

EL EFECTO DE GASIFICACIONES INICIALES SOBRE LA CONDICION DE LA UVA DE MESA EN POST COSECHA

THOMAS HANKE W. JAIME AUGER S.
 Ing. Agrónomo M.Sc. Ing. Agrónomo MSc. Ph.D.
 Depto. de Sanidad Vegetal

INTRODUCCION

En la uva de mesa, las cualidades óptimas de comercialización son determinadas por sus características morfológicas y organolépticas, y sus particularidades fisiológicas. Aun así, el producto requiere de un adecuado manejo fitosanitario que combine una buena conducción del parronal, la aplicación de fungicidas en pre cosecha y un óptimo manejo en post cosecha, debido a que es extremadamente susceptible al desarrollo de pudriciones, especialmente a la causada por el hongo *Botrytis cinerea* (pudrición gris).

El control de pudriciones en la post cosecha de la uva de mesa es indispensable por el potencial de inóculo de *Botrytis* presente en la fruta cosechada, la imposibilidad de erradicar el patógeno y la capacidad del microorganismo de continuar su desarrollo a una temperatura tan baja como 0°C.

Una rápida cosecha, el manipuleo cuidadoso de la fruta y una rápida aplicación de frío pueden ser factores importantes en el manejo de la uva de mesa, sin embargo, es el anhídrido sulfuroso (SO₂) el único agente químico que controla eficazmente la proliferación de pudriciones, y cuya aplicación no enfrenta mayores complicaciones técnicas.

Existen básicamente dos formas comerciales de aplicación del SO₂; la primera, práctica común en California, consiste en la aplicación de concentraciones relativamente elevadas de SO₂ a un número determinado de cajas de uva en cámaras especiales o frigoríficos; gasificaciones que se repiten con intervalos de 7 a 10 días. La segunda, está básica-

mente asociada al uso de generadores de SO₂. Esta técnica, también denominada "gasificación en empaque", se basa en que cada caja de uva posee un generador o papelillo que contiene metabisulfito de sodio cuya hidrólisis, por la humedad de condensación, libera en forma constante y controlada cierta cantidad de SO₂, por un período de hasta 3 meses.

Si bien los generadores poseen una primera fase de emanación rápida, originando concentraciones más elevadas de SO₂, en las últimas temporadas chilenas se ha considerado necesario el uso de gasificaciones de uva en cámaras sencillas, antes de iniciar el proceso de limpieza y embalaje. Esta práctica es muy justificada dado que, en efecto, se ha comprobado que puede contribuir en forma muy significativa a una disminución del desarrollo de pudriciones.

PROPIEDADES DEL ANHIDRIDO SULFUROSO (SO₂) Y SU EFECTO EN UVA DE MESA

El uso del azufre y sus óxidos tiene una larga tradición en la preservación de alimentos; probablemente son los fungicidas más antiguos del mundo. Actualmente la aplicación del SO₂ en fruta fresca se limita a uva de mesa debido a que es la única fruta que tolera, sin mayores consecuencias fitotóxicas, las concentraciones requeridas para el control de pudriciones.

El SO₂ se obtiene por combustión del azufre; el gas es incoloro, su punto de ebullición es de -10°C a presión atmosférica y su densidad es de 2,3 veces la del aire. Las propiedades antimicrobiales del anhídrido sulfuroso son atribuidas al SO₂ y al H₂SO₃ (solución acuosa del SO₂); ambas moléculas son extremadamente tóxicas a conidias y tejidos vegetativos de hongos fitopatógenos, dado que ocasionan daños irreversibles en los constituyentes esenciales de las células.

Además de las cualidades antimicrobiales, el SO₂ tiene otros efectos específicos en la uva de mesa, como es la mantención de la condición verde del escobajo y la destrucción de pigmentos. Uno de los primeros síntomas visibles después de la aplicación del gas, es un leve pardeamiento del pedicelo y del escobajo que posiblemente, permite que estos mantengan su condición verde en vez de perder su color natural, es decir, se tornen pardo oscuro luciendo poco atractivo. A su vez, la mantención del escobajo y pedicelo, reduce el desgrane de las bayas.

