



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA FIRMEZA DE BAYA EN UVA DE MESA

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO Y GRADO
DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AGROPECUARIAS,
MENCIÓN PRODUCCIÓN FRUTÍCOLA

MILENKA MARIOT BRAYOVIC PIÑONES

DIRECTORES DE TESIS

RODRIGO CALLEJAS RODRÍGUEZ
M. CECILIA PEPPI ARONOWSKY

PROFESORES CONSEJEROS

BRUNO RAZETO MIGLIARO
GABINO REGINATO MEZA

SANTIAGO DE CHILE
OCTUBRE 2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA FIRMEZA DE BAYA EN UVA DE MESA

Tesis presentada para optar al Título de Ingeniero Agrónomo y Grado de Magister en
Ciencias Agropecuarias Mención Producción Frutícola.

MILENKA MARIOT BRAYOVIC PIÑONES

Directores de tesis	Calificaciones (Memoria de título)	Calificaciones (Tesis de Grado)
Sr. Rodrigo Callejas Rodríguez Ing. Agr. Dr. sc. agr.	6,7	Aprobado
Sra. M. Cecilia Peppi Aronowsky Ing. Agr. M.S.Ph.D.	6,2	Aprobado
Profesores Evaluadores/consejeros		
Sr. Bruno Razeto Migliaro Ing. Agr. M.S.	6,5	Aprobado
Sr. Gabino Reginato Meza Ing. Agr. Mg.Sc.	6,0	Aprobado

SANTIAGO DE CHILE
OCTUBRE 2010

ÍNDICE

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
Referencias bibliográficas	5
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LA FIRMEZA DE BAYA Y PULPA EN RACIMOS DE DIFERENTE FIRMEZA EN CINCO VARIEDADES DE UVA DE MESA.....	8
Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción.....	10
Hipótesis y objetivos.....	12
Materiales y métodos	13
Resultados	16
Discusión.....	22
Conclusiones.....	24
Referencias bibliográficas	25
ANEXO I.....	28
CAPÍTULO III: EVOLUCIÓN DE LA FIRMEZA DE BAYA EN ALMACENAJE REFRIGERADO EN LA VARIEDAD THOMPSON SEEDLESS	33
Resumen.....	33
Abstract	34
Introducción.....	35
Hipótesis y objetivos.....	36
Materiales y métodos	36
Resultados	37
Discusión.....	44
Conclusiones.....	46
Referencias bibliográficas	46

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para la industria exportadora de uva de mesa chilena es de vital importancia la calidad y la condición de las bayas que conforman el racimo. La calidad se refiere a aquellos atributos que prácticamente se mantienen en el tiempo, tales como, diámetro, peso y color de las bayas, mientras que la condición son todos aquellos atributos que evolucionan o cambian en el tiempo y que generan un producto menos atractivo, como la firmeza (Del Solar *et al.*, 2001). Precisamente, uno de los problemas que está enfrentando la producción nacional de fruta destinada a los mercados internacionales, es su condición de llegada (Pérez *et al.*, 2000); por esta razón es que los requerimientos de calidad para uva de mesa se han incrementado con el tiempo y adicionalmente a las exigencias tradicionales, referidas a tamaño de las bayas, grado de azúcar, conformación del racimo, etc., se ha agregado la firmeza de bayas, definida como “la resistencia a la deformación mediante la aplicación de una fuerza” (Jowitt, 1974). Este nuevo requisito ha sido autoimpuesto a nivel nacional debido a la extrema competitividad en el ámbito exportador y la necesidad de diferenciar los productos. Actualmente, un racimo que reúne los requisitos tradicionales, pero que no presenta bayas firmes o crocantes, pierde valor (Zoffoli y Rodríguez, 2000). La condición de baya firme indica que no ha habido más que un ligero cambio en la turgencia de las bayas desde el momento de la cosecha, debido a una pequeña pérdida de humedad (Pérez, 2000).

La característica de baya firme o crocante está relacionada con la variedad, el manejo productivo, su manipuleo en la cosecha y su conservación en postcosecha (Winkler *et al.*, 1974). Por lo tanto, la condición de baya blanda es modificable cuando se aplican tecnologías agronómicas durante el desarrollo de la fruta en el campo, durante la cosecha, así como en los procesos de postcosecha y transporte a los mercados de destino (Zoffoli y Rodríguez, 2000).

La formación de bayas blandas puede deberse a problemas fisiológicos complejos y aparentemente aleatorios que ocurren durante su crecimiento, vinculados principalmente a desórdenes del metabolismo nitrogenado, insuficiencia de calcio en los tejidos estratégicos, competencia por nutrientes y asimilados y situaciones de estrés a nivel radical (Redgwell *et al.*, 1997). Adicionalmente, se ha asociado también a la pérdida de turgencia durante la postcosecha, debido a deficiencias en el almacenamiento. En este sentido, pérdidas de agua equivalentes al 5-10% del peso fresco durante la postcosecha de la uva pueden producir fruta comercialmente inaceptable (Seymour *et al.*, 1993).

La pared celular juega un importante rol en la firmeza de las bayas, puesto que es el exoesqueleto de las células; determina su forma y es responsable de mantener su turgor. Está compuesta por microfibrillas de celulosa, las que están embebidas en una matriz de polisacáridos, como hemicelulosas y pectinas (Taiz y Zeiger, 1998). Estas pectinas también están presentes en la lamela media y tienen la función de regular la adhesión celular (Rose y Bennett, 1999) y rigidez de los tejidos (Cabanne y Doneche,

2001; Poovaiah, 1979). Las pectinas son un grupo de polisacáridos ricos en ácido galacturónico y clasificados en tres tipos de polímeros: homogalacturonanos, ramnogalacturonanos I y ramnogalacturonanos II (Vicens *et al.*, 2009). El ablandamiento de las bayas durante la maduración de la fruta se debe específicamente a la solubilización de polisacáridos pécticos de la pared celular y por la pérdida de residuos de galactosa desde las cadenas laterales de pectina (Redgwell *et al.*, 1997), lo que ocurre tanto en la pulpa como en la piel de la baya, ya que Ortega–Regules *et al.* (2008) determinaron pérdida de galactosa insoluble y Vicens *et al.* (2009) un aumento de polisacáridos solubles y una moderada solubilización de éstos en la piel de la baya.

Las sustancias pécticas están en estrecha relación con los niveles de calcio (Cabanne y Doneche, 2001; Poovaiah, 1979), ya que los principales componentes pécticos de la pared celular corresponden a galacturonanos. Algunos galacturonanos son metilados, lo que permite que el calcio se una a estos grupos (Ferguson, 1984), que son neutrones de los ácidos poligalacturónicos ($R-COO^-$), permitiendo la unión de varias cadenas y formándose pectato de calcio, componente que controla la adhesión intercelular y determina en gran parte la textura del fruto (Cabanne y Doneche, 2001). Además, la estabilidad del complejo pectina-calcio disminuye la vulnerabilidad de la pared celular al ataque de las enzimas poligalacturonasas (Buescher *et al.*, 1979). Al parecer, el descenso de calcio en la madurez es un prerrequisito para la solubilización y depolarización de las pectinas, permitiendo la degradación de la pared celular por las poligalacturonasas (Rigney y Wills, 1981). En el caso de la vid, las poligalacturonasas actúan tanto en la piel como en la pulpa (Cabanne y Doneche, 2001).

Otros antecedentes indicarían una asociación entre el fenómeno de ablandamiento con anomalías del metabolismo del nitrógeno. La vinculación estaría centrada en la putrescina, un metabolito nitrogenado que está presente en pequeñas cantidades en los tejidos vegetales sanos, pero que, al sobrepasar cierto umbral, provoca necrosis (Smith, 1985). Esta necrosis del tejido conductor sería la causante de la pérdida de turgencia de las bayas, que es un trastorno característico del “Palo Negro”, el cual, además, está asociado, entre otros, a niveles de calcio (Di Tomasso *et al.*, 1989).

En lo que respecta a la competencia por metabolitos, el trastorno del ablandamiento puede deberse a un menor flujo de asimilados y nutrientes osmóticamente activos al fruto por competencia entre frutos (Ruiz y Guardiola, 1994; Ruiz *et al.*, 2001) o a alteraciones del movimiento de solutos por acción hormonal.

Es conocido que la turgencia de los frutos está en estrecha dependencia con la entrada de agua por fenómenos osmóticos. Ésta, a su vez, depende de la presencia de solutos osmóticamente activos al interior de las bayas, dentro de los cuales se encuentran nutrientes minerales y metabolitos orgánicos, como los azúcares, tales como glucosa y fructosa. Aquellas bayas con mayor contenido de azúcares tienen una mayor presión osmótica, por ende, una mayor capacidad de atracción por agua y una mayor firmeza (Salisbury y Ross, 1992).

En consecuencia, la firmeza de bayas es un atributo fundamental para una buena comercialización, la que, al ser un indicador de frescura, es importante en la aceptación del consumidor (Pérez *et al.*, 1998).

A pesar de que existen antecedentes acerca de la firmeza de bayas, es, en general, un aspecto poco estudiado, subjetivo, y que no cuenta con escalas comparativas objetivas. Los índices de cosecha de la uva de mesa consideran sólo la concentración de sólidos solubles, la acidez titulable y, en algunas variedades, el color. A diferencia de lo que sucede con otros frutos, no se considera la firmeza. Esto último, probablemente, se debe a que existen características más representativas de la madurez, pero al considerar firmeza, se podría aprovechar mejor el potencial de una variedad y así llegar al mercado con una fruta en óptimas condiciones (Larraín y Peppi, 1995).

Con el fin de establecer parámetros de firmeza objetivos, podrían utilizarse tres instrumentos de medición:

a) Firmtech 2®; instrumento que mide la deformación de la baya y su diámetro ecuatorial. La unidad de medida es en $g \cdot mm^{-1}$ y corresponde a la fuerza necesaria para deformar un milímetro la baya. La prueba automatizada se realiza con una placa giratoria y un programa compatible con Windows 95/98/00/XP. Los datos se almacenan en un formato que es fácilmente accesible por el MS Excel macros, con opciones para almacenar los datos para la recuperación por un programa de la base de datos (ej. MS Access) sobre una red. Este medidor de firmeza automatizado está especialmente diseñado para realizar tal determinación en frutos pequeños (Mitcham *et al.*, 1997).

b) Medidor de torque Torque Load Sensor®; conectado a un indicador digital que registra fácilmente la fuerza máxima de torsión. Al girar la baya con la hélice en el interior, permite obtener una referencia de la condición de la pulpa. También evalúa, con respecto al total de la muestra, la desviación en relación a la fuerza máxima, mínima y media. Su capacidad es de 50 oz/ 4 kg/ 40 N, con una resolución de 0,1 oz/ 0,01 kg/ 0,1 N. La unidad de medida es en Newton por centímetro (N·cm).

c) Durofel®; instrumento que mide firmeza de la baya por medio de presión, entregando valores referenciales según el dispositivo que se utilice. El más apropiado para uva es Durofel 25, el cual arroja, como valores promedio de firmeza, entre 30 y 80. Se deben realizar dos mediciones, una por cada lado y en el sector ecuatorial de la baya, evitando los lugares con suturas y huecos.

Estos instrumentos se consideran aptos para realizar esta evaluación, ya que según Bernstein y Lustig (1981), las mediciones de firmeza en bayas deben estar basadas en uno de los siguientes principios:

- a) Medida de la deformación que resulta de la aplicación de una fuerza constante.
- b) Medida de la fuerza que es requerida para obtener una deformación predeterminada.

Además, según ensayos de firmeza en bayas de uvas, realizados por el Departamento de Viticultura y Enología de la Universidad de Stellenbosch en el año 1996, citado por Pérez (2000), se determinaron tres tipos de medidas posibles de evaluar:

- Firmeza de la baya intacta en algún sector de ella. En este caso se mide la contribución conjunta de la pulpa, la película y la fuerza debida al turgor.
- Firmeza medida después de remover el efecto de turgencia mediante cortes en la baya, considerando sólo el efecto de la película y la firmeza de la pulpa.
- Firmeza de la pulpa, medida al eliminar la película de la baya en el punto de medición.

Referencias bibliográficas

Berstein Z. and I. Lustig. 1981. A new method of firmness measurement of grape berries and other juicy fruits. *Vitis* 20: 15-21.

Buescher R. W., J. M. Hudson and J. R. Adams. 1979. Inhibition of polygalacturonase softening of cucumber pickles by calcium chloride. *Journal of Food Science* 44: 1786-1787.

Cabanne CH. and B. Donèche. 2001. Changes in poligacturonase activity and calcium content during ripening of grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 52: 331-335.

Del Solar C. E., D. Depallens, J. A. Soza y P. Vergara. 2001. Efectos de fitorreguladores, citoquininas naturales y sintéticas sobre la calidad y condición en postcosecha de uva de mesa (*Vitis vinifera L.*). *Aconex* 72: 5-10.

Di Tomasso J. M., J. E. Scaf and L.V. Kochian. 1989 Putrescine induced wounding and its effects on membrana integrity and ion transport processes in root of intact corn seedling. *Plant Physiology* 90: 988-995.

Ferguson, I. B. 1984. Calcium in plant senescent and fruit ripening. *Plant, Cell and Environment* 7: 477-489.

Jowitt, R. 1974. The terminology of food texture. *Journal of Texture Studies* 5: 351-358.

Larraín, J. A y M. C. Peppi. 1995. Evaluación de la firmeza de las bayas y la calidad de la uva del cv. Redglobe en postcosecha. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 75p.

Mitcham E., M. Clayton, B. Biasi and S. Southwick. 1997. Evaluation of four cherry firmness measuring devices. pp 34-43. *In: 13th Annual Postharvest Conference*. Davis, California, USA. March 1997. University of California. Davis, California, USA.

Ortega-Regules, A., J. M. Ros-García, A. B. Bautista-Ortín, J. M. López-Roca and E. Gómez-Plaza. 2008. Changes in skin cell wall composition during the maturation of four premium wine grape varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 88: 420-428.

Pérez, J. 2000. Evaluación de la textura y la estructura anatómica de bayas débiles en uva de mesa de exportación. pp 55-77. *In*: Pérez J., S. Barros, M. C. Peppi y A. Pérez. Calidad y condición de llegada a los mercados extranjeros de la uva de mesa de exportación. Colección de Extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 202p.

