

Categorías de firmeza de bayas en diferentes variedades de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.)

Berry firmness categories in different table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.)

Rodrigo Callejas Rodríguez
Milenka Brayovic Piñones

Cecilia Peppi Aronowsky
Erika Kania Kuhl

Originales: Recepción: 30/03/2010 - Aceptación: 29/03/2011

RESUMEN

Se categorizó, a través de una nueva metodología objetiva, la firmeza de las bayas de uva de mesa de las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Red Globe, Thompson Seedless y Crimson Seedless. El estudio se realizó en la zona central de Chile: se recolectaron racimos en forma dirigida en cuanto a firmeza y se separaron en tres categorías: RF, racimo firme; RMF, racimo medianamente firme y RB, racimo blando. La firmeza de bayas (g/mm) se evaluó utilizando el Firmtech 2® (todas las bayas del racimo) y la firmeza de pulpa (N-cm) fue medida con Torque Load Sensor® (muestra del sector superior, medio y distal del racimo). Adicionalmente, se determinó la correlación entre Firmtech 2® y Durofel®.

Los resultados indican que existen diferencias significativas en firmeza entre los tres tipos de racimos (RF, RMF y RB) en todas las variedades, excepto en Superior Seedless en la cual sólo fue posible diferenciar RF de RB. La correlación entre la firmeza de baya medida con Firmtech 2® y Durofel® es alta y significativa ($r = 0,76$). La firmeza de las bayas es un parámetro posible de medir y por tanto permitiría separar en rangos o categorías de firmeza distintas variedades de uva de mesa.

ABSTRACT

Due to the absence of an objective methodology to assess berry firmness in table grapes, a study using two devices, Firmtech 2® and torque meter Torque Load Sensor®, was conducted on Flame Seedless, Superior Seedless, Red Globe, Thompson Seedless and Crimson Seedless cultivars grown in the central region of Chile. Grape clusters were collected according to firmness, differentiating among three categories: FC, firm cluster; MFC, medium firm cluster, and SC, soft cluster. Berry firmness (g/mm) was assessed using Firmtech 2® (all berries in the cluster), whereas flesh firmness (N-cm) was measured with Torque Load Sensor® (using a representative sample from the upper, middle and distal parts of the cluster). Additionally, the correlation was determined between Firmtech 2® and Durofel®.

Results indicate significant differences among the three cluster types (FC, MFC and SC) in all cultivars, except for Superior Seedless where only FC and SC could be differentiated from each other. The correlation between firmness measured with Firmtech 2® and with Durofel® is high and significant ($r = 0.76$). Berry firmness is a measurable parameter and would therefore allow sorting the different table grape cultivars into firmness ranges or categories.

1 Centro Regional de Estudios Agronómicos (UCHILECREA). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Casilla 1004. Santiago. Chile. rcalleja@uchile.cl

Palabras clave

calidad • uvas blandas • medición • evaluación

Keywords

quality • soft grapes • measurement • assessment

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de la fruta chilena de exportación es la condición de llegada a los mercados internacionales (17). Esto ha llevado a imponer nuevos requerimientos de calidad para cumplir con las exigencias de nuestros compradores y mejorar la competitividad de la industria. Algunos de los parámetros tradicionales de calidad como tamaño y color de bayas, grado de azúcar, conformación del racimo son fácilmente evaluados y comparados; sin embargo, existe una serie de parámetros -entre ellos la firmeza- que necesitan ser objetivizados. Actualmente, un racimo que reúne los requisitos tradicionales, pero que no presenta bayas firmes o crocantes, pierde valor (33). La industria de la uva de mesa está consciente de la importancia de la firmeza de las bayas, pero aún requiere uniformizar criterios a través de mediciones objetivas que permitan comparar valores.

La característica de baya firme o crocante está relacionada con la variedad (1), el manejo productivo, su manipuleo en la cosecha y su conservación en postcosecha (32). 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 (33).