La uva de mesa, a diferencia de otras frutas, es resistente al daño fitotóxico del SO₂ porque la baya posee una compleja matriz cuticular, sin estomas funcionales, resistiendo por consiguiente la difusión transcuticular. Aun así, la destrucción de pigmentos por penetración de SO₂ en la baya, que se manifiesta como blanqueamiento, es uno de los daños más distintivos en la uva de mesa por efecto del gas. Esta destrucción afecta tanto a la clorofila, como a la antocianina y carotina, sin embargo es más evidente en variedades de uvas rojas y negras por efecto de contraste, aunque las variedades blancas son más sensibles a la absorción del SO₂. El blanqueamiento es irreversible y acumulativo y está relacionado con la concentración del SO₂ y el período de almacenamiento. En las prácticas comerciales el uso de generador o gasificaciones periódicas, salvo en casos especiales, no ocasionan problemas de blanqueamiento.

EFFECTO DE GASIFICACIONES DE PRE-EMBALAJE EN EL DESARROLLO DE PUDRIONES

En respuesta a las restricciones en el uso del SO₂ en frutas y verduras por parte de las autoridades americanas y europeas y con objeto de investigar y perfeccionar el manejo fitosanitario de uva de mesa después de la cosecha, los autores, con el auspicio de CORFO,

llevaron a cabo experiencias que permitieron demostrar el efecto positivo de las gasificaciones iniciales. Un estudio en particular, que se desarrolló en 1986-87 simulando estrictamente el manejo técnico-comercial de uva de mesa en diferentes zonas de producción, permitió determinar mediante inoculación el efecto de gasificaciones iniciales. Esta técnica de inoculación es una metodología que permite determinar la efectividad de tratamientos en uva de mesa en post-cosecha, bajo un nivel similar de infección, aplicado a las respectivas unidades del experimento y consiste en colocar, uniformemente distribuidas, 8 bayas individuales previamente inoculadas y con evidentes síntomas de pudrición en cada caja de uva.

En los diversos tratamientos efectuados (Cuadros 1, 2, 3 y 4) se detectó que en el caso de la uva gasificada previo al embalaje el efecto de los diversos tratamientos realizados era independiente a la variedad y zona de producción. Los tratamientos en que se utilizaron generadores de 1 fase (lenta) demostraron claramente el efecto de la gasificación, pero los tratamientos con generadores de 2 fases fueron más efectivos en el control de las pudriciones en uva gasificada previamente. La mayor efectividad de la gasificación puede ser muy considerable, si se comparan, por ejemplo, los resultados obtenidos en la variedad Thompson Seedless, que es la más susceptible a desarrollo de pudriciones.

Al someter los resultados a una prueba de contraste (Cuadro 3), en la cual no se considera ninguna otra variable que pudiese provocar efectos entre tratamientos, que no sean los causados por la gasificación inicial, el efecto de la gasificación es aun más claro.

Existen 3 razones que explican porque las gasificaciones iniciales tienen un efecto destacado en el control de las pudriciones fungosas:

1. Durante la faena de cosecha de uva de mesa ocurre un incremento, en el ambiente, de la concentración de conidias de patógenos causantes de pudrición, por lo tanto las posibilidades de contaminación de uva cosechada aumentan considerablemente.
2. Dadas las condiciones ambientales, la invasión del patógeno, es decir la germinación de conidias y la consecuente penetración a la baya puede ocurrir relativamente rápido.
3. La fase rápida del generador de SO₂ se activa minutos después de ser éste colocado en la caja de uva de exportación. Sin em-

CUADRO 1

Efecto del tratamiento en el desarrollo de pudrición en la variedad Thompson Seedless

| THOMPSON SEEDLESS Los Andes (V Región) | Nº de bayas con síntomas de pudrición (a) |
|---|--|
| Tratamientos (b): | |
| Control, c/inoc. | 149,00 a |
| Control, s/inoc. | 118,00 a b |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 75,75 bc |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 50,50 cd |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 40,75 cde |
| S/Gen., c/SO ₂ in., c/inoc. | 37,75 de |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 18,50 ef |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 6,25 fgh |
| S/Gen., c/SO ₂ in., s/inoc. | 3,00 gh |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 3,00 gh |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 0,25 gh |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 0,25 h |

a. Media de 4 repeticiones. Las medias con distintas letras en sentido vertical indican diferencias significativas al 5% (Rango Múltiple de Duncan).