Pérez J., M. C. Peppi y J. A. Larraín. 1998. Influencia de la carga, fecha de cosecha, sombreado y aplicaciones de calcio sobre la calidad de la uva y firmeza de las bayas del cv. Red Globe. *Ciencia e Investigación Agraria* 25: 175-184.

Pérez J., J. P. Zoffoli, A. Pérez y A. Vargas. 2000. Evolución de la textura de bayas del cv. Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria* 27 (2): 117-126.

Poovaiah B. W. 1979. Role of calcium in ripening and senescence. *Communications in the Soil Science and Plant Analysis* 10: 83-88.

Redgwell R. J., M. Fischer, E. Kendall and E. A. Mac-Rae. 1997. Galactose loss and fruit ripening: high – molecular – mass arabinogalactans in the pectic polysaccharides of the fruit cell walls. *Planta* 203: 174-181.

Rigney C. J. and R. H. B. Wills. 1981. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortScience* 16: 550-551.

Rose, J. K. C. and A. B. Bennett. 1999. Cooperative disassembly of the cellulose-xylloglucan network of plant cell walls: Parallels between cell expansion and fruit ripening. *Trends in Plant Science* 4: 176-183.

Ruíz R. and J. L. Guardiola. 1994. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscission. *Physiologia Plantarum* 90: 27-36.

Ruíz R., L. García, C. Monerri and J. L. Guardiola. 2001. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. *Annals of Botany* 87: 805-812.

Salisbury F. B. and C. W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing. Belmont. CA. 682p.

Seymour G., J. Taylor and A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit Ripening*. First edition. University Press, Cambridge. 454p.

Smith T. A. 1985. Polyamines. *Annual Review of Plant Physiology* 36: 117-143.

Taiz L. and E. Zeiger. 1998. *Plant Physiology*. Second edition. Sinauer associates. Massachusetts, USA. 814p.

Vicens A., D. Fournand, P. Williams, L. Sidhoum, M. Moutounet and T. Doco. 2009. Changes in polysaccharides and protein composition of cells walls in grape berry skin (cv. Shiraz) during ripening and over-ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 2955-2960.

Winkler J. A., J. A. Cook, W. M. Kliewer and L. A. Lider. 1974. *General Viticulture*. Second Ed. University of California Press, Berkeley, USA. 710p.

Zoffoli J. P. and J. Rodríguez . 2000. Comparison of devices for the assessment of table grape berry texture. pp 85. *In: 4th Internacional Symposium on Table Grapes*. La Serena, Chile. 28 Noviembre-01 Diciembre. 212p.

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LA FIRMEZA DE BAYA Y PULPA EN RACIMOS DE DIFERENTE FIRMEZA EN CINCO VARIEDADES DE UVA DE MESA

Resumen

En la industria de la uva de mesa, es fundamental adaptar y calibrar el uso de instrumentos, de manera de objetivar las evaluaciones de firmeza de bayas de los racimos. Con este propósito, se evaluó la firmeza de bayas en las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Red Globe, Thompson Seedless y Crimson Seedless, por medio de dos instrumentos: Firmtech 2® y medidor de torque Torque Load Sensor®. Con la ayuda de personal experimentado, cada variedad fue cosechada por su condición de firmeza, diferenciándose tres categorías: racimo firme (RF), racimo medianamente firme (RMF) y racimo blando (RB). Inmediatamente, en el Laboratorio de Viticultura de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, se realizaron los análisis de firmeza ($\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$) de todas las bayas de los racimos por medio de Firmtech 2®. Luego se escogió una muestra representativa de bayas de cada sector del racimo (superior, medio y distal), donde se realizaron evaluaciones de peso fresco (g), largo (mm), ancho (mm), firmeza de pulpa (N·cm) con el instrumento Torque Load Sensor®, concentración de sólidos solubles (%) y peso seco (g) de cada baya. Además, en la variedad Thompson Seedless, se determinó la correlación entre Firmtech 2® y Durofel®, con 150 bayas seleccionadas al azar.

Los resultados indican que existen diferencias significativas entre los tres tipos de racimos seleccionados (firmes, medianamente firmes y blandos), en todas las variedades, excepto en Superior Seedless, donde sólo se diferenció el racimo firme del blando. Las diferencias entre sectores del racimo (superior, medio y distal) no fueron significativas en ninguna variedad. Las correlaciones entre firmeza y los diferentes parámetros medidos, en general, fueron bajas. Sin embargo, destaca la asociación entre firmeza de baya y pulpa ($r=0,66$), en la variedad Thompson Seedless. La asociación entre la firmeza de baya medida con Firmtech 2® y Durofel® es alta ($r = 0,76$) y significativa. Estos resultados permiten concluir que la firmeza de baya es un parámetro posible de objetivar y las diferencias existentes pueden determinar rangos de firmeza específicos para cada variedad.

Palabras clave: Durofel®, Firmeza, Firmtech 2®, Torque Load Sensor®.

Abstract

It is essential for table grape industry to adapt and calibrate methods in order to obtain objective evaluations of berry firmness. With this purpose berry firmness of 'Flame Seedless', 'Superior Seedless', 'Red Globe', 'Thompson Seedless' and 'Crimson Seedless' table grapes, with two instruments: Firmtech 2® and Torque Load Sensor ® was evaluated. With experienced staff aid, each cultivar was harvested addressing cluster firmness three categories: firm (RF), moderately firm (RMF) and soft (RB). Immediately after harvest clusters were analyzed in the Laboratorio de Viticultura de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile for berry firmness ($\text{g} \cdot \text{mm}^{-1}$) measuring all berries with Firmtech 2®. Additionally, sector of the cluster (upper, medium and distal) was chosen for evaluations of: berry fresh weight (g), berry length (mm), berry width (mm) pulp firmness (N·cm) using the Torque Load Sensor®, soluble solids (%) and berry dry weight (g). Additionally, the correlation between Firmtech 2® and Durofel® was determined, using 150 randomly selected 'Thompson Seedless' berries.

There were significant differences between the cluster types (firm, medium and soft) for all cultivars except for Superior Seedless where only firm and soft clusters were differentiated. The differences between sectors of the cluster (upper, medium and distal), were not significant in any cultivar. The correlation between firmness and different parameters was generally low. However, it was found a association between berry and pulp firmness ($r=0.66$), in Thompson Seedless. The correlation between firmness measured with Firmtech 2 ® and ® Durofel is high ($r = 0.76$) and significant. These results indicate that berry firmness can be an objective measure and specific ranges for firmness for each cultivar can be established.

Keywords: Durofel®, Firmness, Firmtech 2®, Torque Load Sensor®.

Introducción

Uno de los principales problemas de la fruta chilena de exportación es la condición de llegada a los mercados internacionales (Pérez *et al.*, 2000). Esto ha llevado a imponer nuevos requerimientos de calidad para cumplir con las exigencias de los compradores. Algunos de los parámetros tradicionales de calidad, como tamaño y color de bayas, concentración de azúcar, conformación del racimo, etc; no necesitan mayores explicaciones, sin embargo, existe una serie de parámetros -entre ellos la firmeza- que necesitan ser objetivados. Actualmente, un racimo que no presenta bayas firmes o crocantes, pierde valor en los mercados de destino (Zoffoli y Rodríguez, 2000).

La característica de baya firme o crocante está relacionada con la variedad, el manejo productivo, su manipuleo en la cosecha y su conservación en postcosecha (Winkler *et al.*, 1974). Por lo tanto, la condición de baya blanda es modificable cuando se aplican tecnologías agronómicas durante el desarrollo de la fruta, así como en los procesos de postcosecha y transporte a los mercados de destino (Zoffoli y Rodríguez, 2000).

A pesar de que existen antecedentes acerca de la firmeza de bayas, es, en general, un aspecto poco estudiado, subjetivo, y que no cuenta con escalas comparativas objetivas, a diferencia de lo que sucede con otros frutos. En uva de mesa, esto último, probablemente, se deba a que existen características más representativas de la madurez, como, por ejemplo, el contenido de azúcar, pero, al considerar la firmeza, se podría aprovechar mejor el potencial de una variedad y así llegar al mercado con fruta en óptimas condiciones (Larraín y Peppi, 1995).

En cuanto a las causas que provocan bayas blandas, en general, corresponden a problemas fisiológicos complejos y aparentemente aleatorios que ocurren durante el crecimiento de la baya, vinculados principalmente a desórdenes del metabolismo nitrogenado, insuficiencia de calcio en tejidos estratégicos, competencia por nutrientes y asimilados y situaciones de estrés a nivel radical (Redgwell *et al.*, 1997). Adicionalmente, se menciona la pérdida de turgencia durante la postcosecha debido a fallas en el almacenamiento (Seymour *et al.*, 1993).

La pared celular primaria está compuesta por microfibrillas de celulosa, las que están embebidas en una matriz de polisacáridos, como hemicelulosas y pectinas. Estas pectinas también están presentes en la lamela media y tienen la función de regular la adhesión celular (Vicens *et al.*, 2009) y rigidez de los tejidos (Poovaiah, 1979; Cabanne y Donèche, 2001). Las pectinas son un grupo de polisacáridos ricos en ácido galacturónico y se clasifican en tres tipos de polímeros: homogalacturonanos, ramnogalacturonanos I y ramnogalacturonanos II (Vicens *et al.*, 2009). El ablandamiento de bayas durante la maduración de la fruta se debe, específicamente, a la solubilización de polisacáridos pécticos de la pared celular y por la pérdida de residuos de galactosa desde las cadenas laterales de pectina (Redgwell *et al.*, 1997), lo que ocurre tanto en la pulpa como en la piel de la baya. Ortega-Regules *et al.* (2008) determinaron pérdida de galactosa insoluble y Vicens *et al.* (2009) un aumento de polisacáridos solubles y una moderada solubilización de éstos en la piel de la baya.

Las sustancias pécticas están en estrecha relación con los niveles de calcio (Poovaiah, 1979; Cabanne y Donèche, 2001). La estabilidad de este complejo pectina-calcio disminuye la vulnerabilidad de la pared celular al ataque de las enzimas poligalacturonasas (Buescher *et al.*, 1979). Al parecer, el descenso de calcio en la madurez es un prerrequisito para la solubilización y depolarización de las pectinas, permitiendo la degradación de la pared celular por las poligalacturonasas (Rigney y Wills, 1981). En el caso de la vid, las poligalacturonasas actúan tanto en la piel como en la pulpa (Cabanne y Donèche, 2001).

Otros antecedentes indicarían una asociación entre el fenómeno de ablandamiento con anomalías del metabolismo del nitrógeno, particularmente con la putrescina, un metabolito nitrogenado que está presente en pequeñas cantidades en los tejidos vegetales sanos, pero que, al sobrepasar cierto umbral, provoca necrosis (Smith, 1985). Esta necrosis del tejido conductor sería la causante de la pérdida de turgencia de las bayas, un trastorno característico del “Palo Negro”, el cual, además, se ha asociado, entre otros, a niveles de calcio (Di Tomasso *et al.*, 1989).

En lo que respecta a la competencia por metabolitos, el trastorno del ablandamiento puede deberse a un menor flujo de asimilados y nutrientes osmóticamente activos al fruto, por competencia entre frutos (Ruíz y Guardiola, 1994; Ruíz *et al.*, 2001) o por alteraciones del movimiento de solutos por acción hormonal.

La firmeza y turgencia de los frutos está en estrecha dependencia con la entrada de agua por fenómenos osmóticos, la cual, a su vez, depende de la presencia de solutos osmóticamente activos al interior de las bayas. Entre los solutos osmóticamente activos están los nutrientes minerales y metabolitos orgánicos, como los azúcares, tales como, glucosa y fructosa. Aquellas bayas con mayor contenido de azúcares tienen una mayor presión osmótica y, por ende, una mayor capacidad de atracción por agua, que se traduce en una mayor firmeza (Salisbury y Ross, 1992).

Por último, entre los factores de postcosecha que afectan la firmeza de bayas, la deshidratación es de especial importancia. Pérdidas de agua equivalentes al 5-10% del peso fresco durante la postcosecha de la uva pueden producir fruta comercialmente inaceptable y que se suele describir como blanda (Seymour *et al.*, 1993).

En consecuencia, la firmeza de bayas es un atributo importante para una buena comercialización, ya que al ser un indicador de frescura, es importante en la aceptación del consumidor (Pérez *et al.*, 1998).

Ensayos de firmeza de bayas de uvas realizados por el Departamento de Viticultura y Enología de la Universidad de Stellenbosch (1996), citado por Pérez (2000), determinaron tres tipos de medidas factibles de evaluar:

- Firmeza de la baya intacta en algún sector de ella (contribución conjunta de la pulpa, la película y la fuerza debida al turgor).
- Firmeza medida después de remover el efecto de turgencia, mediante cortes en la baya (considera sólo el efecto de la película y la firmeza de la pulpa).

- Firmeza de la pulpa, medida al eliminar la película de la baya en el punto de medición.

La medición de la firmeza de bayas, debido a la contribución de la pared celular en la firmeza, debiera basarse en la deformación que resulta de la aplicación de una fuerza constante, o en la fuerza requerida para obtener una deformación predeterminada (Bernstein y Lustig, 1981). En este sentido, el instrumento Firmtech 2®, mide la fuerza necesaria para deformar la baya una determinada distancia ($\text{g} \cdot \text{mm}^{-1}$).

Dada la importancia de la firmeza de bayas en uva de mesa se hace imprescindible la caracterización objetiva de este parámetro.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

Los instrumentos Firmtech 2® y medidor de torque, permiten determinar cuantitativamente, diferencias de firmeza de baya y pulpa en las bayas de diferentes variedades de uva de mesa.

Objetivo general

- a) Caracterizar en forma objetiva los racimos de las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless, de acuerdo a su firmeza de baya y pulpa.

Objetivos específicos

- a) Determinar diferencias de firmeza según ubicación de las bayas dentro del racimo (superior, medio y distal).
- b) Establecer relaciones entre firmeza de baya y pulpa con otros parámetros, tales como, peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles, peso seco y número de semillas (Red Globe).
- c) Establecer relaciones entre las mediciones del instrumento Firmtech 2® con otros instrumentos, tales como, Durofel® y Torque Load Sensor®.