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 y objetivas a diferencia de lo que sucede con otros frutos. En la 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 podrá aprovechar mejor el potencial de una variedad y así llegar al mercado con fruta en óptimas condiciones (15).

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 (19). Adicionalmente, se menciona la pérdida de turgencia durante la postcosecha debido a fallas en el almacenamiento (26).

La pared celular primaria está compuesta por microfibrillas de celulosa, las que están embebidas en una matriz de polisacáridos como hemicelulosas y pectinas (28). Estas pectinas también están presentes en la lamela media y tienen la función de regular la adhesión celular (21) y la rigidez de los tejidos (4, 18). Las pectinas son un grupo de polisacáridos ricos en ácido galacturónico y clasificados en tres tipos de polímeros: homogalacturonanos, ramnogalacturonanos I y ramnogalacturonanos II (31).

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 (19), lo que ocurre tanto en la pulpa como en la piel de la baya, ya que Ortega-Regules *et al.* (14) determinaron pérdida de galactosa insoluble y Vicens *et al.* (31) 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 (4, 18). La estabilidad de este complejo pectina-calcio disminuye la vulnerabilidad de la pared celular al ataque de las enzimas poligalacturonasas (3). Al parecer, el descenso de calcio en la madurez es un prerequisite para la solubilización y depolarización de las pectinas, permitiendo la degradación de la pared celular por las poligalacturonasas (20). En el caso de la vid, las poligalacturonasas actúan tanto en la piel como en la pulpa (4).

También existen antecedentes que 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 en los tejidos (27). 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 (6).

Otro factor que puede influenciar el ablandamiento o firmeza es el flujo de asimilados y nutrientes osmóticamente activos al fruto, debido a la competencia entre frutos (22, 23) o a diferencias en el 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 (25).

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 (26). En consecuencia, la firmeza de bayas es un atributo relevante para una buena comercialización, ya que al ser un indicador de frescura es importante en la aceptación del consumidor (16).

Ensayos de firmeza de bayas de uvas realizados por el Departamento de Viticultura y Enología de la Universidad de Stellenbosch (1996), determinaron tres tipos de medidas de firmeza factibles de evaluar en la baya: la baya intacta en algún sector de ella (contribución conjunta de la pulpa, la película y la fuerza debida al turgor); la película y la pulpa en conjunto (baya medida después de remover el efecto de turgencia mediante cortes en la baya); la pulpa (medida al eliminar la película de la baya en el punto de medición).

La medición de la firmeza de bayas debiera basarse en la deformación que resulta de la aplicación de una fuerza constante, o en la fuerza requerida para obtener una deformación predeterminada (2). En este sentido, el instrumento Firmtech 2® mide de manera confiable la deformación de la baya a una determinada presión (g/mm).

Hipótesis

Dada la importancia de la firmeza de bayas en uva de mesa se hace imprescindible la caracterización objetiva de este parámetro. Por consiguiente, la hipótesis planteada en este trabajo es que utilizando los instrumentos Firmtech 2® y medidor de torque, es posible determinar cuantitativamente diferencias de firmeza de baya y pulpa en las bayas de diferentes variedades de uva de mesa.

Objetivo

Establecer categorías de firmeza de bayas en las cinco principales variedades de uva de mesa cultivadas en Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la temporada 2004-2005, se colectaron racimos de las variedades Flame Seedless (cosecha el 20 enero); Thompson Seedless (cosecha el 10 de marzo); Crimson Seedless (cosecha el 31 de marzo); Superior Seedless (cosecha el 31 de enero) y Red Globe (cosecha el 17 de marzo), en predios ubicados en la Región Metropolitana, Zona Central de Chile. La cosecha se determinó de acuerdo con el contenido promedio de sólidos solubles de cada predio y según los requerimientos comerciales para cada variedad. En función de las características de firmeza al tacto de las bayas, con la ayuda de expertos calificados, los racimos fueron catalogados en tres categorías: racimos firmes (RF), racimos medianamente firmes (RMF) y racimos blandos (RB). Estos racimos, luego de cosechados y clasificados, fueron transportados en nevera al laboratorio de Viticultura de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Luego, se eligieron al azar cinco racimos de cada categoría, para ser evaluados en el laboratorio.

