

CONTROL DE FISIOPATÍAS EN FRUTOS DE CAROZO (HUESO)

Dr. Luis Luchsinger Lagos

Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) Fac. de Ciencias Agronómicas . Universidad de Chile.
Casilla 1004, Santiago, Chile. e-mail: lluchsin@uchile.cl

INTRODUCCIÓN

Resulta sumamente difícil juzgar el éxito o fracaso de los tratamientos que controlan o disminuyen las fisiopatías, sin antes aclarar una serie de conceptos y situaciones. El objetivo de este artículo, más que detallar las técnicas de control de fisiopatías, es tratar de orientar su correcta interpretación y potencial aplicación.

Los frutos de hueso (damascos, duraznos, nectarines, y ciruelas) son altamente perecederos que soportan un almacenaje refrigerado a 0°C durante 2 a 8 semanas. Maduran y senescen rápidamente a temperatura ambiente y para evitar serias pérdidas requieren un cuidadoso manejo antes de ser almacenados a 0°C. Sin embargo, su almacenaje refrigerado se ve frecuentemente limitado por las bajas temperaturas utilizadas. éstas son causantes de daño por frío en el fruto a tan sólo una o dos semanas de almacenaje, siendo en general, damascos y duraznos más susceptibles que nectarines, y a su vez nectarines más que ciruelas.

DAÑO POR FRÍO

Los cambios físicos y/o fisiológicos inducidos por la exposición a bajas temperaturas en almacenaje refrigerado, junto a la subsecuente expresión de síntomas característicos, son comúnmente denominados con el término 'daño por frío' (*chilling injury*).

El daño por frío afecta a una amplia gama de especies cuando son expuestas a un estrés por baja temperatura. Se pensaba que éste fenómeno estaba restringido a cultivos de origen tropical o subtropical ya que, inicialmente, los daños se producían en los frutos de éstos al crecer en zonas templadas. Sin embargo, especies de origen templado también han desarrollado fisiopatías (desórdenes fisiológicos) al ser expuestas a un estrés por baja temperatura (Bramlage, 1982; Watada, 1982). Dentro de los frutos de clima templado susceptibles al daño por frío se encuentran: manzanas, damascos, duraznos, nectarines y ciruelas (Hardenburg et al., 1986).

El daño por frío ocurre a temperaturas por sobre la temperatura de congelación del fruto (aproximadamente -0,8 °C), la cual es dependiente del contenido de sólidos solubles, y bajo los 8-9 °C (Mitchell et al., 1974).

FISIOPATÍAS CAUSADOS POR EL FRÍO

Dentro de las múltiples fisiopatías asociadas al daño por frío que limitan la postcosecha de damascos, duraznos, nectarinos y ciruelas se encuentran:

- harinosidad (pulpa 'seca', falta de jugosidad, *woolliness* o *mealiness*)
- pardeamiento interno de pulpa (oscurecimiento de pulpa, *flesh browning*)
- incapacidad de la fruta para madurar
- pérdida de sabor (*off-flavor*)
- descomposición interna (*internal breakdown*)
- desarrollo de coloración rojiza de la pulpa (*bleeding, reddening*)
- translucidez de la pulpa (*flesh translucency, gel breakdown* sólo en ciruelas)
- daño superficial (descoloración, depresiones)
- mantención o aumento de firmeza de pulpa
- cambios composicionales (aumento de pared celular)
- senescencia acelerada

Vale la pena destacar que muchos investigadores consideran a varias de estas fisiopatías dentro de la descomposición interna de la pulpa, sin especificar a cuál de ellos se refieren o cuál es el predominante.

La harinosidad es un factor de considerable importancia económica ya que es uno de los primeros síntomas de daño por frío, fuerte limitante del potencial de almacenaje. Ha sido descrita a comienzos de siglo en Sud-Africa (1913), EE.UU. (1946), Nueva Zelanda y Chile (1988). Es considerada como un serio problema en duraznos y nectarines chilenos de exportación en mercados tan cercanos como el de Estados Unidos de América (12 a 14 días en tránsito), encontrándose una gran susceptibilidad varietal (Luchsinger y Walsh, 1995a,b). Es importante enfatizar que los estudios de potencial de almacenaje, deben ser realizados para cada variedad, bajo condiciones locales, y previo a una propagación o plantación masiva de una variedad en particular, a modo de evitar situaciones lamentables, tanto económicas como de desprestigio para la fruta de exportación.