Materiales y métodos

Durante la temporada 2005, se colectó material de los predios: Maitén Gigante, Santa Elena y Camino Loreto ex chacra Santa Inés, ubicados en la Región Metropolitana. Se colectaron, al momento de la cosecha comercial, racimos de las variedades Flame Seedless (20 de enero); Superior Seedless (31 de enero); Thompson Seedless (10 de marzo); Red Globe (17 de marzo) y Crimson Seedless (31 de marzo). Con la ayuda de personal experimentado, y de acuerdo a las características de firmeza al tacto de bayas, los racimos fueron catalogados en tres categorías: racimos firmes (RF), racimos medianamente firmes (RMF) y racimos blandos (RB). De cada grupo se escogieron, al azar, cinco racimos, para ser evaluados en el laboratorio de Viticultura de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Las evaluaciones consistieron en mediciones de firmeza de baya (con piel) a todas las bayas del racimo, previamente identificadas, con el instrumento Firmtech 2®, Wamego, U.S.A (Figura 1). Posteriormente, se tomó una muestra representativa de doce bayas por racimo, cuatro correspondientes a cada sector (superior, medio y distal), en las cuales se evaluó peso fresco (con balanza de precisión UWE®, Miami, U.S.A), largo y diámetro ecuatorial (utilizando pie de metro digital LITZ®, Taiwán, China), firmeza de pulpa (utilizando Torque Load Sensor®, Lake County, U.S.A, figuras 2 y 3) y sólidos solubles (con refractómetro termocompensado RHB-32 ATC, Huake®, Zhejiang, China).

Para determinar peso seco, se utilizaron seis bayas por racimo escogidas al azar, las que fueron llevadas a un horno Binder®, Monterrey, México, a 65°C, hasta peso constante.



Figura 1. Medidor de firmeza de baya Firmtech2®.



Figura 2. Medidor de firmeza de pulpa Torque Load Sensor®.



Figura 3. Hélice del instrumento Torque Load Sensor®.

Adicionalmente, se colectaron al azar 150 bayas de la variedad Thompson Seedless, provenientes de racimos elegidos al azar en el campo, las que fueron evaluadas en el laboratorio con Firmtech 2® y Durofel®, Saint Étienne du Grès , Francia (Figura 4).



Figura 4. Medidor de firmeza de baya Durofel®.

Con los valores de firmeza de baya y pulpa, se establecieron intervalos para determinar rangos de firmeza. De acuerdo a la distribución normal que presentan los datos y utilizando el axioma central del límite, el cual señala que las medias de muestras aleatorias de cualquier variable, siguen una distribución normal con igual media y desviación estándar que la de la población, dividida por \sqrt{n} , se utilizó la siguiente fórmula:

$$[\mu - 1,96\sigma/\sqrt{n} ; \mu + 1,96\sigma/\sqrt{n}]$$

Donde:

μ = Media

σ = Desviación estándar

n = Número de muestras

Debido a que este es el modo de construir un intervalo de confianza para la media de una población, los rangos obtenidos permiten afirmar que el 95% de los valores de firmeza pertenecientes a cada categoría estarían dentro del intervalo (Milton y Tsokos, 2001).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño en los ensayos fue completamente al azar. Los datos fueron analizados con el programa computacional InfoStat, en forma independiente para cada variedad. La unidad experimental fue el racimo y cada una de las tres clasificaciones de firmeza tuvo cinco repeticiones. Los resultados del ensayo fueron sometidos a un análisis de varianza, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas. En aquellos casos donde no se cumplieron dichos supuestos, se probaron

transformaciones de las variables para llevarlas a la normalidad. En caso de no cumplirse los supuestos sobre la variable transformada, se realizó análisis de varianza no paramétrica, por medio de la prueba de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia del 5%. Cuando las diferencias fueron significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de significancia del 5%. En todos aquellos casos en que podría existir efecto de las variables peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de bayas por racimo sobre la firmeza, se consideró este posible efecto realizando un análisis de covarianza. Adicionalmente se realizaron correlaciones entre firmeza de baya y firmeza de pulpa, peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y peso seco, así como también entre firmeza de pulpa y firmeza de baya, peso fresco, largo, diámetro y sólidos solubles. En la variedad Red Globe, se incorporó el número de semillas. También se correlacionó las mediciones del instrumento Firmtech 2® con Durofel® y Torque Load Sensor®. Las correlaciones utilizadas fueron: Pearson cuando las variables presentaron distribución normal, y Spearman cuando las variables no se ajustaron a esta distribución.

Resultados

Firmeza de baya con Firmtech 2®

La firmeza de baya fue diferente significativamente entre tipos de racimo (RF, RMF y RB) en todas las variedades, a excepción de Superior Seedless, donde sólo se diferenció el racimo firme y medianamente firme del blando (Cuadro 1).

Dada estas diferencias, se determinaron rangos de firmeza para cada variedad (Cuadro 2).

La firmeza de baya, según sector del racimo (superior, medio y distal) no mostró diferencias significativas para ninguno de los tipos de racimos (RF, RMF y RB) seleccionados por el personal experimentado a nivel de campo, en ninguna de las cinco variedades (Anexo I; Cuadro 1).

En las cinco variedades estudiadas, el número de bayas por racimo no presentó diferencias estadísticas significativas, lo que sugiere que el número de bayas por racimo no está asociado a su firmeza (Cuadro 1), por lo que no se detectó al realizar el análisis de covarianza.

Cuadro 1. Número de bayas por racimo y firmeza de baya evaluada con Firmtech2® para las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless, según clasificación del racimo.

Variedad	Clasificación	Nº de bayas	Firmeza (g·mm ⁻¹)
Flame Seedless	RF	111,0 a	306,5 c
	RMF	132,2 a	233,4 b
	RB	140,4 a	192,9 a
Superior Seedless	RF	72,6 a	260,3 b
	RMF	68,6 a	233,1 b
	RB	73,8 a	194,8 a
Thompson Seedless	RF	116,8 a	247,6 c
	RMF	120,8 a	184,8 b
	RB	111,0 a	132,6 a
Red Globe	RF	86,0 a	247,6 c
	RMF	86,6 a	184,8 b
	RB	93,0 a	132,7 a
Crimson Seedless	RF	80,2 a	185,7 c
	RMF	76,0 a	173,6 b
	RB	82,4 a	149,1 a

Letras diferentes en sentido vertical por indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$), por variedad.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando; seleccionado por personal experimentado.

Cuadro 2. Categorías de firmeza de baya para las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless de acuerdo a rangos determinados con Firmtech 2®.

Variedad	Categoría de firmeza*		
	Firme	Medianamente firme	Blando
Flame Seedless	> 280	210 – 280	< 210
Superior Seedless	≥ 250	-----	< 250
Thompson Seedless	> 230	150 – 230	< 150
Red Globe	> 200	150 – 200	< 150
Crimson Seedless	> 180	150 – 180	< 150

*El 95% de los valores de firmeza obtenidos pertenecientes a cada categoría están dentro del rango de firmeza establecido.

Dentro de cada racimo, se determinó que las bayas no se encuentran solamente en una clasificación de firmeza, existiendo bayas firmes, medianamente firmes y blandas, por lo que la clasificación del racimo está definida según la proporción que posea de cada una de ellas. Es así como, en las cinco variedades estudiadas, el racimo firme presentó un porcentaje mayor de bayas firmes y un bajo porcentaje de bayas blandas, caso contrario en el racimo blando. Para el caso intermedio, clasificado como medianamente firme, se encontraron bayas pertenecientes a cada categoría en similares proporciones, a excepción de la variedad Superior Seedless donde esta categoría no fue determinada, puesto que existieron en cada categoría bayas firmes, medianamente firmes y blandas, pero el promedio que determina la clasificación del racimo no se diferenció significativamente del racimo firme (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de bayas firmes, medianamente firmes y blandas medidas con Firmtech 2®, según tipo de racimo, para las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless.

Variedad	Clasificación del racimo	Porcentaje de bayas		
		firmes	medianamente firmes	blandas
Flame Seedless	RF	62,9	29,5	7,5
	RMF	20,7	40,6	38,8
	RB	6,4	32,4	61,4
Superior Seedless	RF	43,8	0	56,2
	RMF	0	0	0
	RB	12	0	88
Thompson Seedless	RF	65,8	32,6	1,9
	RMF	12,8	61,9	25,3
	RB	0,4	28,1	71,5
Red Globe	RF	55,6	36,5	7,9
	RMF	12,5	50	38,6
	RB	4,7	31	64,3
Crimson Seedless	RF	57,3	26,4	16,3
	RMF	39,9	36,9	23,2
	RB	19,6	25,8	54,5

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando; seleccionado por personal experimentado.

Firmeza de pulpa de baya con el instrumento Torque Load Sensor®

Las bayas ubicadas en los sectores superior, medio y distal del racimo no presentaron diferencias significativas en ningún tipo de racimo (RF, RMF y RB), en las cinco variedades evaluadas (Anexo I; Cuadro 2). Sólo fue posible diferenciar con este instrumento racimos con bayas de pulpa firme respecto de blandas. Sin embargo, el racimo medianamente firme siempre obtuvo valores intermedios (Cuadro 4).

Cuadro 4. Firmeza de pulpa, evaluada con Torque Load Sensor®, en las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless según clasificación del racimo.

Variedad	Clasificación del racimo	Firmeza (N·cm)
Flame Seedless	RF	2,05 b
	RMF	1,44 a
	RB	1,36 a
Superior Seedless	RF	2,97 b
	RMF	2,83 b
	RB	2,07 a
Thompson Seedless	RF	2,33 b
	RMF	1,69 a
	RB	1,28 a
Red Globe	RF	1,92 b
	RMF	1,53 ab
	RB	1,16 a
Crimson Seedless	RF	1,65 b
	RMF	1,41 ab
	RB	1,22 a

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$), por variedad.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando; seleccionado por personal experimentado.

Peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas

En general, en cuanto a peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas (en el caso de Red Globe) de las bayas, en todas las variedades evaluadas, no existieron diferencias significativas entre sectores del racimo, salvo pequeñas diferencias puntuales que no mostraron consistencia entre variedades (Anexo I; cuadros 3, 4 y 5). Sí se observó menor peso fresco, largo y diámetro en las bayas de racimos blandos de Flame Seedless, entre cada tipo de racimo. Una tendencia similar, en largo y diámetro de bayas, se observó en Red Globe, mientras que en las otras variedades no se detectaron diferencias. Respecto a los sólidos solubles, existieron diferencias significativas en las variedades Flame Seedless, Thompson Seedless y Red Globe (Cuadro 5), obteniéndose como tendencia que a mayor contenido de azúcar, mayor firmeza de las bayas.

Cuadro 5. Peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas (Red Globe) según clasificación de firmeza del racimo, en las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless.

Variedad	Clasificación	Peso fresco (g)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Sólidos solubles (%)	N° semillas
Flame Seedless	RF	6,3 b	21,2 b	21,1 b	19,3 c	
	RMF	5,9 b	20,4 b	20,1 b	16,7 a	
	RB	4,4 a	18,8 a	18,7 a	17,4 b	
Superior Seedless	RF	6,2 a	24,9 a	19,6 a	19,0 a	
	RMF	6,8 a	25,4 a	20,1 a	18,2 a	
	RB	6,2 a	24,4 a	19,6 a	18,7 a	
Thompson Seedless	RF	7,9 a	28,5 a	19,4 a	19,4 c	
	RMF	7,4 a	30,0 a	18,6 a	17,6 b	
	RB	7,2 a	27,7 a	18,6 a	15,9 a	
Red Globe	RF	10,7 a	27,6 b	24,1 b	18,3 c	2,3 a
	RMF	10,0 a	26,7 b	23,1 a	17,0 b	3,0 b
	RB	9,2 a	24,7 a	22,5 a	16,0 a	3,3 b
Crimson Seedless	RF	6,6 a	26,1 a	18,2 a	19,0 a	
	RMF	6,5 a	25,9 a	18,2 a	18,8 a	
	RB	6,3 a	25,2 a	18,2 a	18,9 a	

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$), por variedad.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando, seleccionado por personal experimentado.

Correlaciones entre características de la baya y firmeza de pulpa y baya

En todas las variedades, las correlaciones entre firmeza de baya y pulpa fueron positivas, moderadas y altamente significativas, donde destaca la variedad Thompson Seedless, con un valor de $r=0,66$. Las correlaciones entre firmeza de baya o pulpa y peso fresco, largo, diámetro y sólidos solubles, en general, son erráticas y no permiten establecer relaciones claras, a excepción de la variedad Red Globe, donde la correlación entre firmeza de pulpa y sólidos solubles es positiva moderada. Las correlaciones con peso seco fueron positivas, moderadas y altamente significativas para las variedades Flame Seedless, Thompson Seedless y Red Globe (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de firmeza de baya (Firmtech 2®) y pulpa (Torque Load Sensor®) en las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless.

Variedad	Firmeza	Peso fresco	Largo	Diámetro	Firmeza pulpa	Firmeza baya	Sólidos solubles	Peso seco	Nº semillas
Flame Seedless	baya	0,24**	0,54**	0,41**	0,34**	-	0,15*	0,51**	
	pulpa	0,21	0,30**	0,34**	-	0,34**	0,35**		
Superior Seedless	baya	-0,05	0,02	-0,06	0,38**	-	-0,03	-0,01	
	pulpa	0,27**	0,37**	0,25**	-	0,38**	-0,39**		
Thompson Seedless	baya	0,19*	0,07	0,22**	0,66**	-	0,35**	0,46**	
	pulpa	0,12	-0,07	0,30**	-	0,66**	0,36**		
Red Globe	baya	0,25**	0,27**	0,30**	0,47**	-	0,36**	0,44**	-0,31**
	pulpa	0,05	0,17*	0,05	-	0,47**	0,52**		
Crimson Seedless	baya	0,32**	0,34**	0,35**	0,29**	-	-0,01	0,14	
	pulpa	-0,05	0,002	-0,10	-	0,29**	0,12		

(*) Correlación significativa ($p < 0,05$).