Las mediciones de firmeza de baya (que considera la contribución de la piel y pulpa de la baya) se realizaron con el instrumento Firmtech 2®, a todas las bayas de cada racimo. Para realizar esta medición, las bayas fueron cortadas con pedicelo y ubicadas sobre una placa giratoria que posee el instrumento, la que al girar, sitúa a la baya bajo un émbolo de 2,5 cm de diámetro que al bajar deforma la baya. La unidad de medición es g/mm y corresponde a la presión necesaria para deformar 1 mm la baya. La prueba automatizada se realiza con una placa giratoria y un programa compatible de Windows 95/98/00/XP. Los datos se almacenan en un formato 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 (13).

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®), largo y diámetro ecuatorial (utilizando pie de metro digital LITZ®), y finalmente la firmeza de pulpa (utilizando Torque Load Sensor), y los sólidos solubles (con refractómetro termocompensado RHB-32 ATC, Huake®). El medidor de torque Torque Load Sensor® es un instrumento conectado a un indicador digital que registra la fuerza máxima de torsión al girar la baya con la hélice en su interior y de esta forma estima la firmeza de la pulpa de la baya. La capacidad del Torque Load Sensor® 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 Newton centímetro (N·cm).

En bayas de la variedad Red Globe, además se contó el número de semillas por baya de la muestra representativa de doce bayas por racimo.

Con los valores de firmeza de baya se establecieron intervalos para determinar rangos de firmeza. De acuerdo con 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:

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

donde:

μ = media

σ = desviación estándar

n = número de muestras

Dado que éste 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 (12).

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

Adicionalmente, se colectaron al azar en el campo 150 bayas pertenecientes a la variedad Thompson Seedless, las que fueron evaluadas en el laboratorio con Fimtech 2® y Durofel®. Ambos instrumentos determinan firmeza de baya. El Durofel® mide la firmeza por medio de presión, entregando valores referenciales según el dispositivo que se utilice. El dispositivo apropiado para uva es Durofel 25, el cual arroja como valor promedio mínimo de firmeza 30 y 80 en el máximo.

Diseño experimental y análisis estadístico

En cada variedad se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con tres clasificaciones de firmeza (RF, RMF y RB) y con cinco repeticiones para cada una de ellas. La unidad experimental fue el racimo. Los datos fueron analizados con el software estadístico Infostat (11), en forma independiente para cada variedad.

Los resultados del ensayo 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 en los cuales 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%.

En todos aquellos casos en que podría existir efecto de las variables peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles, número de bayas y número de semillas (Red Globe) por racimo sobre la firmeza, se consideró este posible efecto efectuando un análisis de covarianza.

Adicionalmente se realizaron correlaciones lineales entre firmeza de baya y firmeza de pulpa, peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y peso seco, como así 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. Las correlaciones utilizadas fueron: Pearson cuando las variables presentaron distribución normal y Spearman cuando las variables no se ajustaron a esta distribución.

RESULTADOS

Establecimiento de categorías de firmeza de bayas con el instrumento Firmtech 2®

Las mediciones de firmeza de bayas según sector del racimo (superior, medio y distal) no mostraron diferencia significativa para ninguno de los tipos de racimos (RF, RMF y RB) y en ninguna de las cinco variedades (datos no presentados).

En la tabla 1 (pág. 133) se expone la firmeza promedio y el número de bayas para cada uno de los grupos de racimos evaluados. Se determinó que para la firmeza existieron diferencias significativas para cada tipo de racimo (RF, RMF y RB) en todas las variedades, con excepción de Superior Seedless, que diferenció sólo el racimo firme del blando.