Al igual que muchas fisiopatías, la harinosidad se manifiesta sólo al partir el fruto, siendo muy difícil de determinar externamente. El síntoma no se visualiza durante o inmediatamente después de la salida del almacenaje refrigerado, sino más bien en el período de maduración o comercialización (generalmente después de un día a 15-20°C). Por lo tanto, comúnmente pasa inadvertida por los controles de calidad a la llegada de los puertos de destino, manifestándose entonces a nivel de consumidor. El hecho de no estar siempre asociada con el pardeamiento interno de la pulpa, que es un síntoma fácil de detectar, muchas veces ocasiona que la harinosidad sea sub-evaluada o ignorada por los controles de calidad, restándole la debida importancia. Considerando la importancia de este desorden, se hará especial hincapié en él.

Contrario a lo que habitualmente se cree, la harinosidad no se produce por deshidratación de la fruta, sino que obedece a un problema de retención del agua en el fruto, relacionado con el mecanismo de liberación del jugo. Se cree que está asociado a un fenómeno de gelificación, producto del aumento del nivel de pectinas de alto peso molecular en la pared

celular y lamela media que retienen el agua en forma de gel (Ben-Arie y Lavee, 1971). Ello iría asociado a una baja actividad de la enzima poligalacturonasa (PG) y a una constante actividad de la pectinmetilesterasa (PME). Sin embargo, aún no existe una explicación totalmente clara del fenómeno (Artés et al., 1996).

Una de las formas de medir la harinosidad consiste en la determinación del contenido de jugo del fruto, ya que a menor contenido de jugo mayor será la harinosidad y viceversa, situación que ha sido corroborada por paneles de degustación entrenados (Lill y Van der Mespel, 1988). Sin embargo, es importante considerar el estado de madurez del fruto al momento de realizar la evaluación, especialmente en lo que se refiere a firmeza de la pulpa, ya que en condiciones normales, ésta presenta una relación inversa con la disponibilidad de jugo (Luchsinger, 1996a).

La forma subjetiva, y lamentablemente la más utilizada para medir harinosidad, consiste en el uso de una escala arbitraria de contenido de jugo, o tan sólo la determinación de presencia o ausencia de jugo en la fruta. Sin embargo, ello no permite determinar satisfactoriamente grados de harinosidad.

Otra forma objetiva es la centrifugación de la pulpa (Lill y Van der Mespel, 1988), método relativamente sencillo que demora aproximadamente 15 minutos. Lamentablemente, además de caro por requerir de una centrífuga de alta revolución, este método no funciona bien al usar fruta dura, con firmezas de pulpa mayores a 11 libras (5 kg). En este caso no es posible homogeneizar el tejido en una jeringa a modo de simular la masticación.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

Se ha observado que al almacenar frutos de carozo a 5°C, el daño por frío (expresado como descomposición interna) es mayor que al hacerlo a 0°C (Mitchell y Kader, 1989). Sin embargo, se han determinado que a 0°C se produce una fuerte inhibición de la maduración, producto de la baja tasa de producción de etileno con una retención de la firmeza del fruto lo cual provoca un retraso en la expresión del síntoma (Luchsinger, 1996a). El incremento de la firmeza del fruto en almacenaje refrigerado ha sido también descrito por Werner et al. (1978) en duraznos y otros frutos. En frutos almacenados a 5°C se adelanta la expresión del síntoma en relación a 0°C, pero con ambas temperaturas el daño finalmente se produce igual, al menos en forma de harinosidad (Luchsinger, 1996b). Frutos almacenados a temperaturas que causan daño por frío (0 y 5°C), presentan un engrosamiento de la pared celular, el que se manifiesta en el porcentaje de pared celular del fruto. Esto se puede cuantificar, tanto analíticamente como visualmente, mediante microscopía electrónica (Luza et al., 1992). Este comportamiento, demuestra que la harinosidad está relacionada principalmente a una 'anomalía' en los procesos de degradación y/o síntesis de la pared celular (Luchsinger, 1996a).

EFFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ EN EL DESARROLLO DE LAS FISIOPATÍAS

El efecto de la madurez del fruto sobre el desarrollo de las fisiopatías ha sido estudiado por varios investigadores; sin embargo, la literatura es poco clara al definir estados de madurez a cosecha y muchas veces contradictoria en sus conclusiones. Aparentemente, el estado de madurez a cosecha no estaría influyendo tanto en el desarrollo mismo de los desórdenes fisiológicos, sino más bien en la rapidez con que se manifiestan los síntomas (Luchsinger y Walsh, 1998a). Esto dificulta la interpretación de resultados y genera contradicción entre autores. Especial relevancia tiene la relación inversa que existe entre la firmeza y el contenido de jugo del fruto en la medición e interpretación de la harinosidad. Un fruto tiene poco jugo debido a su alta firmeza, a su harinosidad o a ambos (Luchsinger y Walsh, 1997).

FACTORES A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO DE FISIOPATÍAS

Gran parte de las contradicciones encontradas tanto en la literatura como en informes de control de calidad efectuado en los mercados consumidores, podrían evitarse si se tomaran ciertas precauciones al realizar las investigaciones o evaluaciones. Lo mismo es válido al evaluar la confiabilidad de ciertos métodos de control de daño por frío. Estas importantes precauciones son las siguientes:

1. Conocer en forma objetiva (evitando métodos destructivos) cuál es el estado de madurez de la fruta a estudiar (Luchsinger y Walsh, 1997, 1998b). Es clave para cualquier tipo de investigación o evaluación saber con qué tipo de madurez se trabaja.
2. Al utilizar estados de madurez o temperaturas distintas, considerar períodos de maduración (de expresión de síntomas) también distintos. En general, dentro de cierto rango, un fruto 'maduro' manifiesta sus síntomas en forma más rápida que uno 'inmaduro'. Similar situación ocurre al almacenar un fruto a mayor temperatura. éste manifestará su daño antes que aquellos almacenados a una menor temperatura. Recordar nuevamente la relación firmeza y contenido de jugo previamente descrita. Lo señalado en este punto, también se debe tener en cuenta al utilizar cualquier método de control de daño por frío que afecte directa o indirectamente el estado (grado) de madurez del fruto.
3. Al medir la harinosidad, utilizar en lo posible un método objetivo. El contenido de jugo extractable se correlaciona bien con el desarrollo y grado de harinosidad. Sin embargo, como se dijo, el método de la centrifugación (Lill y Van der Mespel, 1988), no funciona con frutos firmes (más de 11 lb).
4. Después de un cierto período de almacenaje refrigerado, dependiendo de las temperaturas y variedades empleadas, la harinosidad puede ser reversible. Para una variedad en particular, la reversión puede ocurrir después de un período de maduración de 2, 3 o 4 días a 15-20°C (Von Mollendorff et al., 1989, 1992). La temperatura y firmeza del fruto durante el período de maduración (comercialización) también son factores relacionados en el proceso de reversión. Por lo tanto, la fruta debe estar suficientemente blanda a modo de ser evaluada rápidamente después del almacenaje refrigerado, para

determinar el grado de harinosidad antes de que la reversión ocurra. Muchas veces ocurre que se trabaja con fruta muy firme, se espera a que se ablande para poder extraer o medir su jugo y ocurre la reversión.

Si bien es cierto la harinosidad puede ser reversible, no debe ser considerada como una herramienta práctica (comercial) para disminuir el problema frente a los consumidores, sino más bien cuidadosamente considerada al realizar una correcta determinación del potencial de almacenaje.