(**) Correlación altamente significativa ($p < 0,01$).

Relación entre firmeza obtenida con los equipos Firmtech 2® y Durofel®

Existió una alta asociación entre las mediciones con ambos instrumentos ($r \approx 0,76$), como se observa en la Figura 5. La relación es directa, lo que implica que ambos instrumentos son capaces de medir y determinar diferencias de firmeza, aunque es más sensible el instrumento Firmtech 2®, pues el rango de valores es mayor (130 a 330 respecto de 35 a 70).

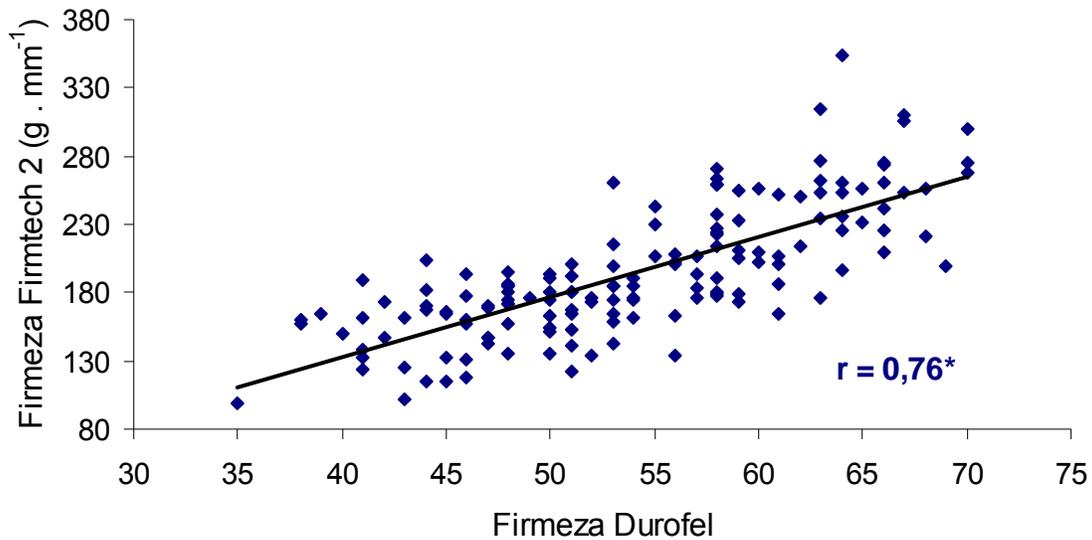


Figura 5. Asociación entre la firmeza de baya medida con Firmtech 2® y Durofel®. (*significativo al 5% por medio del estadístico t Student).

Discusión

Firmeza de baya y pulpa

Fue posible determinar categorías de firmeza de baya para uva de mesa, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Ruíz *et al.* (2004), quienes al caracterizar bayas de 'Thompson Seedless', según firmeza al tacto e instrumental con el Firmtech 2®, obtuvieron diferencias significativas entre bayas firmes y blandas e intermedias. Sin embargo, en ese estudio no hubo diferencias entre bayas blandas e intermedias, por lo que no fue posible establecer tres categorías de firmeza, a diferencia de los resultados obtenidos en este ensayo, para todas las variedades, a excepción de Superior Seedless.

Con respecto a la firmeza de la pulpa, medida con el instrumento Torque Load Sensor®, se detectó diferencias entre bayas firmes y blandas, lo que podría explicarse por una mayor organización en los haces vasculares centrales en bayas firmes en comparación a bayas blandas (Esquivel, 2002). Además, según Du Plessis (2008), las bayas firmes se diferencian anatómicamente de bayas blandas, ya que las primeras presentan una coloración opaca de la pulpa, a diferencia de las bayas blandas, que presentan una apariencia traslúcida. Esto se debería a que las células más externas del mesocarpo de bayas firmes son más turgentes y su forma es más ovalada, en comparación con células de bayas blandas (Du Plessis, 2008).

Características de la baya y firmeza

Sólo en la variedad Flame Seedless existieron diferencias en el peso fresco de baya entre racimos de diferente firmeza, por lo que es posible afirmar que, en general, no existen diferencias de tamaño asociadas a firmeza. Lo mismo ocurre con el largo de las bayas, aunque en este caso, 'Red Globe' presentó similar resultado que 'Flame Seedless' (Cuadro 5). Estos resultados, en general, concuerdan con evaluaciones realizadas por Bernstein y Lustig (1981), quienes determinaron que la firmeza es independiente del diámetro de la baya.

Respecto de sólidos solubles, en las variedades Flame Seedless, Thompson Seedless y Red Globe, los racimos más blandos presentan un menor porcentaje de sólidos solubles y, aunque en Flame Seedless esta relación no fue categórica, los resultados son similares a los de Ruíz *et al.* (2004), quienes observaron una mayor concentración de sólidos solubles en bayas firmes de 'Thompson Seedless' que en bayas de consistencia intermedia, mostrando a las bayas blandas con menor sólidos solubles. También esto concuerda con Esquivel (2002), quien encontró mayor densidad de uvas firmes respecto de las débiles o blandas, parámetro directamente relacionado con el contenido de sólidos solubles en la uva. Sin embargo, no se puede afirmar que la uva firme sería siempre más densa que la uva débil, pero sí que influiría el contenido de sólidos solubles en comparación a la condición de la uva.

En relación al número de semillas en la variedad Red Globe, el racimo firme contiene menor número de semillas con respecto al racimo medianamente firme y blando (Cuadro 5). Sin embargo, el largo y diámetro de estas últimas es mayor, lo que no concuerda con lo citado por Taiz y Zeiger (1998) quienes indican que un menor número de semillas implica un menor crecimiento de la baya, debido a que éstas son las encargadas de proporcionar las hormonas necesarias para el crecimiento.

Relación entre firmeza de baya y pulpa con características de la baya

La variedad Thompson Seedless es la que presentó un mayor coeficiente de correlación entre firmeza de baya y pulpa. Este resultado es similar al obtenido por Vargas *et al.* (2001), en el cual, al correlacionar las variables de textura, según el método de la Universidad de Stellenbosch (medición de la baya intacta y posterior eliminación de la película de la baya en un sector), se obtuvo una alta correlación entre firmeza total de la baya intacta y la firmeza de pulpa. Además, en este estudio se consideró el turgor de la baya y se correlacionó con la firmeza total, obteniéndose una baja correlación, lo que indicaría una importante contribución de la pulpa y película a la firmeza total de la baya. Desafortunadamente, existe poca investigación con respecto a la firmeza en otras variedades aparte de Thompson Seedless, lo que dificulta la interpretación de los resultados.

Al realizar una clasificación varietal de acuerdo a la textura de las bayas, podría considerarse blandas a las variedades Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless; y como firmes a las variedades Flame Seedless y Superior Seedless. Esto concuerda con observaciones realizadas por Vargas (información no publicada, citado

por Pérez, 2000), en las cuales determinó que las variedades Thompson Seedless y Red Globe poseen una pulpa poco consistente. Además, la primera mostró una menor resistencia de cutícula, lo que también se reflejó en las evaluaciones realizadas en esta investigación, al medir la firmeza con Firmtech 2®. Sin embargo, estos resultados difieren en 'Crimson Seedless', ya que, según Vargas, esta variedad es firme en lo que respecta a pulpa. Además, 'Crimson Seedless' se suele describir como firme y crocante, lo que no concuerda con la clasificación mencionada en el presente estudio. Estas discrepancias podrían explicarse, en parte, debido a que una misma variedad puede presentar diferentes valores de firmeza según el efecto de varios factores, como el nivel de carga, fecha de cosecha (Pérez *et al.*, 1998), luminosidad (Donoso y Herrera, 1995; Pérez *et al.*, 1998), uso de reguladores de crecimiento y manejos agronómicos, entre otros.

Al comparar las diferentes variedades en cuanto a firmeza, las variedades poseen una determinada relación entre firmeza de baya y de pulpa, diferente para cada una de ellas, puesto que la firmeza de baya es una propiedad física que depende de la variedad (Abbal *et al.*, 1992). Esto concuerda con lo mencionado por Vargas (1999), quien indica que algunas variedades poseen bayas firmes o duras, mientras que otras son menos crocantes. Según Chardonnet *et al.* (1994), las diferencias existentes en la composición de la pared celular, a nivel de pulpa, en las variedades explicarían el por qué algunas son más firmes que otras. También, puede deberse a que los componentes de la uva varían según la variedad de que se trate, por lo que es posible que, en algunas variedades, los sólidos solubles por sí solos no indiquen una condición de firmeza, ya que la presión osmótica de la baya se debe a los glúcidos y en parte a los ácidos (Fregoni, 1998). Además, podría ser que la piel de la baya, que envuelve al fruto y actúa como un recubrimiento elástico, compuesta por células más pequeñas y unidas que las que forman la pulpa (Ferraro, 1983), juegue un papel importante, puesto que bayas de diferentes variedades, con valores de firmeza de pulpa similares, poseen distintos valores de firmeza de baya. Faltan investigaciones referentes a este tema específico que corroboren dicha suposición.

Conclusiones

De acuerdo a las condiciones experimentales en que se realizó esta investigación, se puede concluir que:

Es factible categorizar los racimos de las distintas variedades de uva de mesa de acuerdo a la firmeza de sus bayas determinada por el equipo Firmtech 2®.

El equipo Torque Load Sensor® presenta menor sensibilidad, al evaluar la firmeza de pulpa de las bayas.

La clasificación de firmeza del racimo responde a la proporción de bayas que predominan en el racimo, encontrándose siempre una mezcla de firmeza de baya en un mismo racimo.

La firmeza de baya y de pulpa, es específica para cada variedad.

La firmeza de las bayas no depende de la ubicación de las bayas en el racimo.

La firmeza en general no está asociada a parámetros como peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles, peso seco y número de semillas de la baya.

Tanto Firmtech 2® como Durofel® son útiles para evaluar la firmeza de bayas, aunque es más sensible el primer instrumento.

Referencias bibliográficas

Abbal P., J. Boulet and M. Moutounet. 1992. Utilisation de paramètres physiques pour la caractérisation de la veraison des baies de raisin. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26(4): 231-237.

Berstein Z. and I. Lustig. 1981. A new method of firmness measurement of grape berries and other juicy fruits. *Vitis* 20: 15-21.

Buescher R. W., J. M. Hudson and J. R. Adams. 1979. Inhibition of polygalacturonase softening of cucumber pickles by calcium chloride. *Journal of Food Science* 44: 1786-1787.

Cabanne CH. and B. Donèche. 2001. Changes in poligacturonase activity and calcium content during ripening of grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 52: 331-335.

Chardonnet C., H. Gomez and B. Donèche. 1994. Evolution des polyosides des parois cellulaires au cours du développement du raisin. *Vitis* 33: 69-74.

Di Tomasso J. M., J. E. Scaf and L.V. Kochian. 1989 Putrescine induced wounding and its effects on membrana integrity and ion transport processes in root of intact corn seedling. *Plant Physiology* 90: 988-995.

Donoso N. y P. Herrera. 1995. Efectos del sombreado, la fertilización nitrogenada, la aplicación de ácido giberélico en prefloración, sobre la calidad de las uvas de exportación cv. Thompson Seedless. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 63p.

Du Plessis B. 2008. Cellular factors that affect table grape berry firmness. Thesis Master of AgriSciences. Stellenbosch University. AgriSciences Faculty. South Africa. 84p.

Esquivel J. 2002. Uso de resonancia magnética (scanner – MRI) en uva de mesa (*Vitis vinifera*) cv. Thompson Seedless como método para evaluar condición en postcosecha.

Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de las Américas. Facultad de Ciencias Agrarias. Santiago, Chile. 159p.

Ferraro R. 1983. *Viticultura Moderna*. Tomo I. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, SLR. Montevideo, Uruguay. 833p.

Fregoni M. 1998. *Viticultura di qualità*. Editore Phytoline. Verona, Italia. 836p.

Larraín, J. A y M. C. Peppi. 1995. Evaluación de la firmeza de las bayas y la calidad de la uva del cv. Redglobe en postcosecha. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 75p.

Milton J. S. y J. O. Tsokos. 2001. *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Ediciones Interamericana McGraw-Hill. Madrid, España. 672p.

Ortega-Regules, A., J. M. Ros-García, A. B. Bautista-Ortín, J. M. López-Roca and E. Gómez-Plaza. 2008. Changes in skin cell wall composition during the maturation of four premium wine grape varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 88: 420-428.

Pérez, J. 2000. Evaluación de la textura y la estructura anatómica de bayas débiles en uva de mesa de exportación. pp 55-77. *In*: Pérez J., S. Barros, M. C. Peppi y A. Pérez. *Calidad y condición de llegada a los mercados extranjeros de la uva de mesa de exportación*. Colección de Extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 202p.

Pérez J., M. C. Peppi y J. A. Larraín. 1998. Influencia de la carga, fecha de cosecha, sombreado y aplicaciones de calcio sobre la calidad de la uva y firmeza de las bayas del cv. Red Globe. *Ciencia e Investigación Agraria* 25: 175-184.

Pérez J., J. P. Zoffoli, A. Pérez y A. Vargas. 2000. Evolución de la textura de bayas del cv. Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria* 27 (2): 117-126.

Poovalah B. W. 1979. Role of calcium in ripening and senescence. *Communications in the Soil Science and Plant Analysis* 10: 83-88.

Redgwell R. J., M. Fischer, E. Kendall and E. A. Mac-Rae. 1997. Galactose loss and fruit ripening: high – molecular – mass arabinogalactans in the pectic polysaccharides of the fruit cell walls. *Planta* 203: 174-181.

Rigney C. J. and R. H. B. Wills. 1981. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortScience* 16: 550-551.

Ruíz R. and J. L. Guardiola. 1994. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscission. *Physiologia Plantarum* 90: 27-36.

Ruíz R., L. García, C. Monerri and J. L. Guardiola. 2001. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. *Annals of Botany* 87: 805-812.

