

# CONTROL DE FISIOPATIAS EN POMÁCEAS

**Flores-Cantillano, F.**

*Dr.Ing.Agr. Investigador. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa de Agricultura de Clima Temperado.  
Caixa Postal 403 - CEP:96001-970 Pelotas - RS, Brasil. E-mail fcantill@cpact.embrapa.br*

---

## INTRODUCCIÓN

Los disturbios fisiológicos son alteraciones de carácter no parasitario que afectan frutas y hortalizas, alterando su metabolismo normal durante la madurez y senescencia. Producen una apariencia (externa o interna) y/o sabores anormales en la fruta.

Los factores de pre y postcosecha que condicionan el apareamiento de estos problemas son: madurez de cosecha, período entre la cosecha y la refrigeración, condiciones climáticas durante el desarrollo de la fruta en el huerto, factores de manejo en el huerto y condiciones de almacenaje.

Los principales disturbios fisiológicos que afectan las pomáceas en Brasil son:

### 1. ESCALDADURA SUPERFICIAL

En Brasil este problema afecta los cultivares de manzana Fuji, Granny Smith, Gala. Ocasiona pérdidas a nivel de mercado, dejando las frutas susceptibles a pudriciones. Es un problema que ocurre durante el almacenamiento de la fruta. Ha sido durante años uno de los disturbios fisiológicos más estudiados en el mundo.

Este disturbio se caracteriza por un oscurecimiento de las células hipodérmicas las cuales se tornan de color marrón, entran en colapso y mueren. En casos severos, la epidermis también es afectada. Es un problema superficial no afectando, en general, la pulpa. Los síntomas son más evidentes después de 3-4 meses de almacenamiento refrigerado a 0°C aumentando cuando las frutas son expuestas a temperatura ambiente. El desarrollo del escaldado presenta una fase de inducción y una de expresión de la sintomatología. La inducción ocurre con las bajas temperaturas, mientras los síntomas se desarrollan con baja y alta temperatura siendo más común este último caso. Los síntomas de este disturbio se manifiestan más en las partes más verdes que en el lado rojo de la manzana.

Su causa no ha sido establecida con precisión, sin embargo existe una fuerte relación entre la presencia de  $\alpha$ -farneseno sus derivados, las trienias conjugadas (CT), y el escaldado. Según esta teoría, el escaldado está asociado a la acumulación de un sesquiterpeno acíclico hidrocarbonado denominado alfa-farneseno, localizado en la superficie cerosa que cubre la epidermis el cual aumenta y disminuye en la fruta durante el almacenamiento. El  $\alpha$ -farneseno

es sintetizado principalmente a partir del *trans,trans*-farnesilpirofosfato (FPP) mediante la enzima *trans,trans*- $\alpha$ -farneseno sintasa, más que por la vía del farnesol. El  $\alpha$ -farneseno predominante es el *trans,trans*- $\alpha$ -farneseno en oposición al isómero *cis-trans* en proporción de 300:1. Sin embargo, se ha visto que el escaldado está más asociado a la acumulación de trienas conjugadas (productos de oxidación del  $\alpha$ -farneseno) que con el propio sesquiterpeno. Las trienas identificadas son la TC-258, TC-260 y TC-281, siendo ésta última la más importante. La correlación entre la TC-281 y el escaldado es la base de la hipótesis de que el  $\alpha$ -farneseno es peroxidado para trienas conjugadas, lo que lleva a un colapso celular y al desarrollo de los síntomas. Sin embargo, se ha visto recientemente que los metabolitos tóxicos generados por la TC-281, son más importantes que la propia acumulación de la TC-281 y que la relación TC-258:TC-281 es más importante que cada una de ellas de forma aislada. El papel de las TC en el desarrollo de la sintomatología no está muy claro, pero se estima que ellos pueden estar relacionados con la peroxidación de los lípidos de la membrana, lo cual rompe la organización celular resultando en la expresión de los síntomas. En manzanas se han identificado alrededor de 11 antioxidantes endógenos. Entre ellos, los antioxidantes naturales como la vitamina E, que aumenta con la cosecha tardía de la manzana, el  $\alpha$ -tocoferol, carotenoides y  $\alpha$ -ascórbico pueden inhibir la oxidación del  $\alpha$ -farneseno, protegiendo el fruto contra el escaldado. Las variaciones cuantitativas de éstos antioxidantes, son importantes en el desarrollo de la escaldadura, y estos cambios están más asociados con la madurez e intensidad luminosa que con las bajas temperaturas ocurridas en el huerto antes de la cosecha.