b. Control: Sin tratamiento de gasificación y/o generador.
Gen. 1f: Generadores de 1 fase (lenta).
Gen. 2f: Generadores de 2 fases.
S/Gen: Sin Generador.
S-c/SO₂ In: Sin o con gasificación inicial, al 0,5% Vol, previo embalaje.
S-C/inoc: Sin o con inoculación de 8 bayas por caja.

bargo, puede transcurrir un período prolongado desde cosecha hasta embalaje, suficiente para que se produzcan infecciones por contacto.

LAS GASIFICACIONES INICIALES Y LOS RESIDUOS DE SO₂ EN UVA DE MESA

En relación al efecto en la condición del esbajo y en el desarrollo de blanqueamiento

CUADRO 2

Efecto del tratamiento en el desarrollo de pudrición en la variedad Flame Seedless

| FLAME SEEDLESS San Felipe (V Región) | Nº de bayas con síntomas pudrición (a) |
|---|---|
| Tratamientos (b) | |
| Control, c/inoc. | 279,00 a |
| Control, s/inoc. | 165,00 b |
| S/Gen., c/SO ₂ in., c/inoc. | 54,30 c |
| S/Gen., c/SO ₂ in., s/inoc. | 14,50 cd |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 13,75 cd |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 10,67 cd |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 9,25 d |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 8,25 d |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 6,75 d |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 6,50 d |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 6,00 d |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 4,50 d |

a. Media de 4 repeticiones. Las medias con distintas letras en sentido vertical indican diferencias significativas al 5% (Rango Múltiple de Duncan).

b. Control: Sin tratamiento de gasificación y/o generador.
Gen. 1f: Generadores de 1 fase (lenta).
Gen. 2f: Generadores de 2 fases.
S/Gen: Sin Generador.
S-c/SO₂ In: Sin o con gasificación inicial, al 0,5% Vol, previo embalaje.
S-C/inoc: Sin o con inoculación de 8 bayas por caja.

de la baya, en este estudio no se observó diferencias entre uvas con o sin gasificaciones iniciales. Otro aspecto que se ha discutido reiteradas veces es el que si gasificaciones iniciales contribuyen a la generación de residuos de sulfitos en destino. Esta preocupación se basa en las imposiciones de origen toxicológico que las autoridades americanas han impuesto al uso de agentes sulfitantes.

Si bien las gasificaciones iniciales pueden tener un efecto inmediato en la generación de residuos, es decir, cuando se determinan in-

CUADRO 3

Efecto del tratamiento en el desarrollo de pudrición en la variedad Thompson Seedless

| THOMPSON SEEDLESS Rancagua (VI Región) | Nº de bayas con síntoma de pudrición (a) |
|---|---|
| Tratamientos (b): | |
| Control, c/inoc | 185,5 a |
| Control, s/inoc | 109,75 b |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 38,00 c |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 29,50 cd |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 13,00 de |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 7,00 efg |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 2,00 fgh |
| S/Gen., c/SO ₂ in., s/inoc. | 1,25 h |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 0,75 h |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 0,75 h |
| S/Gen., c/SO ₂ in., c/inoc. | 0,50 h |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 0,50 h |

- a. Media de 4 repeticiones. Las medias con distintas letras en sentido vertical indican diferencias significativas al 5% (Rango Múltiple de Duncan).
- b. Control: Sin tratamiento de gasificación y/o generador.
 Gen. 1f: Generadores de 1 fase (lenta).
 Gen. 2f: Generadores de 2 fases.
 S/Gen.: Sin generador.
 S-C/SO₂ In: Sin o con gasificación inicial, al 0,5%/Vol. previo embalaje.
 S-C/Inoc.: Sin o con inoculación de 8 bayas por caja.

mediatamente después de la aplicación del gas, esta práctica no tiene mayor efecto, si la uva de mesa es sometida a una práctica comercial de embalaje y transporte a mercados de destino distantes, que demoran generalmente más de 10 días de viaje (Cuadro 3). La detección de residuos en destino está vinculada exclusivamente a la carga de metabisulfitos de sodio de los generadores y aparentemente no guarda relación con la gasificación previa.