- Ruíz R., S. Moyano y T. Navia. 2004. Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. *Agricultura Técnica* 64 (4): 426-430.
- Salisbury F. B. and C. W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing. Belmont. CA. 682p.
- Seymour G. J. Taylor and A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. First edition. University Press, Cambridge. 454p.
- Smith T. A. 1985. Polyamines. *Annual Review of Plant Physiology* 36: 117-143.
- Taiz L. and E. Zeiger. 1998. *Plant physiology*. Second edition. Sinauer associates. Massachusetts, USA. 814p.
- Vargas A. 1999. Evolución de la textura de bayas de uva de la variedad Thompson Seedless durante la temporada 1999. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. 71p.
- Vargas A., J. Pérez, J. P. Zoffoli y A. Pérez. 2001. Comparación de variables de textura en la medición de firmeza de bayas de uva Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria* 28 (1): 37-42.
- Vicens A., D. Fournand, P. Williams, L. Sidhoum, M. Moutounet and T. Doco. 2009. Changes in polysaccharides and protein composition of cells walls in grape berry skin (cv. Shiraz) during ripening and over-ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 2955-2960.
- Winkler J. A., J. A. Cook, W. M. Kliewer and L. A. Lider. 1974. *General Viticulture*. Second Ed. University of California Press, Berkeley, USA. 710p.
- Zoffoli J. P. and J. Rodríguez . 2000. Comparison of devices for the assessment of table grape berry texture. pp 85. 4th Internacional Symposium on table Grapes. La Serena, Chile. 28 Noviembre-01 Diciembre. 212p.

ANEXO I

Cuadro 1. Firmeza de baya (Firmtech 2®), de racimos firmes, medianamente firmes y blandos, según sector del racimo (superior, medio y distal) en cinco variedades de uva de mesa.

Variedad	Sector	Firmeza de bayas		
		RF (g · mm ⁻¹)	RMF (g · mm ⁻¹)	RB (g · mm ⁻¹)
Flame Seedless	Superior	306,7	226,3	195,1
	Medio	313,6	237,1	198,7
	Distal	303,4	233,2	184,1
		ns	ns	ns
Superior Seedless	Superior	263,8	234,1	192,9
	Medio	256,4	234,9	198,8
	Distal	255,0	230,3	191,2
		ns	ns	ns
Thompson Seedless	Superior	243,9	181,2	136,2
	Medio	254,9	184,8	131,4
	Distal	239,9	189,8	124,4
		ns	ns	ns
Red Globe	Superior	209,5	163,7	144,1
	Medio	212,5	163,0	141,5
	Distal	209,6	156,1	135,8
		ns	ns	ns
Crimson Seedless	Superior	192,0	179,3	150,6
	Medio	181,0	172,9	148,8
	Distal	182,5	166,0	143,7
		ns	ns	ns

ns=indica que no existe diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$) en la misma variedad y firmeza entre sector del racimo.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando; seleccionado por personal experimentado.

Cuadro 2. Firmeza de pulpa (Torque Load Sensor®) del racimo firme, medianamente firme y blando, según sector del racimo (superior, medio y distal) en cinco variedades de uva de mesa.

Variedad	Sector	Firmeza de pulpa		
		RF (N·cm)	RMF (N·cm)	RB (N·cm)
Flame Seedless	Superior	2,0	1,4	1,4
	Medio	2,1	1,4	1,4
	Distal	2,1	1,5	1,3
		ns	ns	ns
Superior Seedless	Superior	3,0	2,9	2,1
	Medio	2,8	2,8	2,1
	Distal	3,1	2,7	1,9
		ns	ns	ns
Thompson Seedless	Superior	2,2	1,6	1,5
	Medio	2,3	1,8	1,2
	Distal	2,5	1,7	1,5
		ns	ns	ns
Red Globe	Superior	1,8	1,7	1,2
	Medio	2,0	1,3	1,1
	Distal	2,0	1,6	1,2
		ns	ns	ns
Crimson Seedless	Superior	1,5	1,4	1,2
	Medio	1,6	1,5	1,3
	Distal	1,8	1,3	1,2
		ns	ns	ns

ns=indica que no existe diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$) en la misma variedad y firmeza entre sector del racimo.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando; seleccionado por personal experimentado.

Cuadro 3. Peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas (Red Globe) de bayas de racimos firmes, según sector en el racimo (superior, medio y distal), en cinco variedades de uva de mesa.

Variedad	Sector racimo	Peso fresco (g)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Sólidos solubles (%)	Semillas n°
Flame	Superior	5,9 a	21,2 a	20,7 a	20,1 b	
	Medio	6,2 a	21,6 a	21,1 a	18,8 a	
	Distal	6,5 a	21,1 a	21,5 a	19,1 a	
Superior	Superior	6,7 b	25,5 a	20,1 a	18,8 a	
	Medio	6,4 ab	25,5 a	19,7 a	19,1 a	
	Distal	5,5 a	23,7 a	19,1 a	19,0 a	
Thompson	Superior	7,4 a	28,1 a	19,0 a	19,7 b	
	Medio	7,7 a	28,4 a	21,1 a	19,6 a	
	Distal	8,6 a	28,7 a	21,5 a	19,0 a	
Red Globe	Superior	10,2 a	26,8 a	23,6 a	18,5 a	2,3 a
	Medio	11,2 a	28,4 a	24,7 a	18,3 a	2,5 a
	Distal	10,8 a	27,6 a	24,1 a	18,1 a	2,2 a
Crimson	Superior	6,4 a	26,1 a	17,9 a	19,3 a	
	Medio	6,5 a	25,7 a	18,2 a	19,1 a	
	Distal	6,9 a	26,5 a	18,5 a	18,7 a	

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre sectores del racimo de una misma variedad.

Cuadro 4. Peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas (Red Globe) de bayas de racimos medianamente firmes, según sector en el racimo (superior, medio y distal), en cinco variedades de uva de mesa.

Variedad	Sector	Peso fresco (g)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Sólidos solubles (%)	Semillas n°
Flame Seedless	Superior	5,8 a	20,0 a	19,5 a	17,0 b	
	Medio	6,2 a	20,6 a	20,2 ab	17,0 b	
	Distal	5,8 a	20,6 a	20,6 b	16,2 a	
Superior Seedless	Superior	8,0 b	27,6 b	21,3 b	17,7 a	
	Medio	6,4 a	25,1 a	19,9 ab	18,1 a	
	Distal	6,0 a	23,5 a	19,2 a	18,9 a	
Thompson Seedless	Superior	6,9 a	29,8 a	18,4 a	17,6 a	
	Medio	7,4 a	30,5 a	18,3 a	17,8 a	
	Distal	7,9 a	29,8 a	18,9 a	17,6 a	
Red Globe	Superior	9,5 a	26,3 a	22,6 a	17,2 a	2,9 a
	Medio	9,8 a	26,6 a	23,0 a	17,2 a	3,1 a
	Distal	10,6 a	27,4 a	23,7 a	16,5 a	3,1 a
Crimson Seedless	Superior	5,9 a	24,9 a	17,5 a	19,3 a	
	Medio	6,9 a	27,1 a	18,5 b	18,8 a	
	Distal	6,7 a	25,7 a	18,6 b	18,5 a	

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre sectores del racimo de una misma variedad.

Cuadro 5. Peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas (Red Globe) de bayas de racimos blandos, según sector en el racimo (superior, medio y distal), en cinco variedades de uva de mesa.

Variedad	Sector	Peso fresco (g)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Sólidos solubles (%)	Semillas n°
Flame	Superior	4,7 a	19,2 a	18,9 a	17,3 a	
	Medio	4,2 a	18,3 a	18,5 a	17,6 a	
	Seedless	4,5 a	18,9 a	18,9 a	17,4 a	
Superior	Superior	6,4 a	25,8 b	19,9 a	18,2 a	
	Medio	6,3 a	24,5 ab	19,7 a	19,1 a	
	Seedless	5,7 a	23,1 a	19,1 a	18,8 a	
Thompson	Superior	6,9 a	28,0 a	18,0 a	16,0 a	
	Medio	6,2 a	26,9 a	18,2 a	15,9 a	
	Seedless	7,9 b	28,2 a	19,5 b	15,7 a	
Red Globe	Superior	9,2 a	25,1 a	22,4 a	16,3 a	3,5 a
	Medio	9,5 a	24,7 a	22,8 a	15,4 a	3,2 a
	Distal	9,0 a	24,4 a	22,3 a	16,3 a	3,2 a
Crimson	Superior	6,0 a	24,9 a	17,7 a	19,0 a	
	Medio	6,2 a	24,4 a	18,2 a	18,7 a	
	Seedless	6,6 a	25,2 a	18,7 a	19,0 a	

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre sectores del racimo de una misma variedad.

CAPÍTULO III: EVOLUCIÓN DE LA FIRMEZA DE BAYA EN ALMACENAJE REFRIGERADO EN LA VARIEDAD THOMPSON SEEDLESS

Resumen

Con el objetivo de evaluar la evolución de la firmeza de las bayas en almacenaje refrigerado y de racimos con diferente firmeza, se procedió a almacenar en frío racimos de la variedad Thompson Seedless, clasificados por personal experimentado en tres categorías de firmeza: firmes (RF), medianamente firmes (RMF) y blandos (RB). Los racimos se embalaron en doce cajas y éstas fueron llevadas a almacenaje refrigerado. El diseño del experimento fue de bloques completamente aleatorizados, donde cada caja correspondió a un bloque. De cada racimo se sacaron muestras de cinco bayas, las que fueron medidas con el instrumento Firmtech 2®, a los cero, 15; 30; 45 y 60 días, con la finalidad de determinar el cambio en la firmeza.

Se diferenciaron los racimos firmes y blandos en todas las fechas analizadas, mientras que los racimos medianamente firmes no se diferenciaron de una u otra categoría en forma clara. Sólo a los 60 días se diferenciaron las tres categorías. La evolución de la firmeza de los racimos firmes, medianamente firmes y blandos, se representó con ecuaciones logísticas con un coeficiente r de 0,98; 0,97 y 0,98 respectivamente. La tasa de ablandamiento fue similar para todos los racimos, en todas las evaluaciones realizadas. Al día 60 de almacenaje refrigerado, los racimos firmes siguen siendo más firmes que aquellos clasificados inicialmente como medianamente firmes o blandos, los cuales también mantienen su categoría de firmeza.

Adicionalmente, se realizó una evaluación para determinar la influencia de la temperatura de la pulpa sobre la firmeza de las bayas, para lo cual se muestrearon 25 bayas de racimos clasificados en categorías de firmeza (RF, RMF y RB), según personal experimentado. Los racimos, previamente almacenados en frío (9°C), por 48 horas, fueron retirados del frío y las bayas muestreadas con pedicelo fueron evaluadas por su firmeza y temperatura al momento del muestreo (hora 0). Posteriormente, los racimos se mantuvieron a temperatura ambiente y se realizaron las mismas evaluaciones con bayas muestreadas cada 1, 2, 3, 4 y 5 horas después de la primera evaluación (hora 0). Los resultados indican que la asociación entre temperatura de pulpa y firmeza es moderada y significativa, ya que presenta un valor de correlación parcial (r_{ft-p}) de 0,42, lo que sugiere que la temperatura no sería el único factor influyente sobre la firmeza.

Palabras clave: Firmtech 2®, racimo, ablandamiento.

Abstract

In order to evaluate the evolution of berry firmness in cold storage and to determine possible differences due to berry firmness (cluster firm, medium or soft), Thompson Seedless clusters were classified by experienced staff into three categories of firmness: firm (RF), moderately firm (RMF) and soft (RB). Clusters were packed into twelve boxes which were placed into cold storage (0°C). The experiment was designed on a completely randomized block, with each box corresponding to a block. Samples of five berries were picked from each cluster to be measured with the instrument Firmtech 2®, at zero, 15, 30, 45 and 60 days, to evaluate the change in firmness.

Significant differences were found between firm and soft clusters at all dates, whereas no significant difference was clearly observed for the medium firm cluster compared to firm or soft categories. Only after 60 days the three categories differed significantly. Firmness evolution of the firm, moderately firm and soft clusters, was represented by logistic equations with a coefficient r of 0.98, 0.97 and 0.98 respectively. Softening rate was similar for all clusters in all evaluations. After 60 days of cold storage, firm clusters were still firmer than those classified as medium or soft, which in turn, remained in their firmness category.

In addition, an evaluation was conducted to determine the influence of pulp temperature on berry firmness. For that purpose, 25 berries, previously classified according to their firmness by experienced staff, were sampled for each category (RF, RMF and RB). Clusters, previously stored in cold environment (9 ° C) during 48 hours, were withdrawn from the cold at the moment of sampling (hour 0) and evaluated for their firmness and temperature. Subsequently, the clusters were kept at room temperature and the same evaluations were conducted one, two, three, four and five hours after the first evaluation (hour 0). The results indicate that the association between pulp temperature and firmness is moderate and significant since it shows a partial correlation value (r_{ft-p}) of 0,42, which suggests that the temperature would be not the only factor influencing berry firmness.

Keywords: Firmtech 2®, cluster, softening.

Introducción

Uno de los problemas más relevantes de la uva de mesa de exportación chilena en los mercados de destino, es su falta de firmeza o crocancia (Pérez, 2000), puesto que los consumidores prefieren una uva firme o crocante, análoga a la condición normal de una fruta recién cosechada. Su exportación vía marítima y la distancia a los principales mercados implica un gran tiempo de viaje y comercialización, por lo que disponer de un producto de calidad, que satisfaga las exigencias de los consumidores, es un desafío. Es así como la industria chilena ha debido desarrollar tecnologías que implican un rápido manejo de la fruta en cosecha y embalaje, para llevarlas a ambientes refrigerados (almacenamiento y transporte); materiales y condiciones de embalaje, que eviten deterioro de la calidad (deshidratación); y tratamientos que aseguren reducción de incidencia de pudriciones (Retamales y Defilippi, 2000). Sin embargo, la condición o resultado final del estado de la uva de mesa en los mercados de destino es una consecuencia de la calidad de la fruta obtenida al momento de la cosecha, puesto que la vid corresponde a un fruto no climatérico, por lo que sus parámetros de madurez y concentración de azúcar no varía una vez que ha sido cosechada, aunque también dependerá de las tecnologías de postcosecha utilizadas para mantener su potencial (Zoffoli *et al.*, 2000). Por otro lado, su tasa respiratoria es baja en comparación a otros frutos, lo que le permite conservarse por períodos prolongados (Retamales y Defilippi, 2000).