Algunos factores predisponentes son: veranos secos y calurosos, fruta cosechada inmadura, fruta de tamaño grande, exceso de nitrógeno, baja temperatura de conservación, deficiente ventilación.

Su control se realiza con tratamientos de postcosecha con anti-oxidantes como la difenilamina (DPA) y etoxiquina en dosis variables entre 1.000 a 3.000 ppm. En Brasil está prohibido su uso, aunque han sido experimentados otros productos como el Butilhidroxitolueno, en los cvs. Fuji y Granny Smith con dosis variables entre 3.000 y 10.000 ppm (Cuadro 1). El uso de atmósfera controlada, en condiciones de ultra bajo oxígeno, reduce este problema, sin embargo son necesarias concentraciones de 0,7% de  $O_2$  para ser equivalentes a 2000 ppm de DPA, lo cual puede provocar problemas de anaerobiosis en muchas variedades de manzanas. El pre-calentamiento de la fruta antes de ser almacenada en refrigeración, inhibe la acumulación de  $\alpha$ -farneseno y trienas conjugadas dando un buen control de esta alteración fisiológica.

## 2. ESCALDADURA BLANDA O PROFUNDA

### **Es un problema de ocurrencia esporádica en Brasil.**

Su sintomatología se caracteriza por el apareamiento de manchas de color marrón claro, planas, de bordes bien definidos, separando los tejidos sanos y enfermos. Afecta la piel y la pulpa hasta 3 mm de profundidad.

Su causa no está bien definida. Se presume que sean reacciones anormales del metabolismo de los ácidos grasos. Este problema se ha correlacionado directamente con el nivel de hexanol e inversamente con el ácido linoléico. Entre los factores predisponentes se cita la cosecha tardía y el enfriamiento rápido en frutas sobremaduras.

Su control está basado en minimizar los factores predisponentes y reducir gradualmente la temperatura de almacenaje.

Cuadro 1: Efecto del BHT y DPA en el control del escaldado superficial en manzanas cv.Fuji, producidas en Brasil.

Producto	Incidencia del escaldado superficial (%) Almacenaje refrigerado (meses)		
	3	6	9
Testigo	1.0 aB	20.11 aA	25.98 aA
BHT-500	0.0 aB	0.16 bB	17.5 abA
BHT-3000	0.0 aB	0.0 bB	12.44 bA
BHT-5000	0.0 aA	1.04 bA	0.16 cA
DPA-500	0.0 aA	0.0 bA	0.16 cA
DPA-1000	0.0 aA	0.0 bA	0.0 cA
DPA-1500	0.0 aA	0.0 bA	0.0 cA

Medias seguidas por letras minúsculas diferentes, en la columna y mayúsculas distintas, en la línea, difieren entre sí según el test de Ducan ( $P < 0.05$ ).

### 3. ESCALDADO SENESCENTE

En Brasil afecta las manzanas cv. Golden Delicious, Gala y peras cv. Kieffer. Se manifiesta por el oscurecimiento de la fruta en las regiones del cáliz y ecuatorial. En peras es un pardeamiento superficial que se extiende hasta una profundidad de 1-3 mm, lo que corresponde a algunas capas celulares sub-epidérmicas. Puede venir acompañada de un despegue de la epidermis, lo que indica que es una senescencia superficial ligada a una evolución acelerada del fruto que pierde rápidamente sus cualidades organolépticas.

Su causa es desconocida, estando asociada a desequilibrios metabólicos en frutas provenientes de cosecha tardía y con un excesivo tiempo de almacenamiento.

### 4. BITTER PIT

En Brasil afecta las manzanas cvs. Gala, Golden Delicious, Fuji, Granny Smith, Mutsu, Melrose, Red Delicious y otras.

Sus síntomas son manchas circulares, deprimidas, oscuras de 3 a 6 mm de diámetro, que penetran en la pulpa. El tejido bajo la mancha es seco y corchoso. Es más abundante entre las regiones calicular y ecuatorial del fruto, apareciendo durante el primer mes de almacenamiento. En casos severos puede aparecer en la cosecha.