CUADRO 4

Efecto del tratamiento en el desarrollo de pudrición en la variedad Ribier

| RIBIER Región Metropolitana | Nº de bayas con síntomas de pudrición (a) |
|---|--|
| Tratamientos (b): | |
| Control, c/inoc. | 95,00 a |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 19,50 b |
| Control, s/inoc. | 14,00 b |
| Gen. 1f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 12,00 b |
| S/Gen., c/SO ₂ in., c/inoc. | 11,25 bc |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 4,00 c |
| S/Gen., c/SO ₂ in., s/inoc. | 3,25 cd |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., c/inoc. | 2,00 cd |
| Gen. 1f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 2,00 cd |
| Gen. 2f, s/SO ₂ in., s/inoc. | 1,50 cd |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., s/inoc. | 0,75 cd |
| Gen. 2f, c/SO ₂ in., c/inoc. | 0,00 d |

- a. Media de 4 repeticiones. Las medias son distintas letras en sentido vertical indican diferencias significativas al 5% (Rango Múltiple de Duncan).
- b. Control: Sin tratamiento de gasificación y/o generador.
 Gen. 1f: Generadores de 1 fase (lenta).
 Gen. 2f: Generadores de 2 fases.
 S/Gen.: Sin generador.
 S-C/SO₂ In: Sin o con gasificación inicial, al 0,5%/Vol. previo embalaje.
 S-C/Inoc.: Sin o con inoculación de 8 bayas por caja.

DISEÑO DE UNA CAMARA DE GASIFICACION

Las gasificaciones iniciales, si se aplican, puede que no se realicen cumpliendo con los requisitos mínimos que garantice una homogénea distribución del SO₂, una mínima contaminación del ambiente de la planta empaquetadora y una operación expedita. En repetidas ocasiones se puede observar deficiencias fun-

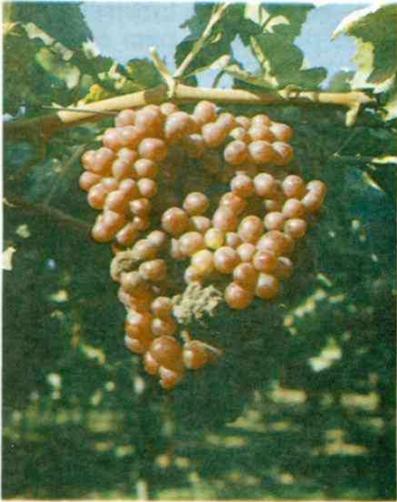


Figura 1. Pudrición del racimo causada por *Botrytis cinerea* en pre-cosecha.

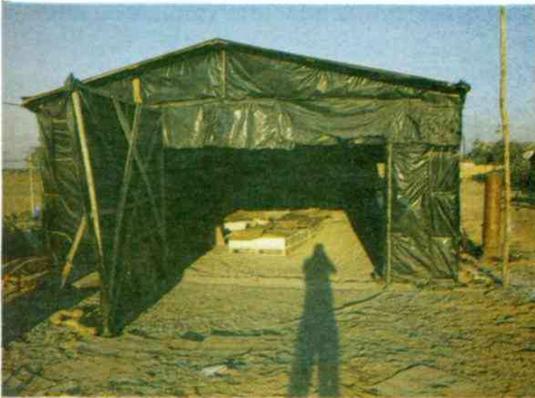


Figura 2. Vista parcial de una cámara cuya construcción y diseño no cumple con las exigencias de seguridad y de eficiencia para cumplir con un adecuado proceso de gasificación.



Figura 3. Cámara proyectada y construida de acuerdo a las exigencias y normas de seguridad para realizar un adecuado proceso de gasificación con Anhídrido Sulfuroso.

damentales en la aplicación del SO_2 ; el productor, en tal caso tiene la impresión de haber procedido bien en circunstancias que la operación fue ineficiente.

