiciones de frigoconservación. Aunque los síntomas de este daño pueden variar dependiendo

de la variedad, en la mayoría de los casos están asociados a cambios en la textura de la pulpa. En el 'cv. Fuyu', el daño por frío se expresa inicialmente como una gelificación de la pulpa, posteriormente tiene lugar un oscurecimiento de la misma y la piel se vuelve traslúcida haciendo visible el daño (MacRae, 1987) (Figura 6A). En los cultivares 'Suruga' y 'Rojo Brillante' el síntoma principal es un drástico ablandamiento de la pulpa, pero también se ha descrito la formación de aéreas compactas y la aparición de pardeamiento interno como síntomas importantes de daño por frío en

'Rojo Brillante' (Salvador y col., 2005) (Figura 6B). En la mayoría de los casos los daños por frío no aparecen mientras el fruto está a bajas temperaturas, y es solo cuando es transferido a temperaturas de comercialización cuando los daños se manifiestan. Sin embargo, si las conservaciones son muy prolongadas, los síntomas pueden empezar a manifestarse en frío.

Actualmente, la aplicación de 1-metilciclopropano (1-MCP), un potente inhibidor de la acción del etileno, es la práctica habitual para reducir los daños por frío y poder prolongar la conservación a bajas temperaturas (Tsviling y col., 2003; Krames y col., 2006; Salvador y col., 2004). Sin embargo, hay que tener en cuenta, que tanto la sensibilidad a las bajas temperaturas como la respuesta al tratamiento con 1-MCP dependen del cultivar, y por lo tanto es necesario llevar a cabo estudios específicos para cada cultivar para determinar el tiempo máximo de conservación preservando la calidad.

Pardeamiento asociado a la conservación en atmósferas bajas en oxígeno

El pardeamiento es uno de los principales desórdenes asociados con el almacenamiento de caqui en atmósferas bajas en oxígeno (Burmeister y col., 1997; Park y Lee, 2008). La tolerancia del caqui a este tipo de atmósferas depende del

cultivar, ya que por ejemplo, en un estudio llevado a cabo con caqui 'Triumph' y 'Rojo Brillante', en el que ambos cultivares fueron sometidos a las mismas condiciones de atmósfera controlada durante la conservación (4-5% CO₂+N₂), se observaron pardeamientos internos en 'Rojo Brillante' (Figura 6C) pero no en 'Triumph'. En el caso del 'Rojo Brillante' el pardeamiento apareció tras 75 días de conservación independientemente de que la fruta fuera tratada previamente o no con 1-MCP. Además, la intensidad del daño se agravó al transferir la fruta a temperaturas de comercialización (Besada y col., 2014).

Park y Lee (2008) describieron diferentes tipos de pardeamiento asociado al uso de atmósferas bajas en oxígeno en 'Fuyu'. El 'style end browning' (pardeamiento de la zona inferior del fruto) fue descrito en frutos envasados en atmósferas modificadas (0.1-0.3 kPa of O₂) (Figure 6D). Además, cuanto mayor fue la concentración de CO₂ en el interior del envase, mayor fue la severidad de esta alteración (5-7.5 kPa CO₂ llevó a un pardeamiento más severo que 10-12 kPa CO₂). Esta alteración fue relacionada con una acumulación de etanol en el fruto. En este mismo sentido, Ben-Arie y col. (1991) afirmaron que la acumulación de volátiles en caqui envasado en atmósferas modificadas es un factor limitante que causa malos sabores y pardeamientos de la piel y pulpa.

Como la sensibilidad a las condiciones de bajo oxígeno depende del cultivar, son necesarios estudios específicos para determinar las condiciones óptimas en cada caso.

Conclusiones

Se pueden distinguir diferentes tipos de pardeamiento que se manifiestan en los frutos de caqui. Algunos cultivares presentan pardeamiento natural, siendo el más común de este tipo de pardeamiento el que está asociado a la presencia de semillas en cultivares de tipo PVA y PVNA, aunque también pueden darse pardeamientos naturales en ausencia de semillas en frutos de tipo PCNA y PVNA.