Su causa más probable es un complejo desequilibrio nutricional en la relación Mg+K/Ca. Deficiencias localizadas de calcio, junto a un exceso de magnesio o potasio a nivel de fruto, causarían este disturbio.

El calcio tiene varios efectos asociados con la estructura y función de la membrana y con la estructura y composición de la pared celular. El calcio es un importante constituyente de la pared celular, y su deficiencia afecta negativamente la permeabilidad selectiva de la membrana celular, conduciendo a daños en la célula, causando su desintegración y muerte. Altos niveles de calcio mantienen la fruta firme, con menor tasa respiratoria, menor índice de pudriciones y alteraciones fisiológicas. Las frutas tratadas con calcio tienen un patrón de disminución de la textura diferente de las no tratadas, a pesar de conocerse poco todavía acerca de los cambios estructurales de la pared celular de la manzana durante la madurez y senescencia y su vinculación con el calcio. La mayoría del calcio que entra en la fruta se acumula en la pared celular. Los grupos carboxílicos libres en los polímeros de pectina, juegan un importante papel en la estabilización de la pared celular, mediante sus uniones con el calcio. Recientemente se ha identificado dos compartimentos en la pared celular vinculados al calcio: uno para superficies cargadas con cationes unidos, incluyendo el calcio y otra para espacios libres de agua que contienen iones no unidos de calcio. La acumulación de calcio en la pared celular facilita la estructuración de los polímeros pécticos y con ello la firmeza y cohesión celular. Se cree que los iones no unidos de calcio tienen poco o ningún efecto directo en la firmeza de los tejidos celulares.

Entre los efectos predisponentes se encuentran los períodos de sequía, susceptibilidad del cultivar, madurez de la fruta a la cosecha, manejo del huerto, desequilibrios nutricionales, problemas climáticos, factores de almacenamiento.

Con relación al control de este problema, regulando los factores predisponentes se puede lograr una reducción del disturbio. Sin embargo, el método de control más efectivo, en Brasil y en muchos países productores de manzanas, son las pulverizaciones en el huerto con calcio sea en la forma de cloruro o nitrato de calcio, calcio quelatizado, solución de cloruro de calcio etc. El tratamiento más generalizado en Brasil, consiste en realizar de 5 a 10 pulverizaciones con cloruro de calcio 0,5-0,6% los cuales aumentan el nivel de calcio en el fruto, disminuyendo la incidencia de Bitter Pit (Cuadro 2). También se aplica en algunas regiones calcio al suelo, siendo menos efectivo. La aplicación estos tratamientos después de floración como más tarde (60 días antes de cosecha) son beneficiosos para el control del Bitter Pit, siendo más efectivos que las aplicaciones aisladas de postcosecha (2% de cloruro de calcio) que, a pesar de importantes, sólo complementan las anteriores. En Brasil, por causa de las altas temperaturas durante el verano, estos productos pueden producir manchas en los frutos ("calcium spot") y/o quemaduras en las hojas. Recientemente se ha visto que el encerado de los frutos después de los tratamientos por inmersión postcosecha con cloruro de calcio, ha disminuido la pérdida de agua de los frutos y evitado las manchas por toxicidad causadas por el calcio. El uso de atmósferas modificadas y controladas también reducen este disturbio.

Varias metodologías han sido propuestas para predecir la incidencia de Bitter Pit antes del almacenamiento refrigerado, como tratamientos de inmersión con etefón, análisis nutricional de la fruta (balance K+Mg/Ca), actividad de la enzima piruvatocinasa pues la elevada actividad de esta enzima indica alta incidencia de Bitter Pit debido a su relación negativa con el calcio y positiva con el magnesio y potasio. Sin embargo estas metodologías no han sido usadas comercialmente.

Cuadro 2: Análisis nutricional de frutos y su relación con la incidencia de Bitter Pit después de 4 meses de almacenaje refrigerado a 0 °C en manzanas cv. Golden Delicious en Brasil.