En lo que se refiere a firmeza, existen muchos factores que afectan la firmeza de las bayas, entre éstos se menciona el tiempo de almacenaje (Pérez, 2000), ya que el racimo sufre deshidratación debido a la diferencia de presión de vapor entre el racimo y el ambiente. La deshidratación es un proceso acumulativo, donde los síntomas finales son el resultado de la sumatoria de pérdida de agua que se produce en cada una de las etapas. La etapa crítica, que tiene mayor impacto en la pérdida total, es el tiempo que transcurre entre la cosecha y el embalaje del racimo, debido a la falta de protección al déficit de presión de vapor entre el ambiente y la fruta sin embalar. En esta etapa, la humedad relativa y temperatura que rodea al racimo son variables fundamentales a considerar en el resultado final (Zoffoli *et al.*, 2000).

Sin embargo, a pesar de su importancia, la firmeza ha sido, en general, un aspecto poco estudiado, debido a que, entre otras cosas, su determinación se consideraba subjetiva y difícil de determinar (Retamales y Defilippi, 2000). Actualmente, es posible realizar mediciones objetivas con el instrumento Firmtech 2® y, de esta forma, medir la variación de la firmeza según el tiempo de almacenaje.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

Racimos de diferente firmeza a la cosecha, mantienen su clasificación de firmeza inicial luego del almacenaje refrigerado, pero sus tasas de ablandamiento son distintas.

Objetivo general

Determinar la pérdida de firmeza durante el almacenaje refrigerado para racimos firmes, medianamente firmes y blandos.

Objetivos específicos

Establecer, para uva de la variedad Thompson Seedless, una curva que se ajuste a la pérdida de firmeza luego del almacenaje refrigerado.

Determinar el efecto de la temperatura de pulpa de las bayas en la determinación de firmeza.

Materiales y métodos

Firmeza de bayas en almacenaje refrigerado

Este estudio se realizó la temporada 2010, en el fundo Santa Amelia, Agrícola El Carmelo, ubicado en la localidad de Buin. Al momento de la cosecha, y con la ayuda de personal experimentado, se clasificaron los racimos de acuerdo a la firmeza al tacto, seleccionándose 144 racimos de la variedad Thompson Seedless, 48 por categoría de firmeza: firmes (RF), medianamente firmes (RMF) y blandos (RB). Los racimos fueron embalados en 12 cajas de cartón, con 12 racimos por caja (cuatro de cada categoría). Luego, las cajas fueron enfriadas por aire forzado y llevadas a cámara de almacenaje refrigerado a 0°C y 85% de humedad relativa, donde permanecieron hasta por 60 días. Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Viticultura de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y consistieron en mediciones de firmeza de baya (que considera la contribución de la piel y pulpa de la baya), a cinco bayas de cada racimo, con el instrumento Firmtech 2®, Wamego, U.S.A. La unidad de medida fue en $g \cdot mm^{-1}$ y corresponde a la fuerza necesaria para deformar la baya un milímetro. Las mediciones se realizaron al momento de la cosecha (día 0) y después de 15; 30; 45 y 60 días de almacenaje refrigerado. Las bayas con pedicelo, fueron trasladadas en una nevera con hielo al laboratorio para su evaluación.

Firmeza de bayas según su temperatura de pulpa

Los racimos de 'Thompson Seedless' utilizados para el análisis de firmeza, según temperatura de pulpa, fueron obtenidos del fundo Las Delicias, Agrícola Río Blanco, comuna de Graneros, VI Región. Los racimos, recién cosechados, fueron llevados al laboratorio y mantenidos a una temperatura de 9°C durante 48 horas. Una vez retirados del frío, y con la ayuda de personal experimentado, se clasificaron por la firmeza de las bayas en tres categorías (firmes, medianamente firmes y blandas). De cada racimo se muestrearon 25 bayas con pedicelo y se evaluó su firmeza con Firmtech2®, Wamego, U.S.A y la temperatura de pulpa con termómetro digital Atkins Tempotec®, Gainesville, U.S.A. Las mediciones se realizaron al momento del muestreo (hora 0) y luego de una, dos, tres, cuatro y cinco horas desde la primera medición.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño del ensayo para evaluar firmeza durante el almacenaje en frío fue en bloques completamente aleatorizados, con 12 repeticiones. Cada caja correspondió a un bloque. La unidad experimental fueron los cuatro racimos de cada tipo (firmes, medianamente firmes y blandos). Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas. Cuando las diferencias fueron significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan, con un nivel de significancia del 5%. En aquellos casos donde no se cumplieron dichos supuestos, se probaron transformaciones de las variables para llevarlas a normalidad. En caso de no cumplirse los supuestos sobre la variable transformada, se realizó análisis de varianza no paramétrica, por medio de la prueba de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia del 5%. Adicionalmente, se realizaron regresiones entre firmeza de baya y tiempo de almacenaje refrigerado desde el día 15 (en este ensayo, momento en el cual la temperatura de la baya está estabilizada) y también entre tasa de ablandamiento y días de almacenaje refrigerado, en los tres tipos de racimos (firmes, medianamente firmes y blandos).

La asociación entre firmeza y temperatura de pulpa de las bayas se determinó por medio del coeficiente de correlación parcial r_{ft-p} , donde f =firmeza, t =temperatura y p =peso de cada baya, que corresponde a la variable fijada. Los datos fueron analizados con el programa computacional InfoStat.

Resultados

Evolución de la firmeza durante el almacenaje refrigerado

La firmeza de baya al inicio del ensayo fue menor que después de 15 días de almacenaje, en los tres tipos de racimos (firmes, medianamente firmes y blandos), presentando el día 15 la mayor firmeza durante el almacenaje. Posteriormente, la firmeza disminuyó significativamente al día 30, manteniéndose a los días 45 y 60, por lo

que la posterior pérdida de firmeza no fue significativa para ninguno de los tres tipos de racimos (Cuadro 9).

Respecto a las diferencias entre las tres categorías de firmeza, las bayas de racimos firmes se diferenciaron de los blandos en todas las fechas de evaluación. El racimo medianamente firme no se diferenció del firme en las evaluación del día 15 y no se diferenció del blando en las del día 0, 30 y 45. Sin embargo, las tres categorías se diferencian de forma significativa el día 60 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Firmeza de las bayas de racimos firmes, medianamente firmes y blandos al inicio del almacenaje y después de 15, 30, 45 y 60 días de almacenaje refrigerado.

Categoría	Firmeza de baya ($\text{g} \cdot \text{mm}^{-1}$)				
	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
Firme	181,5 bB	299,2 bC	147,7 bA	134,5 bA	135,8 cA
Medianamente firme	162,9 aB	285,1 bC	135,0 aAB	124,9 aA	126,7 bA
Blando	156,1 aB	270,4 aC	128,9 aAB	120,9 aAB	117,6 aA

Letras mayúsculas diferentes en sentido horizontal indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre días de almacenaje para una misma categoría de firmeza.

Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre categorías de firmeza para el mismo tiempo de almacenaje.

Firmeza en función del tiempo

El ablandamiento de las bayas fue descrito por ecuaciones logísticas, con un alto y significativo valor de r , independiente de la clasificación del racimo (figuras 6; 7 y 8).

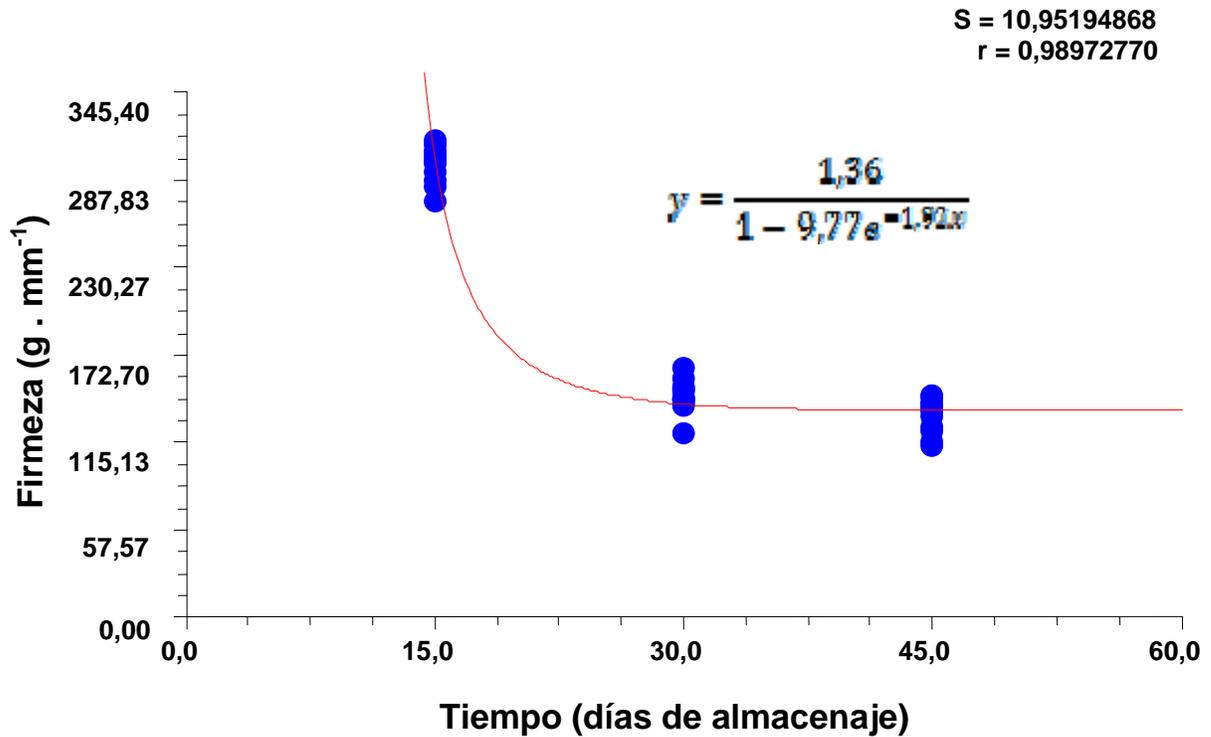


Figura 6. Evolución de la firmeza de bayas de racimos firmes en función del tiempo de almacenaje.

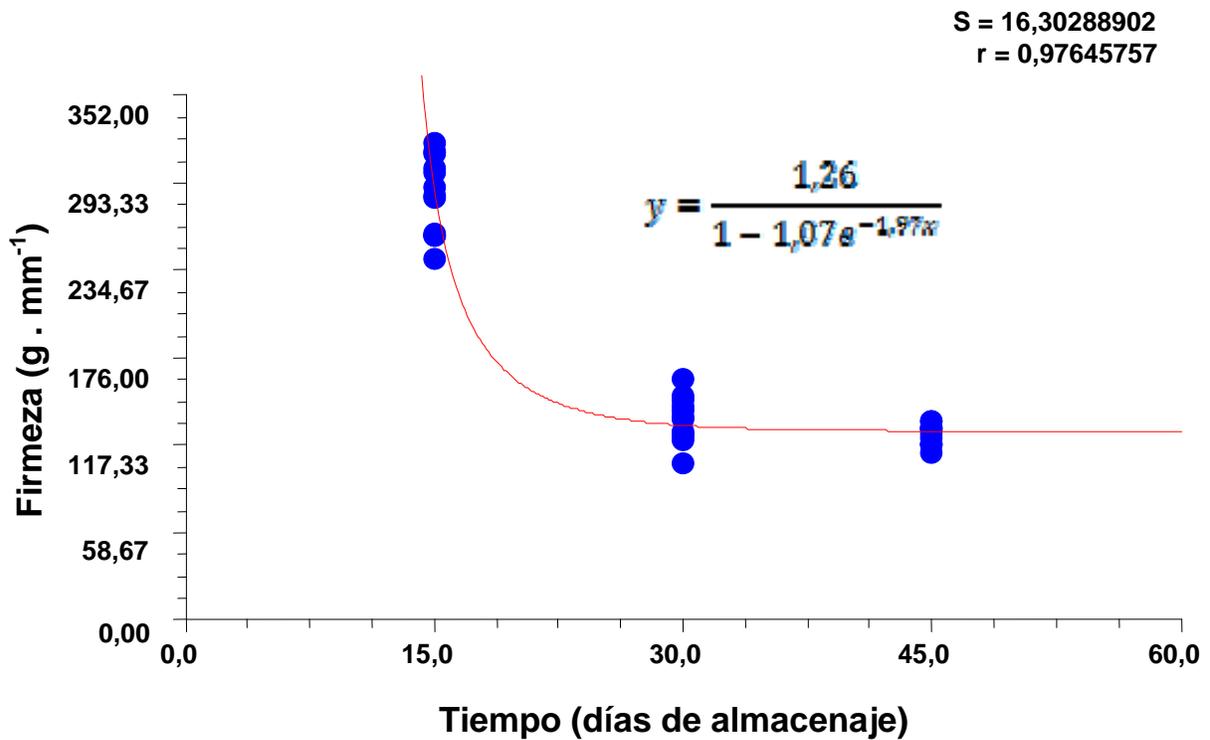


Figura 7. Evolución de la firmeza de bayas de racimos medianamente firmes en función del tiempo de almacenaje.