5. Debido a que existe susceptibilidad varietal, los estudios que busquen encontrar factores asociados al desarrollo de la harinosidad, deben realizarse en variedades de conocida susceptibilidad al daño por frío.

PREVENCIÓN DEL DAÑO POR FRÍO

Mucho se ha especulado en relación al control o disminución del daño por frío en duraznos, nectarines y ciruelas (revisar Lill et al., 1989). Sin embargo, mientras no se obtengan variedades 'resistentes' al daño por frío, los esfuerzos deberían concentrarse en determinar la susceptibilidad varietal bajo condiciones locales y de esta forma controlar muy bien los tiempos y temperaturas de almacenaje, a modo de llegar a los consumidores antes de que se produzca o manifieste el daño. Es fundamental conocer el potencial de almacenaje de cada variedad.

Se han propuesto distintos métodos para reducir las fisiopatías originadas por las bajas temperaturas y mantener la condición del fruto durante más tiempo, métodos actualmente en estudio o uso, pero como se ha mencionado con anterioridad, requieren de profundo análisis para determinar su validez y aplicación. Dentro de los principales intentos de disminución o control del daño por frío se señalan:

- Conocer el potencial de almacenaje de cada variedad bajo las condiciones locales, controlando los tiempos y temperaturas de almacenaje.
- Utilizar variedades menos susceptibles, que toleren el transporte prolongado.
- Uso de atmósfera modificada o controlada durante el transporte (Gatti y Escudero, 1985; Artés, 1995; Artés, 2000).
- Demora de puesta en frío, acondicionamiento o 'calentamiento' (elevación de la temperatura) previo al almacenaje refrigerado (Lizana et al., 1998), que consiste en retrasar el enfriamiento de la fruta, manteniéndola a temperatura ambiente durante uno o más días antes de almacenarla a 0°C.
- 'Calentamiento' intermitente o régimen de temperatura dual durante el almacenaje o transporte refrigerado que implica almacenar la fruta a 0°C y someterla por algunos días a temperaturas no dañinas, período denominado alza térmica (Godoy et al., 1998). El alza térmica está dirigida a evitar el daño irreversible del sistema metabólico, producto de una exposición prolongada a bajas temperaturas. Otra alternativa serían la atmósfera controlada y la combinación del régimen de temperatura dual en atmósfera controlada (Anderson y Penney, 1975; Anderson, 1982; Artés, 1995).