	Análisis de Frutos (E1)							
	N %	K %	Ca (ppm)	Mg (ppm)	% Bitter Pit			
					SF	COM		
					Ext.	Ext.	Int.	
Testigo	0.2	0.67	132.25	261.25	40	47.5	32.5	
CaCl <sub>2</sub> x 3	0.2	0.61	158.25	284.5 7.5	10	1.25		
CaCl <sub>2</sub> x 5	0.16	0.64	191.75	264.25	7.5	7.5	1.25	
Quelato x 3	0.19	0.66	138.25	271.75	12.5	12.5	2.5	
Quelato x 5	0.2	0.67	164.25	292.25	11.25	11.25	0	
	Análisis de Frutos (E2)							
	Testigo	0.2	0.63	136	280	47.5	62.5	56.25
	CaCl <sub>2</sub> x 3	0.2	0.63	156.5	255.5	3.75	7.5	0
	CaCl <sub>2</sub> x 5	0.19	0.65	172.25	269.25	2.5	5	2.5
	Quelato x 3	0.17	0.65	146	257	8.75	10	13.75
	Quelato x 5	0.18	0.63	162	226.5	1.25	10	5

SF= Salida Refrigeración  
COM = Comercialización

x 3= 3 pulverizaciones  
x 5= 5 pulverizaciones

E1= Cosecha inmadura  
E2= Cosecha madura

## 5. DESINTEGRACIONES INTERNAS

### 5.1 Desintegración por baja temperatura

Afecta el tejido cortical del fruto produciendo un pardeamiento generalizado. El daño es interno no apreciándose del exterior. Las áreas del tejido afectado son húmedas y bien delimitadas. La baja temperatura altera la permeabilidad y la función de las membranas celulares, como también la actividad enzimática, la cual altera el metabolismo celular. Esto causa la acumulación de sustancias tóxicas del propio metabolismo, en los cultivares susceptibles cuando son sometidos a las bajas temperaturas. En este caso habría acumulación del ácido oxalacético interrumpiendo el ciclo de Krebs, de volátiles tóxicos, cetoácidos y sorbitol.

Entre los factores predisponentes están la baja temperatura, tiempo de exposición a esa temperatura y susceptibilidad del cultivar. Factores climáticos, nutricionales y metabólicos durante el desarrollo de la fruta en el árbol también favorecen el problema. Algunas variedades de manzanas almacenadas a 0°C son afectadas por este problema.

Su control esta basado en la reducción de los factores predisponentes, uso correcto de la temperatura de almacenaje para esa variedad, acondicionamiento del fruto a temperatura de 20°C por 2 días y luego a la temperatura de almacenaje definitiva, calentamiento intermitente (20°C un día por semana 12°C dos días por semana), uso de atmósfera controlada, alto nivel de CO<sub>2</sub> (5%), disminución gradual de la temperatura de almacenamiento (4°C el primer mes, 2°C el segundo mes y 0°C a partir del tercer mes). Sin embargo un control total y satisfactorio aún no se ha logrado.

### 5.2 Desintegración senescente

En Brasil afecta a la mayoría de las variedades de manzanas, como Gala, Golden Delicious, Blackjohn. Sus síntomas están caracterizados por una descomposición seca y harinosa, de avance difuso, afectando los tejidos corticales del fruto. Se agrava al remover la fruta del almacenamiento refrigerado y exponerla a altas temperaturas durante la comercialización. En algunos casos afecta la piel y la pulpa, partiéndose ésta, con fisuras profundas. Este disturbio está asociado a deficiencias de calcio en el fruto, alteraciones en la relación K/Ca, acumulación de sorbitol, volátiles tóxicos, acetaldehídos, acetatos etc. Entre los factores predisponentes están la falta de calcio, magnesio y exceso de nitrógeno en el fruto, fruta cosechada con madurez avanzada, alta humedad relativa, largos períodos de almacenamiento, incidencia de corazón acuoso. El bajo número de semillas por fruto, causa una deficiencia de calcio y contribuye para aumentar el disturbio.

Su control se realiza con tratamientos de calcio en pre y postcosecha, buena polinización del huerto, evitando cosechas tardías y períodos prolongados de almacenamiento.

## 6. CORAZÓN ACUOSO, VITRESCENCIA (WATERCORE)

Esta alteración fisiológica, en Brasil, afecta principalmente manzanas cv. Fuji y secundariamente las del grupo Delicious y Granny Smith . Se caracteriza por la presencia de manchas traslúcidas, vidriosas, esponjosas y húmedas en la pulpa del fruto (haces vasculares), región carpelar y tejidos adyacentes. Estas manchas pueden ser de 1 a 2 mm<sup>2</sup> hasta varios cm<sup>2</sup>. Es un daño interno que se presenta en la cosecha, pudiendo desaparecer posteriormente durante el almacenamiento, en caso de daño leve. En casos severos, durante el almacenamiento, se transforma en desintegración interna.