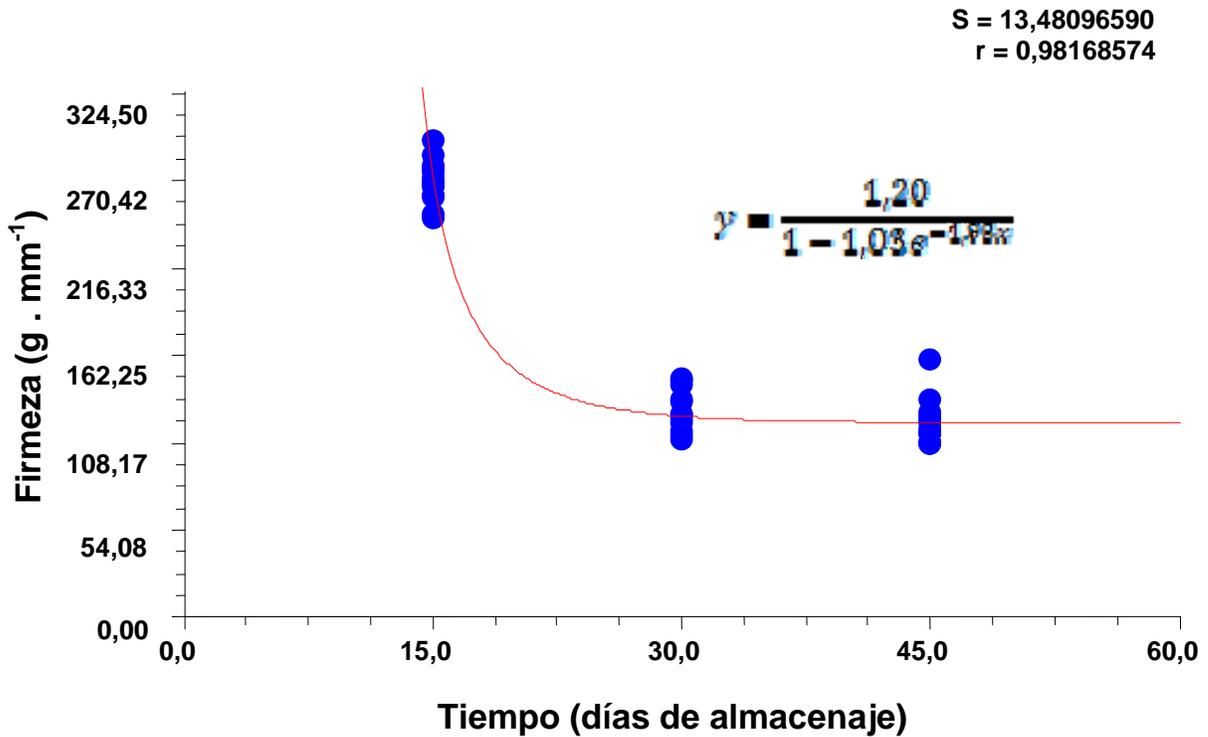


Figura 8. Evolución de la firmeza de bayas de racimos blandos en función del tiempo de almacenaje.

Tasa de ablandamiento

Las tasas de ablandamiento de bayas, de las distintas categorías de firmeza, fueron similares en todas las evaluaciones realizadas. La mayor velocidad de ablandamiento ocurrió entre los días 15 y 30 de almacenaje. La tasa de ablandamiento entre 0 y 15 días fue positiva para los tres tipos de racimos registrándose un aumento de la firmeza (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tasa de ablandamiento para racimos de distinta firmeza, en diferentes períodos de almacenaje.

Categoría	Tasa de ablandamiento (g·mm ⁻¹ ·d ⁻¹)			
	0-15 días	15-30 días	30-45 días	45-60 días
Firme	7,84 a A	-10,2 a D	-0,8 a C	0,04 a B
Medianamente firme	8,13 a A	-10,03 a C	-0,65 a B	0,07 a B
Blando	7,62 a A	-9,43 a C	-0,52 a B	-0,22 a B

Letras mayúsculas diferentes en sentido horizontal indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre días de almacenaje para una misma categoría de firmeza.

Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$), entre categorías de firmeza para el mismo tiempo de almacenaje.

La tasa de ablandamiento, calculada como la primera derivada de la firmeza en almacenaje, quedó representada por ecuaciones exponenciales, similares para las diferentes categorías de firmeza. La mayor pérdida de firmeza ocurre entre el día 15 y 20 en todos los casos (figuras 9, 10 y 11).

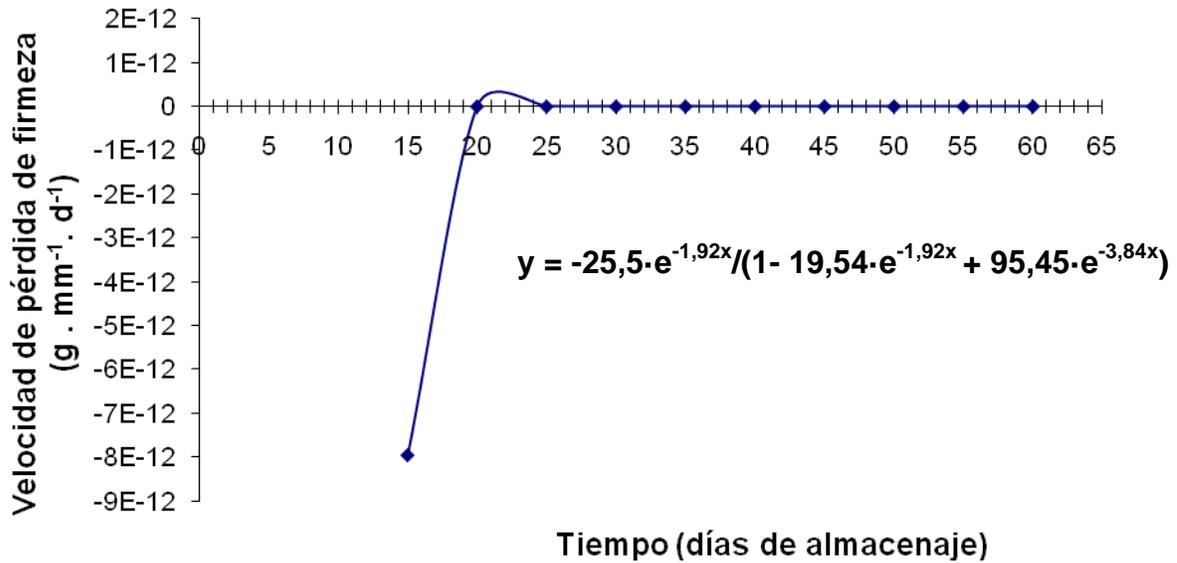


Figura 9. Velocidad de ablandamiento en función del tiempo de almacenaje para racimos firmes.

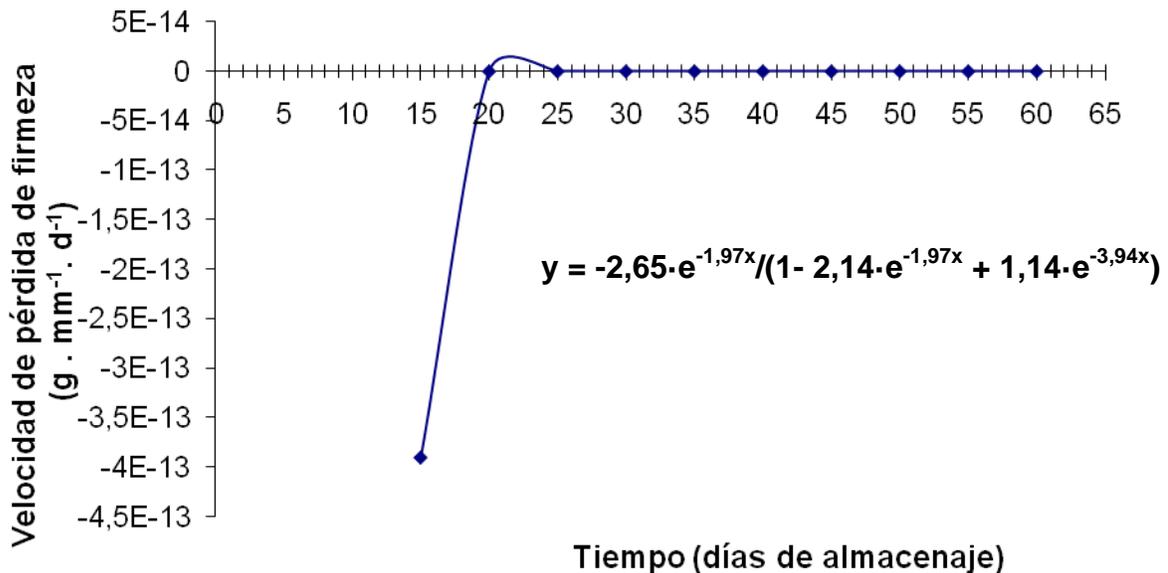


Figura 10. Velocidad de ablandamiento en función del tiempo de almacenaje para racimos medianamente firmes.

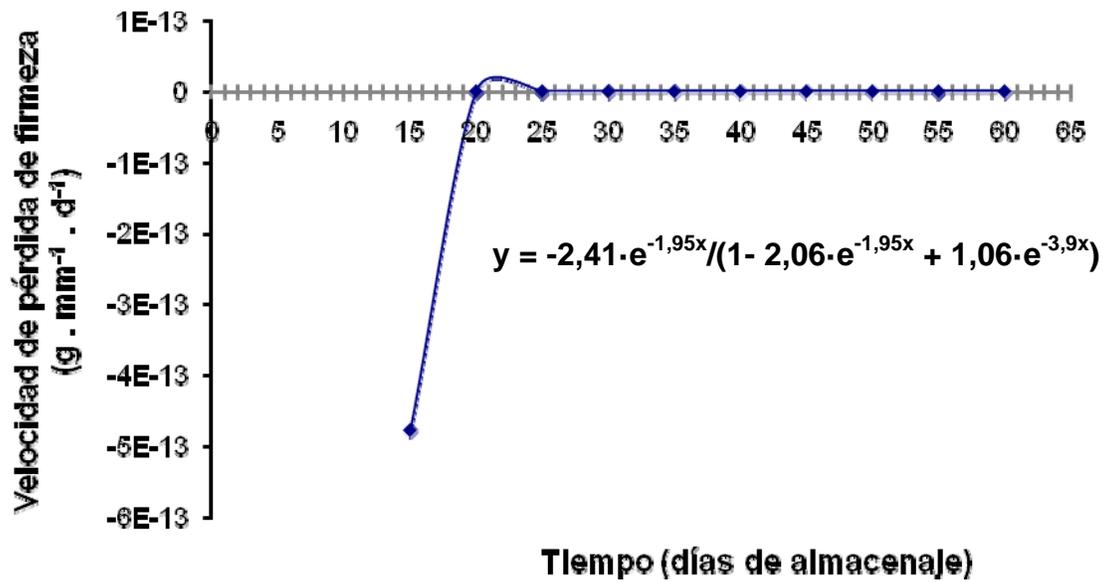


Figura 11. Velocidad de ablandamiento en función del tiempo de almacenaje para racimos blandos.

Firmeza de bayas según tiempo de exposición a temperatura ambiente

La temperatura de pulpa, en las tres categorías de firmeza (firmes, medianamente firmes y blandas), en general, aumenta de forma significativa con el tiempo de exposición de las bayas a temperatura ambiente (23°C). Sin embargo, en la categoría firme, desde la tercera hora en adelante no existen diferencias. Respecto de la firmeza inicial de las bayas, los resultados indican que solamente la categoría de bayas blandas tiende a perder firmeza según tiempo de exposición a temperatura ambiente (Cuadro 11; figuras 12, 13 y 14).

Cuadro 11. Temperatura de pulpa y firmeza de las bayas firmes, medianamente firmes y blandas al retirar de almacenaje y luego de 1; 2; 3; 4 y 5 horas a temperatura ambiente.

Tiempo post almacenaje	Firmes		Medianamente firmes		Blandas	
	T pulpa (°C)	Firmeza (g · mm ⁻¹)	T pulpa (°C)	Firmeza (g · mm ⁻¹)	T pulpa (°C)	Firmeza (g · mm ⁻¹)
0	17,8 a	222,7 a	19,0 a	198,0 a	20,5 b	212,2 c
1	20,2 b	227,9 ab	21,4 b	207,3 a	19,5 a	202,9 b
2	21,1 c	250,3 bc	21,8 c	205,9 a	23,2 c	202,3 b
3	23,4 d	252,8 bc	22,1 d	207,9 a	23,8 d	189,2 a
4	22,9 d	221,2 a	23,9 e	202,8 a	24,1 d	185,4 a
5	23,5 d	262,8 c	24,6 f	231,8 b	24,7 e	192,6 ab

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0,05$).

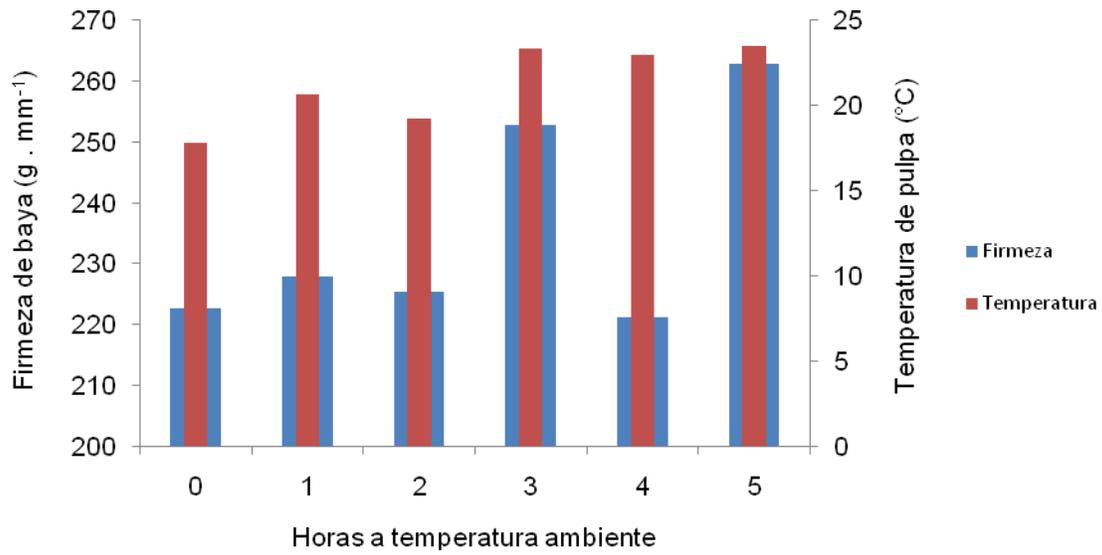


Figura 12. Firmeza de baya y temperatura de pulpa de bayas firmes.