Literatura Citada

- Anderson, R.E. and R.W. Penney. 1975. Intermittent warming of peaches and nectarines stored in controlled atmosphere or air. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(2): 151-153.
- Anderson, R.E. 1982. Long-term storage of peaches and nectarines intermittently warmed during controlled-atmosphere storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2): 214-216.
- Artés, F. 1995. Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. I Pretratamientos térmicos. II. Tratamientos térmicos cíclicos. III Tratamientos gaseosos. *Rev. Esp. Ciencia Tecnol. Alim.* 35: 45-64, 35: 139-149 y 35: 247-269.
- Artés, F. 2000. Conservación de los productos vegetales en atmósfera modificada. En: *Aplicación del frío a los alimentos*. Editor: M. Lamúa. Ed. Mundi Prensa. Cap. 4. 105-125.
- Artés, F., A. Cano, and J.P. Fernández-Trujillo. 1996. Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches. *J. Food Science* 61(2):311-313,321.
- Ben-Arie, R. and S. Lavee. 1971. Pectic changes occurring in 'Elberta' peaches suffering from woolly breakdown. *Phytochemistry* 10:531-538.
- Bramlage, W.J. 1982. Chilling injury of crops of temperate origin. *HortScience* 17(2):165-168.
- Gatti, R. y P. Escudero. 1985. Pardeamiento interno en frutos de carozo. *Revista Frutícola* 2: 45-48.
- Godoy, C., L.A. Lizana, L. Luchsinger y L. Galletti. 1998. Efecto de las fluctuaciones térmicas postcosecha en el desarrollo de daño por frío en frutos de ciruela var. Casselman. *Investigación Agrícola (Chile)* 18(1-2):39-46.
- Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1986. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. U.S.D.A. Agricultural Handbook 66. 130 p.
- Lill, R.E. and G. Van der Mespel. 1988. A method for measuring the juice content of mealy nectarines. *J. Hort. Sci.* 36: 267-271.
- Lill, R.E., E.M. O'Donoghue, and G.A. King. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. *Hort. Rev.* 11: 413-452.
- Lizana, L. A., J. C. Fell and L. E. Luchsinger. 1998. Influence of postharvest temperature and controlled atmosphere conditioning on O'Henry peach storage disorders. *Acta Horticulturae* 464:527.
- Luchsinger, L. E. 1996a. Quantification of peach fruit maturity, chilling injury and changes in cell wall composition during storage. PhD Diss., University of Maryland, College Park. 135 p.
- Luchsinger, L. E. 1996b. Avances en el estudio de los desórdenes fisiológicos en frutos de duraznos y nectarines. En: *I Curso Internacional de Postcosecha: Estrategias tecnológicas de postcosecha para frutos de carozo*. Fac. de Agronomía e Ing. Forestal, P. Universidad Católica de Chile. Colección de Extensión. Cap. VII:1-9.
- Luchsinger, L.E. y C.S. Walsh. 1995a. Problemas de harinosidad en duraznos y nectarines de exportación. *Public. Misc. Agric.* 42:41-43.
- Luchsinger, L.E. y C.S. Walsh. 1995b. Harinosidad en duraznos y nectarines de exportación en el puerto de Philadelphia, EE.UU. *Simiente* 65(1-3):21 (Abstr.).
- Luchsinger, L.E. y C.S. Walsh. 1997. Problemática de la exportación de duraznos, nectarines y ciruelas: I Parte: índices de cosecha. *Aconex* 55:5-10.

- Luchsinger, L.E. and C. S. Walsh. 1998a. Chilling injury of peach fruit during storage. *Acta Horticulturae* 464:473-477.
- Luchsinger, L. and C. Walsh. 1998b. Development of an objective and non-destructive harvest maturity index for peaches and nectarines. *Acta Horticulturae* 465(2):679-687.
- Luza, J.G., R. van Gorsel, V.S. Polito, and A.A. Kader. 1992. Chilling injury in peaches: a cytochemical and ultrastructural cell wall study. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(1):114-118.
- Mitchell, F.G. y C. Crisosto. 1996. Utilización del enfriamiento y el almacenamiento refrigerado para estabilizar y conservar frutos de carozo para consumo fresco. En: I Curso Internacional de Postcosecha: Estrategias tecnológicas de postcosecha para frutos de carozo. Fac. de Agronomía e Ing. Forestal, P. Universidad Católica de Chile. Colección de Extensión. Cap. X:1-20.
- Mitchell, F.G. and A.A. Kader. 1989. Factors affecting deterioration rate, p. 165-178. In: Peaches, plums and nectarines-Growing and handling for fresh market. J.H. LaRue and R.S. Johnson (eds.). Publ. 3331, Univ. of California, Div. of Agr. and Natural Resources, Oakland, CA.
- Mitchell, F.G., G. Mayer, E.C. Maxie, and W.W. Coates. 1974. Cold storage effects on fresh market peaches, nectarines and plums: I. estimating freezing points, II. using low temperatures to delay internal breakdown. *Calif. Agr.* 28(10):12-14.
- Von Mollendorff, L.J., G. Jacobs, and O.T. De Villiers. 1992. The effect of temperature manipulation during storage and ripening on firmness, extractable juice and woolliness in nectarines. *J. Hort. Sci.* 67(5):655-662.
- Von Mollendorff, L.J., O.T. De Villiers, and G. Jacobs. 1989. Effect of time of examination and ripening temperature on the degree of woolliness in nectarines. *J. Hort. Sci.* 64(4):443-447.
- Watada, A.E. 1982. Chilling injury of horticultural crops: Introduction. *HortScience* 17(2):160.
- Werner, R.A., L.F. Hough, and C. Frenkel. 1978. Rehardening of peach fruit in cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(1):90-91.