Por otra parte, los frutos de caqui son muy sensibles a manifestar diferentes desórdenes de pardeamiento durante el periodo poscosecha, y se han descrito diferentes factores asociados a ellos: daño mecánico, sobre-exposición al CO₂, daños por frío, y almacenamiento en atmósferas bajas en oxígeno. En esta revisión se han expuesto brevemente cada tipo de pardeamiento con la intención de facilitar la identificación de las distintas alteraciones. Además, se han presentado las recomendaciones de manipulación para evitar en la medida de lo posible la manifestación de estos desórdenes.

BIBLIOGRAFÍA

- Ben-Arie, R., Zutkhi, Y., Sonogo, L., Klein, J. 1991. Modified atmosphere packaging for long-term storage of astringent persimmon. *Postharvest Biol. and Technol.* 1: 169-179.
- Besada, C., Arnal, A., Salvador, A., Martínez-Javega. 2010a. Flesh Browning of persimmon caused by mechanical damage in packing line. *Acta Hort.* 887: 555-560.
- Besada, C., Salvador, A., Arnal, A., Martínez-Javega. 2010b. Optimization of the deastringency treatment depending of persimmon maturity stage. *Acta Hort* 858: 69-74
- Besada, C., Novillo, P., Navarro, P., Salvador, A. 2014. Effect of a low oxygen atmosphere combined with 1-MCP pretreatment on preserving the quality of 'Rojo Brillante' and 'Triumph' persimmon during cold storage. *Scientia Hort.* 179: 51-58.
- Burmeister, D., Ball, S., Green, S., Woolf, A. 1997. Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of 'Fuyu' persimmons. *Postharvest Biol. and Technol.* 12: 71-81.
- Krames, J.G., Argenta, L.C., Vieira, M.J. 2006. Influences of 1-methylcyclopropane on quality of persimmon fruit cv. 'Fuyu' after cold storage. *Acta Hort.* 601: 49-55
- MacRae, E.A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand J. Exp. Agric.* 15: 333-344.
- Mowat, A., George, A., Collins, R. 1995. Cultivation of persimmon (*Diospyros kaki* L.) under tropical conditions. *Acta Hort.* 409: 141-149.
- Novillo, P., Salvador, A., Navarro, P., Besada, C. 2015. Sensitivity of astringent and non-astringent persimmon cultivars to flesh disorders induced by mechanical damage. *Acta Hort.* 1079: 605-610.
- Novillo, P., Salvador, A., Llorca, E., Hernando, I., Besada, C. 2014. Effect of CO₂ deastringency treatment on flesh disorders induced by mechanical damage in persimmon. *Biochemical and microstructural studies. Food Chem.* 145:454-63.
- Park, Y.M., Lee, Y.J. 2008. Induction of modified atmosphere browning disorders in Fuyu persimmon fruit. *Postharvest Biol. and Technol.* 47: 346-352.
- Salvador, A., Arnal, A., Monterde, A., Cuquerella, J. 2004. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Postharvest Biol. and Technol.* 33: 285-291.
- Salvador, A., Arnal, A., Monterde, A., Martínez-Javega, JM. 2005. Influence of ripening stage at harvest on chilling injury symptoms of persimmon cv. 'Rojo Brillante' stored at different temperatures. *Food Sci. Technol. Int.* 11: 359-365.
- Sugiura, A., Tomana, T. 1983. Relationships of ethanol production by seeds of different types of Japanese persimmons and their tannin content. *Hortscience*, 18: 319-321.
- Sugiura, A., Yonemori, K., Harada, H., & Tomana, T. 1979. Changes of ethanol and acetaldehyde contents in Japanese persimmon fruits and their relation to natural deastringency. *Studies from Institute of Horticulture*, 9: 41-47. Kyoto: Kyoto University.
- Tsviling, A., Nerya, O., Gizis, A., Sharabi-Nov, A., Ben-Arie, R. 2003. Extending the shelf-life of 'Triumph' persimmons after storage with 1-MCP. *Acta Hort* 599: 53-58.
- Yang, Y., Ruan, X., Wang, R., Li, G. 2005. Morphological characteristics under optical microscope of tannin cells in persimmon fruit. *Acta Hort.* 685: 135-142.