Su causa se debe a la presencia de líquido en los espacios intercelulares con la presencia de altos niveles de sorbitol, carbohidrato de transporte importante en manzanas. El sorbitol no puede ser usado directamente por el fruto, sino que debe ser transformado previamente en fructosa. Esta conversión no se realiza en los tejidos afectados por corazón acuoso, por tanto la susceptibilidad del cultivar a éste problema, depende de su capacidad de convertir el sorbitol en fructosa. Altos contenidos de sorbitol conducen a la acumulación de etanol y acetaldehído.

Por ser un disturbio interno, lo más común es detectarlo partiendo la fruta, siendo un método destructivo de evaluar el problema. Como método no destructivo, se ha experimentado la transmisión de luz, sin embargo éste método sólo evalúa el grado de severidad total, pero no la distribución del área afectada. También es posible separar las frutas afectadas por flotación en soluciones apropiadas de alcoholes (etílico, metílico, isopropílico). Actualmente con la técnica de resonancia magnética nuclear, es posible detectar con claridad la distribución del problema en la manzana.

Como factores predisponentes se cita la cosecha de fruta con madurez avanzada, alta relación hoja/fruto, alta temperatura y luminosidad en la cosecha, fertilización nitrogenada excesiva, deficiencia de calcio, frutos de tamaño grande, etc.

Su control se realiza evitando cosechas tardías, regulando la poda y el raleo, pulverizando la fruta con calcio y almacenando rápidamente la fruta.

## **7. DISTURBIOS EN ATMÓSFERA CONTROLADA**

### **7.1. Daño por toxicidad al dióxido de carbono**

En Brasil, este problema afecta principalmente las manzanas cv. Fuji. El daño externo se presenta como una mancha oscura, similar al escaldado. Este problema está asociado a susceptibilidad varietal al CO<sub>2</sub>, fruta cosechada inmadura, rápido establecimiento de los niveles de CO<sub>2</sub>, antes que la fruta se haya enfriado, exceso de humedad y agua sobre la superficie de la fruta la cual solubiliza el CO<sub>2</sub> manchando la fruta.

El daño interno se manifiesta con oscurecimientos de los tejidos corticales y áreas adyacentes a los carpelos. Los tejidos dañados son firmes y húmedos. Posteriormente pierden humedad y se forman cavidades huecas (cavernas) de color marrón, oscuro y secas. Como factores asociados se encuentran los bajos niveles de oxígeno y bajas temperaturas en cultivares susceptibles. No se ha encontrado una asociación con los niveles nutricionales entre los tejidos afectados y los sanos (Cuadro 3). Como medida de control, se recomienda no almacenar los frutos con niveles altos de CO<sub>2</sub>, y realizar un "pull-down" hasta 8% de O<sub>2</sub>, manteniendo el CO<sub>2</sub> en niveles inferiores a 1% y con temperatura adecuada de almacenamiento.

### **7.2 Daño por falta de oxígeno**

Se presenta cuando la concentración de oxígeno es inferior al 1,5%. El uso generalizado del sistema de atmósfera controlada ULO, junto con deficiencias en el control de los gases, ha causado problemas en los cultivares Gala y Fuji en Brasil.

Los síntomas son manchas de color marrón, oscuras pudiendo presentar fisuras incluyendo el tejido sub-epidérmico. Los tejidos de la pulpa presentan fuerte olor a alcohol (fermentado).

Su causa es la falta de oxígeno, dejando la fruta en condiciones anaeróbicas, alterando su metabolismo de respiración y acumulando alcohol etílico. Las frutas pueden recuperarse, si el contenido de alcohol en los tejidos es inferior a 120 mg/100g. Se recomienda establecer un

margen de seguridad de 0,5% en los niveles establecidos de O<sub>2</sub> y una supervisión periódica de los niveles de este gas en las cámaras frigoríficas con sistemas de atmósfera controlada.