Para las cinco variedades estudiadas, el número de bayas por racimo no presentó diferencias estadísticas significativas, lo que sugiere que el número de bayas en el racimo no afecta su firmeza. Además, al realizar el análisis de covarianza, el resultado indicó que no hay efecto del número de bayas en la firmeza.

Basados en los resultados de la tabla 1 (pág. 133), fue posible determinar rangos de firmeza para cada variedad (tabla 2, pág. 133).

Tabla 1. Firmeza promedio y número de bayas de cada tipo de racimo de las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless según clasificación de firmeza del racimo, temporada 2004-2005.

Table 1. Mean berry firmness and berry number per cluster of cvs. Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe and Crimson Seedless according to firmness cluster category, season 2004-2005.

Variedad	Clasificación (tipo de racimo)	Nº de bayas/racimo	Firmeza promedio del racimo (g/mm)
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 distintas en sentido vertical por variedad indican diferencia estadística significativa según test de Duncan ($\alpha \leq 0,05$), $n = 5$ racimos; firmeza de baya medida con Firmtech2®.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando

Tabla 2. Categorías de firmeza de bayas de las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless de acuerdo con rangos determinados con Firmtech 2®, temporada 2004-2005.

Table 2. Berry firmness category of cvs. Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe and Crimson Seedless according to ranges determined using Firmtech 2®, season 2004-2005.

Variedad	Categoría*		
	RF (g/mm)	RMF (g/mm)	RB (g/mm)
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 pertenecientes a cada categoría están dentro del rango de firmeza establecido según axioma central del límite.

$n = 5$ racimos por categoría

Se pudo determinar que los racimos de cada categoría de firmeza (RF, RMF y RB) presentaron bayas asociadas a distintas categorías de firmeza y no sólo a la categoría a la cual pertenece cada racimo. Se constató que dentro de cada racimo existían bayas firmes, medianamente firmes y blandas, por lo que la clasificación del racimo estuvo definida según la proporción que poseyera 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, situación contraria en el racimo blando. Para el caso intermedio, clasificado como medianamente firme, se encontraron bayas pertenecientes a cada categoría en similares proporciones en general, excepto en Thompson Seedless (tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de bayas firmes, medianamente firmes y blandas según tipo de racimo, para las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless, temporada 2004-2005.

Table 3. Percentage of firm, medium firm and soft berries for each firmness cluster category of cvs. Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe and Crimson Seedless, season 2004-2005.

Variedad	Clasificación (tipo de racimo)	Bayas firmes (%)	Bayas medianamente firmes (%)	Bayas 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	-----	56,2
	RMF	-----	-----	-----
	RB	12,0	-----	88,0
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	50,0	38,6
	RB	4,7	31,0	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.
n = 5 racimos por categoría.

Establecimiento de categorías de firmeza de pulpa de bayas 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) (datos no presentados). Sólo fue posible diferenciar con este instrumento racimos con bayas de pulpa firme respecto de blandas (tabla 4, pág. 135).

Tabla 4. Firmeza de pulpa de las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless según clasificación del racimo, temporada 2004-2005.

Table 4. Flesh firmness of cvs. Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe and Crimson Seedless according to firmness cluster category, season 2004-2005.

Variedad	Clasificación (tipo de 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 por variedad indican diferencia estadística significativa según test de Duncan ($\alpha \leq 0,05$). n = 60 bayas por categoría.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando.

Evaluaciones de peso fresco, largo, diámetro de las bayas y sólidos solubles

En cuanto a peso fresco, largo, diámetro y sólidos solubles, en general los resultados señalaron en todas las variedades que no existían diferencias significativas entre sectores del racimo, salvo pequeñas diferencias puntuales que no mostraron consistencia entre variedades (datos no presentados).

Entre cada tipo de racimo (RF, RMF y RB) se observó menor peso fresco, largo y diámetro en las bayas de racimos blandos de Flame Seedless. Una tendencia similar en largo y diámetro de bayas se observó en racimos de Red Globe, mientras que las otras tres variedades no mostraron diferencias.