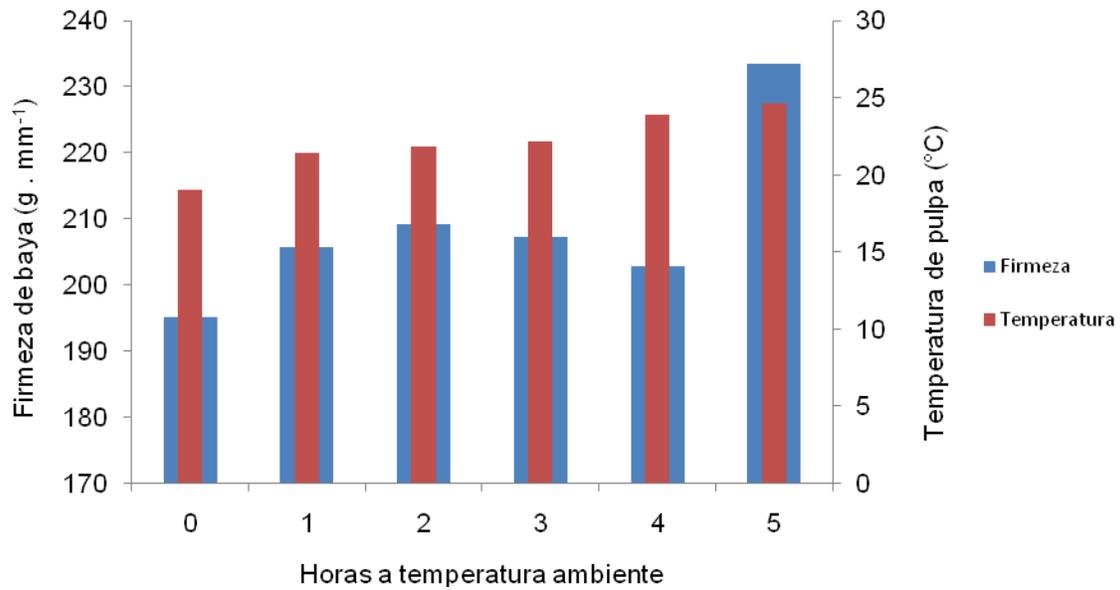


Figura 13. Firmeza de baya y temperatura de pulpa de bayas medianamente firmes.

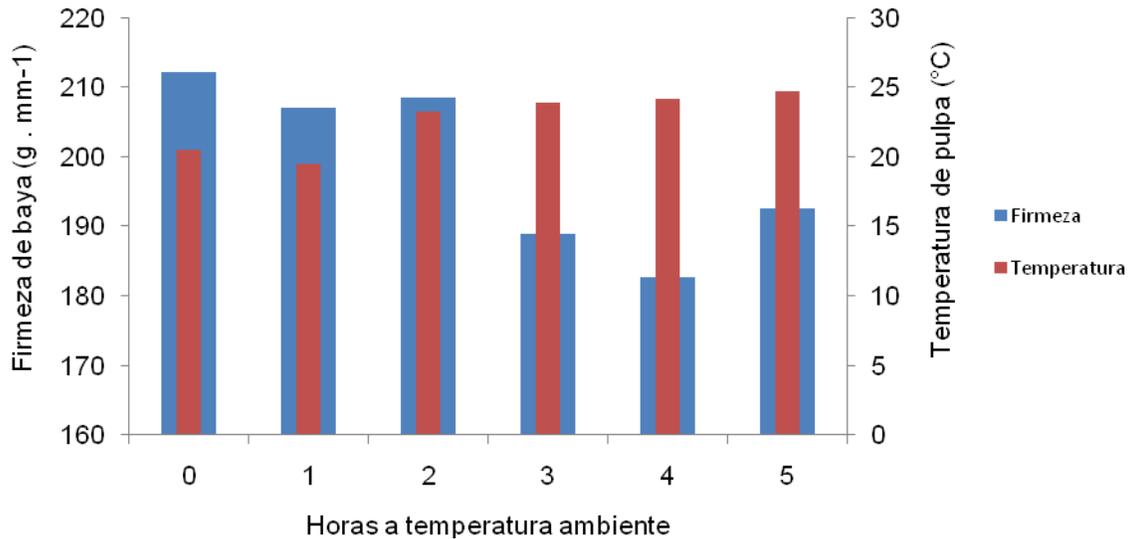


Figura 14. Firmeza de baya y temperatura de pulpa de bayas blandas.

La asociación entre la temperatura de la pulpa y la firmeza de las bayas es moderada y significativa, ya que presenta un valor de r_{ft-p} de 0,42 ($p < 0,05$).

Discusión

La mayor firmeza se presenta a los 15 días de almacenaje refrigerado; posteriormente, ocurre pérdida de firmeza en los distintos tipos de racimos. Ésto último es similar a lo reportado por Pérez y Vargas (2000), ya que, al evaluar la firmeza con texturómetro en postcosecha, en las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe, Crimson Seedless, Christmas Rose y Autumn Black, en todas ellas existe una pérdida gradual de firmeza, a excepción de las dos últimas.

Al momento de la cosecha (día 0) la firmeza fue menor que la del día 15, probablemente debido a que la temperatura del ambiente fue elevada (28°C) y, como mencionan Lang y Düring (1990), la fruta expuesta a altas temperaturas disminuye su rigidez y resistencia de la piel y se genera, además, un aumento de la permeabilidad de las membranas celulares (Chen *et al.*, 1990), lo que provocaría una menor firmeza. Sin embargo, al bajar la temperatura de las bayas por enfriamiento forzado y luego mantenerlas en almacenaje refrigerado a 0°C, las membranas vuelven a reestablecer su rigidez, por lo que la firmeza es mayor. Esto concuerda con evaluaciones realizadas por Vargas (2002), quien evaluó firmeza de bayas de la variedad Red Globe a los 35 días de almacenaje refrigerado más tres días complementarios a 18°C y determinó que la firmeza aumentó respecto de la evaluación al momento de la cosecha.

En otros frutos como kiwi (Reyes, 2009), se observó una disminución sistemática de la firmeza, pero no un aumento de la firmeza a los 15 días de almacenaje refrigerado como en vid. Sin embargo, ambos frutos no son comparables puesto que son distintos anatómicamente, además que su comportamiento en postcosecha es diferente, el primero es un fruto climatérico, que durante el período de maduración presenta un alza en la tasa respiratoria y en la tasa de biosíntesis de etileno, lo que implica ablandamiento, en cambio, el segundo es un fruto no climatérico por lo que durante la maduración no presenta esta alza en la tasa respiratoria (Alexander y Grierson, 2002). Adicionalmente las mediciones de firmeza realizadas son distintas, ya que en vid se evaluó firmeza de baya y en kiwi, firmeza de pulpa. No existen antecedentes como para contrastar resultados acerca de la evolución de la firmeza de pulpa en almacenaje refrigerado.

Las bayas del racimo firme se diferenciaron de forma significativa de las del medianamente firme o blando al momento de la cosecha. Éstos últimos no presentaron diferencias entre sí. Posteriormente, el racimo medianamente firme no se distinguió del blando o del firme, pero sí el firme se diferenció significativamente del blando, en todas las evaluaciones realizadas. Esto podría deberse a que racimos clasificados inicialmente como medianamente firme, en realidad correspondan a una de las otras dos categorías (firme o blando). Aún así, las tres categorías se diferencian de forma significativa el día 60 (Cuadro 9). Este resultado indica que las categorías de firmeza se mantienen en el tiempo de almacenaje, lo que se reafirma al observar la similitud en la velocidad de pérdida de firmeza (tasa de ablandamiento), para los tres tipos de racimos (Cuadro 10). Así, los racimos firmes tendrán una mejor condición de firmeza, luego de un período de almacenaje prolongado, por lo que es importante obtener la mayor proporción de fruta firme en terreno, para lograr mejores resultados en postcosecha.

La evaluación del día 30 en el racimo firme, no se diferenció de las evaluaciones a los 45 y 60 días de almacenaje, por lo que la pérdida de firmeza posterior al día 30 no es significativa. En el racimo medianamente firme, la firmeza el día 30 ha disminuido respecto al día 15, pero no presenta diferencias significativas con el día 0 (evaluación al momento de la cosecha) y tampoco con las evaluaciones del día 45 y 60, por lo tanto y al igual que para el racimo firme, la pérdida de firmeza posterior al día 30 no es significativa. En el racimo blando ocurre algo similar, con la diferencia de que además la evaluación del día 45 es igual a la del día 0 (Cuadro 9).

La disminución de la firmeza en función del tiempo de almacenaje corresponde a una ecuación logística, a diferencia de lo determinado para frutos climatéricos, como kiwi (Reyes, 2009), pera (Parra-Coronado *et al.*, 2006), tomate (Jun *et al.*, 2009) y manzana (Paz *et al.*, 2009), donde la pérdida de firmeza es similar en todo el período de almacenaje. Tanto en kiwi como en pera, la firmeza de la pulpa no varía significativamente hasta el día 90 de almacenaje y cae sólo drásticamente a partir del climaterio (Mwanaki *et al.*, 2005). Debido a que la vid es un fruto no climatérico, no es posible hacer una comparación entre estos frutos, por lo que podemos mencionar que la uva es un fruto con características particulares poco comparables. Sin embargo, en ablandamiento de mango (González-Aguilar, 2008), las curvas resultantes son similares a las obtenidas en este ensayo, pero más rápido pues al tercer día de almacenaje a 5°C ocurre la mayor pérdida de firmeza, similar a lo que ocurre a los 30 días de almacenaje

refrigerado en uva. Es difícil establecer comparaciones certeras ya que ambos frutos son muy diferentes. Podría existir mayor similitud entre las distintas variedades de uva de mesa, pero faltan aún investigaciones referentes a este tema.

La temperatura de pulpa de las bayas, en general, fue diferente al avanzar el tiempo post almacenaje, excepto en las bayas firmes, donde desde la tercera hora, las diferencias de temperatura no son significativas. En cuanto a la firmeza, las bayas clasificadas como firmes presentan resultados erráticos que no permiten determinar una pérdida de firmeza en el período evaluado. En las bayas medianamente firmes la firmeza se mantiene hasta la hora cuatro. Las bayas blandas en general presentan una disminución de la firmeza a medida que transcurre el tiempo de exposición de las bayas a la temperatura ambiente (Cuadro 11).

Al determinar la correlación parcial entre firmeza y temperatura de pulpa de las bayas, ajustadas al efecto del peso de cada una, los resultados indican que la asociación es moderada y significativa, con un r_{ft-p} de 0,42. Estos resultados sugieren que la firmeza no depende solamente de la temperatura de la pulpa. Además, podría ser que el peso no sea un factor o el único determinante en estas mediciones. Sería interesante repetir este ensayo, donde se evalúe el efecto de la temperatura de las bayas sobre la firmeza.

Conclusiones

De acuerdo a las condiciones experimentales en que se realizó esta investigación, se puede concluir que:

Las diferencias de firmeza de baya, al momento de la cosecha, se mantienen durante el almacenaje refrigerado. El racimo medianamente firme se diferencia de ambas categorías sólo en la última evaluación.

La pérdida de firmeza se ajusta a un modelo logístico.

La disminución de la firmeza durante el almacenaje refrigerado es similar en las tres categorías de racimos (firme, medianamente firme y blando), así como también su tasa de ablandamiento, por lo que el racimo firme siempre presenta mayor firmeza.

La firmeza de las bayas no se asocia sólo a la temperatura de la pulpa.

Referencias bibliográficas

Alexander, L and D. Grierson. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of Experimental Botany* 53: 2039-2055.

Chen, J., E. Sucoff and E. Stadelmann. 1991. Aluminum and temperature alteration of cell membrane permeability of *Quercus rubra*. *Plant Physiology* 96: 644-649.

González-Aguilar G., J. Celis , R. Sotelo-Mundo, L. De la Rosa, J. Rodrigo-García and E. Alvarez-Parrilla. 2008. Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5°C. *International Journal of Food Science and Technology* 43: 91-101.

Jun Q. L., A. Hernández and A. García. 2009. Evaluation of tomato quality during storage by acoustic impulse response. *Journal of Food Processing and Preservation* 33: 356-370.

Mwanaki, M. C., F. M. Mathooko, M. Matsuzaki, K. Hiwasa, A. Tateishi, K. Ushijima, R. Nakano, A. Inaba and Y. Kubo. 2005. Expression characteristics of seven members of the β -galactosidase gene family in “La France” pear (*Pyrus communis* L.) fruit during growth and their regulation by 1- methylcyclopropene during postharvest ripening. *Postharvest Biology and Technology* 36: 253-263.

Parra-Coronado A., J. Hernández y J. Camacho-Tamayo. 2006. Comportamiento fisiológico de la pera variedad Triunfo de Viena (*Pyrus communis* L.) durante el período poscosecha. *Revista Brasileira de Fruticultura* 1 (28): 46-50.

Paz P., M.T.Sánchez, D. Pérez-Marín, J. E. Guerrero and A. Garrido-Varo. 2009. Evaluating NIR instruments for quantitative and qualitative assessment of intact apple quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 781-790.

Pérez J. 2000. Evaluación de la textura y la estructura anatómica de bayas débiles en uva de mesa de exportación. pp 55-77. *In: Pérez J., S. Barros, M. C. Peppi y A. Pérez. Calidad y condición de llegada a los mercados extranjeros de la uva de mesa de exportación. Colección de Extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 202p.*

Pérez, J and A. Vargas . 2000. Berry texture characterization of seven table grape varieties. 4th Internacional Symposium on table grapes. La Serena, Chile. 28 Noviembre-01 Diciembre. 212p.

Retamales J. y B. Defilippi. 2000. Manejo de Postcosecha. pp 305-309. *In: Valenzuela, J. Uva de mesa en Chile. Colección INIA. Santiago, Chile. 338p.*

Reyes O. 2009. Efecto de las aplicaciones de diferentes fuentes de calcio al fruto sobre el ablandamiento y tasa de respiración y emisión de etileno durante el almacenaje del kiwi. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 64p.

Vargas, M. 2002. Efecto del uso de atmósfera controlada en la calidad poscosecha de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) var. Red Globe. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 32p.

Zoffoli J.P., J. Rodríguez y E. Kohler. 2000. Puntos críticos en el manejo de postcosecha de la uva de mesa-efecto en la condición del racimo. pp 135-150. *In*: Pérez J., S. Barros, M. C. Peppi y A. Pérez. Calidad y condición de llegada a los mercados extranjeros de la uva de mesa de exportación. Colección de Extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 202p.