Cuadro 3: Niveles nutricionales en la pulpa de manzanas cv. Fuji, afectadas por oscurecimiento interno en la pulpa, después de 6 meses de almacenamiento en atmósfera controlada en Brasil.

Pulpa de manzana	N <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	K <sup>1</sup>	Ca <sup>1</sup>	Mg <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	(K+Mg)/Ca
Obscura	33,3a	12,6a	168,3a	4,9a	6,1a	2,6a	35,7a
Clara	27,0a	10,0b	147,6b	3,5b	4,5ab	1,9b	44,1a
Sana	31,3a	9,0c	144,3b	3,1b	4,2b	1,7b	49,1a

Medias seguidas por letras distintas, difieren significativamente entre sí, según el test de Duncan (P< 0.05). <sup>1</sup> mg/100g peso fresco <sup>2</sup> ppm

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Anet, E. 1972. Superficial scald, a functional disorder of stored apples: VII. Volatile products from the auto-oxidation of farnesene. *J Sci.Fd.Agric.Res.* 23:605-608.
- Anet, E. 1972. Superficial scald, a functional disorder of stored apples: IX. Effect of maturity and ventilation. *J Sci.Food.Agric.* 23: 763-769.
- Anet, E. 1974. Superficial scald. *CSIRO, Food Res.Quat.*34: 4-8.
- Barden, C.L.; Bramlage, W.L. 1994. Accumulation of antioxidants in apple peel as related to preharvest factors and superficial scald susceptibility of the fruit. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 119: 264-269.
- Beavers, W.B.; Sams, C.E. 1994. Calcium source affects calcium content, firmness and degree of injury of apples during storage. *HortScience*, 29: 1520-1523.
- Bondeaux, P. 1994. Enfermedades de conservación de frutos de pepita, manzanas y peras. MP ed. INRA, Madrid, 172 p.
- Blanpied, G.D. 1981. A relationship between waterloss and storage breakdown of "Mc Intosh" apples. *HortScience*, 16: 525:526.
- Bramlage, W.J.; Weis, S.A.; Greene, D.W. 1990. Observations on the relationship among seed number, fruit calcium and senescent breakdown in apples. *HortScience*, 25:351:353.
- Eksteen, G.J. 1980. Recommendations for the application of DPA. *The Deciduous Fruit Grower*, 30: 82-88.
- Failla, O.; Treccani, C.P.; Mignani, I. 1990. Water status, growth calcium nutrition of apple trees in relation to bitter pit. *Scientia Horticulturae*, 42: 55-64.
- Faust, M.; Shear, C.B. 1968. Corking disorders of apples. A physiological and biochemical review. *Bot.Rev.*, 34: 441-469.
- Fidler, J.C.; Wilkinson, B.G.; Sharples, R.O. 1973. The biology of apples and pear storage. East Malling Research Station. Research Review n°3 Commonwealth Agricultural Bureau, Kent, 235 p.
- Flores-Cantillano, F. 1988. Controle do Bitter Pit. Pelotas, *Jornal do Centro de Fruteiras*, 4:8.
- Flores-Cantillano, F. 1988. Time of harvesting and diphenylamine treatments in the control of superficial scald in apples cv. Fuji in Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Horticulturae*, 232: 245-252.