En lo que respecta a sólidos solubles, existen diferencias significativas en las variedades Flame Seedless, Thompson Seedless y Red Globe; se advirtió que a mayor contenido de azúcar, mayor es la firmeza de las bayas (tabla 5, pág. 136).

Tabla 5. Determinación del peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles y número de semillas (Red Globe) de la baya según clasificación del racimo, en las variedades Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe y Crimson Seedless, temporada 2004-2005.

Table 5. Berry fresh weight, length, diameter, soluble solids and seed number (Red Globe) according to firmness cluster category of cvs. Flame Seedless, Superior Seedless, Thompson Seedless, Red Globe and Crimson Seedless, season 2004-2005.

Variedad	Clasificación (tipo de racimo)	Peso fresco bayas (g)	Largo bayas (mm)	Diámetro bayas (mm)	Sólidos solubles (%)	Nº semillas
Flame Seedless	RF	6,26 b	21,21 b	21,13 b	19,35 c	
	RMF	5,95 b	20,44 b	20,15 b	16,71 a	
	RB	4,45 a	18,80 a	18,74 a	17,42 b	
Superior Seedless	RF	6,22 a	24,89 a	19,65 a	18,96 a	
	RMF	6,80 a	25,41 a	20,15 a	18,23 a	
	RB	6,25 a	24,45 a	19,57 a	18,71 a	
Thompson Seedless	RF	7,90 a	28,55 a	19,42 a	19,42 c	
	RMF	7,44 a	30,02 a	18,57 a	17,65 b	
	RB	7,24 a	27,72 a	18,58 a	15,90 a	
Red Globe	RF	10,75 a	27,60 b	24,13 b	18,32 c	2,35 a
	RMF	9,97 a	26,75 b	23,11 a	16,97 b	3,03 b
	RB	9,25 a	24,72 a	22,47 a	16,00 a	3,33 b
Crimson Seedless	RF	6,57 a	26,09 a	18,18 a	19,04 a	
	RMF	6,48 a	25,92 a	18,19 a	18,85 a	
	RB	6,27 a	25,16 a	18,20 a	18,93 a	

Letras diferentes en sentido vertical por variedad indican diferencia estadística significativa según test de Duncan ($\alpha \leq 0,05$). n = 60 bayas por categoría.

RF: racimo firme; RMF: racimo medianamente firme; RB: racimo blando.

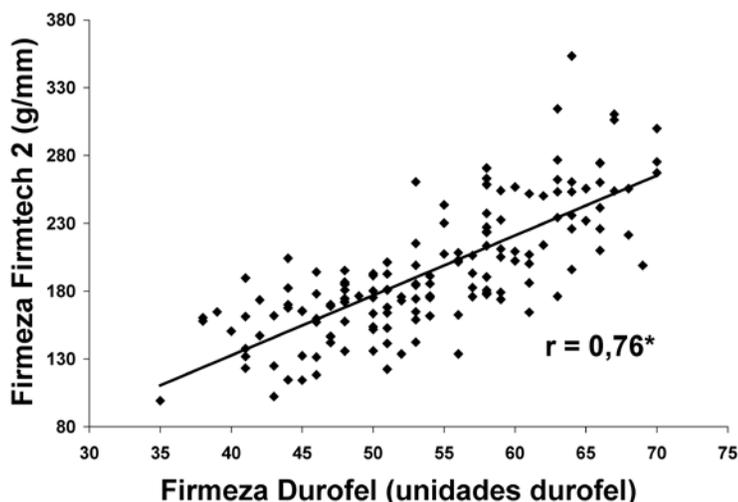
Correlaciones entre peso fresco, largo, diámetro, sólidos solubles, peso seco, firmeza de pulpa y firmeza de baya

En cuanto a correlaciones, en todas las variedades existieron diferencias entre cada tipo de racimo (firme, medianamente firme y blando) en lo que respecta a firmeza de baya y pulpa. En la variedad Thompson Seedless existió correlación positiva moderada y significativa entre firmeza de baya y pulpa para los tres tipos de racimos ($r = 0,59$ para el racimo firme, $r = 0,49$ para el racimo medianamente firme y $r = 0,53$ para el racimo blando).