La gasificación consiste en principio, en impregnar con SO_2 el ambiente que envuelve las uvas cosechadas, con objeto de hacer llegar a la periferia de la uva moléculas de SO_2 a fin de que interactúen con posibles fuentes de inóculo. El medio que permite este proceso es aire forzado, es decir un caudal de aire que se convierte en vehículo del SO_2 . Una distribución del SO_2 por efectos de difusión y/o peso específico no es de utilidad práctica para efectos de gasificaciones, dado que el factor tiempo es limitado.

Existen diferentes sistemas de ventilación, sin embargo se debe preferir el utilizar los sistemas de circuito cerrado ya que permiten una continua circulación del volumen total del aire de la cámara en un determinado tiempo y garantizan efectivamente una mejor dispersión del gas (SO_2) en toda la carga de uva. Los turbo ventiladores son para estos efectos específicos, los más adecuados pues logran un mayor grado de distribución del SO_2 en un período más reducido, permiten además una mayor carga útil de la cámara, son menos ruidosos y permiten proteger el motor y las conexiones eléctricas del efecto corrosivo del SO_2 .

La capacidad del ventilador debe ser proporcional a las dimensiones propias de la cámara, y sobre todo de acuerdo a la carga de uva de mesa a tratarse y del período de tiempo dentro del cual se quiere lograr una gasificación efectiva. El tiempo de exposición de la uva al SO_2 puede reducirse considerablemente si el equipo lo permite, haciendo así una operación expedita.

También es importante diseñar la cámara de gasificación y el sistema de ventilación de manera de lograr una homogénea mezcla del SO_2 en el aire circulante, es decir, permitir que el SO_2 se gasifique y se incorpore completamente a las masas de aire antes de entrar en contacto con la uva de mesa. En el diseño debe considerarse además la forma de distribución del aire sulfurado de acuerdo a si la cámara de gasificación opera con carros cosecheros, pallets cosecheros o ambos sistemas de carga de uva de mesa.

Finalmente se requiere de un mecanismo de flujo de aire que permita además conectar un sistema de expulsión del aire circulante de manera de lograr una degasificación expedita. Ideales para este propósito son los sistemas que intercambian las masas de aire sul-

furados con aire externo utilizando el mismo sistema de ventilación.

La dosificación e inyección del SO₂ para gasificaciones iniciales si bien requiere de cuidado es relativamente sencilla. La seguridad de la operación es aún un aspecto descuidado en la aplicación del gas, situación que se pudo comprobar en varias de las cámaras de gasificación visitadas.

Cabe destacar la siguiente advertencia: El SO₂ está contenido en estanques cilíndricos en concentraciones de un 95 a un 99% y a una presión de 6 a 7 atm. para su licuación. Deficiencias en la instalación de ductos del SO₂ o de la cámara pueden producir escapes del gas con consecuencias nocivas para la salud de los operarios. Wucherpfenning (1984) cita refe-

recias que indican que inhalaciones de concentraciones de 10 a 50 ppm de SO₂ pueden producir mareos, vómitos, diarreas, cianosis (deficiencia de oxígeno en la sangre); inhalación de 50 a 1.000 ppm por un período de 30 a 60 minutos e inhalaciones momentáneas de 400 a 500 ppm pueden inclusive causar la muerte en seres humanos.

La concentración de SO₂ requerida para la gasificación inicial depende de varios factores, sin embargo no es crítico que no se dosifique la cantidad calculada. Cabe hacer notar que el 90% del SO₂ dosificado puede ser absorbido durante la gasificación por las cajas y viruta de madera. En la práctica se estima la cantidad requerida, a una concentración de 0,5% por volumen, en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Kg. SO}_2 = \frac{0.5\% \times \text{esp. libre de cámara}}{\text{Vol. de 1 Kg SO}_2 \text{ a } t^{\circ}\text{C dada}} + \text{N}^{\circ} \text{ cajas} \times \text{factor de absorción}$$

$$\begin{aligned} \text{Kg. SO}_2 &= \text{Cantidad a dosificar} \\ \text{Esp. Libre} &= \text{Volumen total de cámara} - \text{Vol. de cajas de uva} \\ \text{Vol. 1 Kg SO}_2 \text{ a } 20^{\circ}\text{C} &= 0.374 \text{ m}^3 \text{ a } 0^{\circ}\text{C} = 0.343 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Fuente: Nelson 1985

La dosificación del SO₂ propiamente tal puede ser volumétricamente vía dosificador, o gravimétricamente vía romana. El dosificador comercial puede ser más exacto sobre todo en cantidades menores pero requiere sin embargo de un mayor cuidado en la operación.