- Glenn,G.M.; Poovaiah,B.W. 1990. Calcium mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in "Golden Delicious" apples. *J.Amer.Soc.Hort. Sci.*, 115; 962-968.
- Hewett,E.W.; Thompson,C.B. 1989. Modified atmosphere storage and bitter pit reduction in "Cox Orange Pippin" apples. *Scientia Horticulturae*, 39: 117-129.
- Hewett,E.W.; Watkins,C.B. 1991. Bitter pit control by sprays and vacuum infiltration of calcium in "Cox Orange Pippin" apples. *HortScience*, 26: 284-286.
- Huelin, F.E.; Coggiola,I.M. 1970. Superficial scald, a functional disorder of stored apples: V. Oxidation of a-farnesene and its inhibition by diphenylamine. *J.Sci.Fd.Agric.*,21: 44-48.
- Lau, O.L. 1990. Efficacy of diphenylamine, ultra-low oxygen and ethylene scrubbing on scald control in "Delicious" apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*,115 959:961.
- Lau,O.L. 1990. Tolerance of three apple cultivars to ultra-low levels of oxygen. *HortScience*, 25: 1412-1414.
- Lidster,P.D. 1990. Storage humidity influences fruit quality and permeability to ethane in "Mc Intosh" apples stored in diverse controlled atmospheres. *J. Amer. Soc.Hort.Sci.*,115: 94-96.
- Lidster, P.D.;Blanpied,G.D.; Prange,R.K. 1990. Controlled-atmosphere disorders of commercial fruits and vegetables. *Ottawa Agric. Can.Publ. 1847/E*, 58 p.
- Little,C.R.; Peggie,I.D. 1987. Storage injury of pome fruit caused by stress levels of oxygen, carbon dioxide, temperature and ethylene. *HortScience*,22: 783:790.
- Lurie,S.; Meir,S.; Ben-Arie,R. 1989. Pre harvest ethephon sprays reduce superficial scald of "Granny Smith" apples. *HortScience*,24:104-106.
- Lurie,S.; Klein,J.D.; Ben-Arie,R. 1991. Prestorage heat treatments delays development of superficial scald on "Granny Smith" apples. *HortScience*,26: 166-167.
- Marcellin,P.1978. L'échaudure superficielle des pommes. *Fruits*, 33: 43-47.
- Marlow,G.C.; Loescher,W.H. 1984. Watercore. *Hortic.Rev.*6: 189-251.
- Meir,S. Bramlage,W.J. 1988. Antioxidant activity in "Cortland" apple peel and susceptibility to superficial scald after storage. *J. Amer. Soc.Hort.Sci.*,113: 412-418.
- Mir,N.; Wendorf,M.; Perez,R.; Beaudry,R. 1998. Chlorophyll fluorescence in relation to superficial scald development in apple. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, 123: 887-892.
- Perring,M.A.; Pearson,K.; Martin,K.J. 1985. The distribution of calcium in apples with senescent breakdown. *J.Sci.Food Agric.*,36: 1035-1038.
- Porrit,S.W.; Meheriuk,M.; Lidster, P.D. 1982. Postharvest disorders of apples and pears. *Ottawa Agric.Can.Publ.*1737, 66 p.
- Rupasinghe,H.P.V.; Paliyat,G.; Murr,D.P. 1998. Biosynthesis of a-farnesene and its relation to superficial scald development in "Delicious" apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, 123: 882-886.
- Saftner,R.A.; Conway,W.S. 1998. Effect of postharvest calcium chloride treatments on tissue water relations,cell wall calcium levels and postharvest life of "Golden Delicious" apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, 123: 893-897.
- Salunke,D.K.; Kadam,S.S. 1995. Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage and processing. III series:Food science and technology. Marcel Dekker Inc. New York,USA, 611 p.

- Saks,Y.; Sonogo,L.; Ben-Arie,R. 1990. Senescent breakdown of "Jonathan" apples in relation to the water-soluble calcium content of the fruit pulp before and after storage. *J. Amer.Soc.Hort.Sci.*, 115: 615-618.
- Scott,K.J.; Wills,R.B.H. 1975. Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples. *HortScience*,10: 75-76.
- Smock,R.M. 1977. Nomenclature for internal storage disorders of apples. *HortScience*, 12: 306-308.
- Wang,S.Y.; Wang,P.; Faust,M. 1988. Non-destructive detection of watercore in apple with nuclear magnetic resonance imaging. *Scientia Horticulturae*, 35: 227-234.
- Williams,N.W. 1966. Relationship of sugars and sorbitol to watercore in apples. *Proc.Am.Soc.Hortic.Sci.*,88: 67-75.
- Wills,R.; McGlasson,B.; Graham,D.; Joyce,D. 1998. Postharvest. An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. UNSW Press, Adelaide, Australia, 262 p.
- Witney,G.W.; Kushad,M.M. 1990. Correlation of pyruvate kinase activity with bitter pit development in apple fruit. *Scientia Horticulturae*, 43: 247-253.
- Zhanyuan,D.; Bramlage,W.J. 1993. A modified hypothesis on the role of conjugated trienes in superficial scald development on stored apples. *J.Amer. Soc.Hort.Sci.*, 118: 807-813.
- Zhanyuan,D.; Bramlage,W.J. 1994. Roles of ethylene in the development of superficial scald in "Cortland" apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*,119:516-523.