Las correlaciones entre firmeza de baya y pulpa con peso fresco, peso seco, largo, diámetro y sólidos solubles en general fueron bajas y erráticas, y no permitieron establecer asociaciones lineales claras (datos no presentados).

Correlación entre la firmeza de las bayas determinada con los equipos Firmtech 2® y Durofel® en la variedad Thompson Seedless

Como se observa en la siguiente figura, existe una alta correlación positiva entre los dos instrumentos ($r = 0,76$). La tendencia de la correlación es ascendente, lo que implica que ambos instrumentos son capaces de medir y determinar diferencias de firmeza, aunque difieren en la especificidad de la medición, siendo más sensible el Firmtech 2®.



(* Significativo al 5% por medio del estadístico t Student. n = 150 bayas)

(* Significant at 5% according to the t Student statistical test. n = 150 berries)

Figura. Correlación entre firmeza de baya medida con Firmtech 2® y Durofel® en la variedad de uva de mesa Thompson Seedless cosechada en enero del 2005.

Figure. Correlation between Firmtech 2® and Durofel® berry firmness measurements on table grape cv. Thompson Seedless harvested in January 2005.

DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos con los equipos utilizados en esta investigación, es posible determinar categorías de firmeza para distintas variedades de uva de mesa. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Ruiz *et al.* (24) quienes caracterizaron bayas de Thompson Seedless según firmeza al tacto e instrumental utilizando de igual forma el Firmtech 2 y obtuvieron diferencias significativas entre bayas firmes y blandas e intermedias.

Sin embargo, 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.

En lo referente a firmeza de pulpa, los resultados indican que, en general, fue posible determinar diferencias entre bayas firmes y blandas. Esta diferencia podría explicarse por una mayor organización en los haces vasculares centrales en bayas firmes en comparación con bayas blandas (8).

Los resultados respecto de sólidos solubles sugieren que racimos más blandos presentan un menor porcentaje de sólidos solubles, aunque en Flame Seedless la relación no es tan categórica puesto que racimos medianamente firmes presentaron menores sólidos solubles que racimos blandos. Resultados similares fueron obtenidos por Ruiz *et al.* (24) quienes observaron una mayor concentración de sólidos solubles en bayas de Thompson Seedless firmes que en bayas de consistencia intermedia, y por último las bayas blandas fueron las que presentaron menores sólidos solubles. Además esto concuerda con resultados obtenidos por Esquivel (8), en los cuales se encontraron diferencias en la densidad entre uvas firmes y débiles, siendo las bayas firmes más densas que las débiles. Este parámetro está directamente relacionado con el contenido de sólidos solubles en la uva, lo que no permite afirmar necesariamente que la uva firme sería siempre más densa que la uva débil, sino que influiría el contenido de sólidos solubles en comparación con la condición de la uva.

En la variedad Red Globe, los análisis en relación con el número de semillas indican que existen diferencias significativas para el racimo firme, el cual contiene un menor número de semillas respecto al racimo medianamente firme y blando. Sin embargo, el largo y diámetro de las bayas firmes es mayor, lo que no concuerda con lo citado por Taiz y Zeiger (28), quienes indicaron que las semillas son las encargadas de proporcionar hormonas para el crecimiento de la baya y una disminución en el número de éstas implica un menor crecimiento.

En lo que respecta al diámetro, los resultados en general concuerdan con evaluaciones realizadas por Bernstein y Lustig (2), quienes determinaron que la variación de la firmeza es independiente de la variación del diámetro de la baya, y su tamaño no arroja diferencias significativas en cuanto a firmeza.