El tiempo requerido para gasificar depende básicamente del grado de eficiencia de la cámara, es decir de la rapidez en la cual se logra homogenizar el total de la carga de uva con el aire contaminado. Cabe señalar que el efecto del SO₂ a estas concentraciones sobre el propágulo del hongo es casi inmediato, es decir, no se requieren 20 minutos para lograr el efecto tóxico. De esta manera, en la medida que los sistemas de gasificaciones sean más eficientes el período de gasificación podría reducirse. De igual forma el período de degasificación va de acuerdo al número de cajas de uva en la cámara y la eficiencia en el sistema.

En síntesis los resultados de las investigaciones realizadas han comprobado que las gasificaciones iniciales de SO₂ son una práctica

de control de pudriciones altamente eficiente. Entre las consideraciones que explican este efecto se destacan el incremento exponencial de contaminación de la uva por esporas de patógenos causantes de pudrición, a raíz de las faenas de cosecha, la rapidez con la cual las fuentes de inóculo podrían lograr una infección dadas las condiciones ambientales, y el prolongado período que puede transcurrir hasta que la uva cosechada pueda beneficiarse de la emanación de SO₂, a través, de la fase rápida de un generador una vez embalada la fruta.

Para que las gasificaciones sean recomendables también desde el punto de vista operacional se deben observar mínimas normas técnicas y de seguridad. Las cámaras debieran adaptarse al flujo diario máximo de uva en proceso para evitar demoras perjudiciales para la fruta a gasificar. Por lo mismo, las cámaras también debieran adaptarse al modo de transporte de uva, ya sea que se consideren gasificaciones de cajas de uva sobre carros cosecheros y/o cajas cosecheras sobre pallets. El diseño de la cámara debe considerar por otro lado construcciones simples pero herméticas

y equipos de ventiladores que efectivamente correspondan al tamaño de las cámaras. La ubicación de éstas tienen que garantizar el fácil acceso, estar cerca de la planta embaldadora y en lo posible respetar la predominancia de vientos locales para que el aire contaminado evacuado no sea arrastrado hacia el lugar de embalado.

BIBLIOGRAFIA

- ECKERT, J.W. 1977. Control of postharvest diseases. En: M.R. Stiegel and H.D. Sissler (editores). Antifungal Compounds, Vol. 1, Marcel Dekker, Inc. Nueva York. p. 269-352.
- HANKE, T. 1987. El diseño de una cámara de gasificación de uva de mesa. En: Manejo de Botrytis y otras plagas en uva de mesa. Edición Pontificia Universidad Católica de Chile. p. 41-58.
- HANKE, T. 1988. Uso de caja de poliestireno para la exportación de uva. Edición CORFO Fondo de Desarrollo Productivo. 57 p.
- HARVEY, J.M. y M. UOTA. 1978. Table grapes and refrigeration: Fumigation with sulfur dioxide. Intl. J. Refrig. 1 (3): 167-171.
- HARVEY, J.M., C. MAX HARRIS, T. HANKE and P. HARTSELL. 1988. Sulfur dioxide fumigation of table grapes: Relative sorption of SO₂ by fruit and packages, SO₂ residues, decay, and bleaching. Am. J. End. Vitic. 39: 132-136.
- NELSON, K.E. 1985. Harvesting and handling California table grapes for market. Div. Agr. Sci., University of California. 72 p.
- NELSON, K.E. y H.B. RICHARDSON. 1967. Storage temperature and sulfur dioxide treatment in relation to decay and bleaching of stored table grapes. Phytopathology 57: 950-955.
- WUCHERPFENNING, K. 1984. Die schweflige Säure im Wein - önologische und toxiologische Aspekte. En: Deutsches Weinbau-Jahrbuch 1984. Waldkircher Verlagsgesellschaft (editores) p. 213-242.

Hoechst