La variedad Thompson Seedless es la que presenta un mayor coeficiente de correlación entre firmeza de baya y pulpa. Este resultado es similar al obtenido por Vargas *et al.* (30) 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 ensayo se consideró el turgor de la baya y se correlacionó con la firmeza total, obteniéndose una baja correlación, lo que indicaría la contribución de la pulpa y película a la firmeza total de la baya. En el racimo medianamente firme existe una fuerte correlación entre firmeza de baya y peso seco, pero este resultado sólo se presenta en este tipo de racimo. Desafortunadamente existe poca investigación respecto de la firmeza en otras variedades excepto Thompson Seedless, lo que dificulta la comprensión de los resultados.

Al evaluar las diferentes variedades en cuanto a firmeza de baya y pulpa, se puede deducir que cada variedad posee una determinada relación entre estos parámetros, que aparentemente es diferente para cada una de ellas. Por otro lado, una misma

variedad puede presentar diferentes valores de firmeza, ya que factores como nivel de carga, fecha de cosecha (16), luminosidad (7, 16) y diversos manejos agronómicos, influyen en la firmeza. Vargas (29) indica que algunas variedades poseen bayas firmes o duras, mientras que otras son menos crocantes. Según Chardonnet *et al.* (5) las diferencias existentes en la composición de la pared celular a nivel de pulpa en las variedades explicarían 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 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 (10). Además, podría ser que la piel de la baya, compuesta por células más pequeñas y unidas que las que forman la pulpa, que envuelve el fruto y actúa de la misma forma que un recubrimiento elástico (9), desempeñe un papel importante, puesto que bayas de diferentes variedades con valores de firmeza de pulpa similares, poseen distintos valores de firmeza total.

Vicens *et al.* (31) determinaron un notable incremento de hidroxiprolina en la piel de la baya, lo que sugiere la participación de hidroxiprolinas ricas en glicoproteínas en la pared celular durante la maduración. Este material proteínico podría participar en el fortalecimiento de la pared celular durante la expansión celular o estar involucrado en el fenómeno del fin de la expansión celular. En la piel de la uva, tal biosíntesis podría también intervenir para compensar la moderada solubilización de polisacáridos, por lo que es posible que influya en la firmeza de las bayas y su síntesis sea diferente para cada variedad. Faltan investigaciones referentes a este tema específico que corroboren dicha suposición.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones experimentales en que se realizó esta investigación en uva de mesa, se puede concluir que:

Es factible caracterizar los racimos de las distintas variedades en categorías objetivas (firmes, medianamente firmes y blandos) según la firmeza de sus bayas utilizando el equipo Firmtech 2®.

Es posible clasificar, aunque con menor sensibilidad, racimos firmes de racimos blandos en forma objetiva de acuerdo con la firmeza de la pulpa de sus bayas, utilizando el equipo Torque Load Sensor®.

El racimo será clasificado como firme, medianamente firme o blando, conforme la proporción de categoría de firmeza de las bayas que lo componen.

En general cada variedad tiene una firmeza de baya y pulpa específicas, aunque algunas variedades pueden presentar valores similares entre sí.

Es posible evaluar la firmeza de bayas de Thompson Seedless con Firmtech 2® o Durofel®, ya que existe una buena correlación entre ambos equipos, siendo más sensible el primero.

LITERATURA CITADA

1. Abbal, P.; J. Boulet; 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.
2. Bernstein, Z.; I. Lustig. 1981. A new method of firmness measurement of grape berries and other juicy fruits. *Vitis* 20: 15-21.
3. Buescher, R. W.; J. M. Hudson; J. R. Adams. 1979. Inhibition of polygalacturonase softening of cucumber pickles by calcium chloride. *Journal of Food Science* 44: 1786-1787.
4. Cabanne, C.; B. Doneche. 2001. Changes in poligalacturonase activity and calcium content during ripening of grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 52: 331-335.
5. Chardonnet, C.; H. Gomez; B. Doneche. 1994. Evolution des polyosides des parois cellulaires au cours du développement du raisin. *Vitis* 33: 69-74.
6. Di Tomasso, J. M.; J. E. Scaf; 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.
7. Donoso, N.; P. Herrera. 1995. Efectos del sombreamiento, 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. 63 p.
8. 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. 159 p.
9. Ferraro, R. 1983. *Viticultura Moderna*. Tomo I. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, SRL. Montevideo, Uruguay. 486 p.
10. Fregoni, M. 1998. *Viticultura di qualità*. Editore Phytoline. Verona, Italia. 836 p.
11. Infostat. 2008. Infostat versión 2008. Software Estadístico Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Argentina. Córdoba, Argentina.
12. Milton, J. S.; J. O. Tsokos. 2001. *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Ediciones Interamericana McGraw-Hill. Madrid, España. 672 p.
13. Mitcham, E.; M. Clayton; B. Bassi; S. Southwick. 1997. Evaluation of four cherry firmness measuring devices. In: 13th Annual Postharvest Conference. Davis, California, EEUU. March 1997. University of California. Davis, California, EE.UU. p. 34-43.
14. Ortega-Regules, A.; J. M. Ros-García; A. B. Bautista-Ortín; J. M. López-Roca; 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.
15. Pérez, J. 2000. Evaluación de la textura y la estructura anatómica de bayas débiles en uva de mesa de exportación. In: Perez, J.; S. Barros; M. C. Peppi; A. Perez. *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. p. 55-77.
16. _____; M. C. Peppi; J. A. Larraín. 1998. Influencia de la carga, fecha de cosecha, sombreamiento 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.
17. _____; J. P. Zoffoli; A. Perez; A. Vargas. 2000. Evolución de la textura de bayas del cv. Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria*. 27(2): 117-126.
18. Poovaiah, B. W. 1979. Role of calcium in ripening and senescence. *Communications in the Soil Science and Plant. Analysis*. 10: 83-88.

19. Redgwell, R. J.; M. Fischer; E. Kendall; 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.
20. Rigney, C. J.; R. H. B. Wills. 1981. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortScience*. 16: 550-551.
21. Rose, J. K. C.; A. B. Bennett. 1999. Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: Parallels between cell expansion and fruit ripening. *Trends in Plant Science*. 4: 176-183.
22. Ruiz, R.; J. L. Guardiola. 1994. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscisión. *Physiologia Plantarum*. 90: 27-36.
23. _____; L. Garcia; C. Monerri; J. L. Guardiola. 2001. Carbohydrate availability in relation to fruit abscisión in citrus. *Annals of Botany*. 87: 805-812.
24. _____; S. Moyano; T. Navia. 2004. Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. *Agricultura Técnica*. 64(4): 426-430.
25. Salisbury, F. B.; C. W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing. Belmont. CA. 682 p.
26. Seymour, G.; J. Taylor; A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit Ripening*. University Press, Cambridge. 454 p.
27. Smith, T. A. 1985. Polyamines. *Annual Review of Plant Physiology*. 36: 117-143.
28. Taiz, L.; E. Zeiger. 1998. *Plant physiology*. 2nd edition. Sinauer associates. Massachusetts, Estados Unidos. 814 p.
29. 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. 71 p.
30. _____; J. Perez; J. P. Zoffoli; A. Perez. 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.
31. Vicens, A.; D. Fournand; P. Williams; L. Sidhoum; M. Moutounet; 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.
32. Winkler, J. A.; J. A. Cook; W. M. Kliewer; L. A. Lider. 1974. *General Viticulture*. 2nd edition. University of California Press, Berkeley, Estados Unidos. 710 p.
33. Zoffoli J. P.; J. Rodríguez. 2000. Comparison of devices for the assessment of table grape berry texture. 4th Internacional Symposium on table Grapes. La Serena, Chile. 28 noviembre-01 diciembre. 85 p.