

COMPARACION DE VARIABLES DE TEXTURA EN LA MEDICION DE FIRMEZA DE BAYAS DE UVA THOMPSON SEEDLESS¹

A. VARGAS, J. PEREZ, J. P. ZOFFOLI y A. PEREZ

Departamento de Fruticultura y Enología
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile
Pontificia Universidad Católica de Chile

Abstract

A. Vargas, J. Pérez, J.P. Zoffoli y A. Pérez. Study of two methods used to quantify the berry firmness of Thompson seedless grapes. In order to develop a tool to quantify the berry firmness of export table grapes for long distance markets, two different methods were compared using soft and firm berries. The first method was the measurement of skin punctured strength with a Texturometer (TA-XT2). From the force-deformation curve, six variables were established: "Force at the skin rupture point", "Gradient or elasticity coefficient", "Area under the curve", "Curvature degree", "Percentage of Deformation and "Final Force". The second method was described by the Department of Viticulture and Oenology of the University of Stellenbosch in South Africa, (1996). Through this method it is possible to obtain the firmness of intact berries, the firmness of the berry flesh and, by subtraction, the firmness of the berry skin and the force due to the turgor applied to the berry skin in the intact berry. High correlation coefficients were observed between the firmness of the intact berry and the firmness of flesh berry ($r=0,93$), the firmness of intact berry and Gradient or elasticity coefficient ($r=0,90$), the firmness of the flesh berry and Gradient ($r=0,80$) and the firmness of berry skin and Gradient ($r=0,78$). It was concluded that the elasticity coefficient can be considered as a good berry flesh firmness index.

Keywords: Grape berry, texture, firmness, crispness, softening.

Cien. Inv. Agr. 28(1): 37-42. 2001

INTRODUCCION

El grado de firmeza o textura de la baya es un atributo importante de la uva de mesa de exportación chilena a mercados distantes. Desafortunadamente no existen métodos objetivos, precisos y estandarizados para medir este parámetro. Diferentes investigaciones han determinado el desarrollo de diversos métodos de medición de textura para bayas de uva y, a la vez, dentro de cada método, se han medido distintas variables como parámetros de textura Bourne (1980), Lustig y Bernstein (1981), Abbal *et al.* (1992), Mencarelli *et al.* (1994), el Departamento de Viticultura y Enología de la Universidad de Stellenbosch (1996), Robin *et al.* (1997), y Sato *et al.* (1997).

Lustig y Bernstein (1981), propusieron un método de medida de resistencia de película a través del registro

de los niveles de presión hidráulica al interior de la baya; más tarde utilizaron un método de aplastamiento de la baya. Un sistema similar fue utilizado por Abbal *et al.* (1992) y Robin *et al.* (1997). Una variante del sistema de aplastamiento, es el método de punción de la baya el cual implica la penetración de una sonda al interior de esta; este sistema ha sido utilizado por varios autores: Bourne (1980), Mencarelli *et al.* (1994), el Departamento de Viticultura y Enología de la Universidad de Stellenbosch, Sudáfrica (1996) y Sato *et al.* (1997), cada uno usando técnicas propias dentro del método.

En el presente trabajo se compararon dos variantes del método de medición de textura a través de la punción de la fruta; el primero consistió en el análisis de la curva fuerza- deformación que se obtiene al someter la baya a la penetración de una sonda hasta el punto de

¹ Investigación financiada por el proyecto FONDEF N° D9711011

² Dirigir correspondencia a: J. Pérez - joperez@puc.cl

ruptura de la película. En esta curva se midieron seis variables que fueron consideradas como variables de textura. El segundo método de medición de textura fue el descrito por el Departamento de Viticultura y Enología de la Universidad de Stellenbosch, mediante el cual es posible obtener la contribución de las distintas estructuras de la baya en la firmeza total.

El objetivo de este trabajo fue correlacionar las variables de textura que proponen ambos métodos con el fin de obtener evidencia acerca del alcance explicativo que pudiese tener el método de análisis de la curva fuerza-deformación y disponer de una herramienta para evaluar en forma objetiva la textura de las bayas de uva.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar esta investigación se muestrearon un total de 120 racimos de la variedad Thompson Seedless. Con el fin de aumentar la variabilidad, el muestreo de racimos se realizó en las localidades de Llay-Llay [32,5°(S)-70,6°(O)], San Francisco de Mostazal [33,6°(S)-70,4°(O)], y Naicura [34,2°(S)-71,38°(O)]. De los racimos cosechados 60 fueron arbitrariamente considerados firmes y 60 considerados como débiles al momento de la cosecha de acuerdo con la apreciación de su firmeza al tacto. Al momento de la cosecha, los racimos muestreados presentaban un contenido de sólidos solubles promedio de 17,4 °B en la localidad de Llay-Llay, 16,8 °B en la localidad de Naicura y 17,2 °B en la localidad de San Francisco de Mostazal, medidos con un refractómetro manual termocompensado.

Para realizar la correlación entre las variables de textura de los dos métodos, se consideró como unidad experimental cada racimo muestreado, desde el cual se extrajeron seis bayas con pedicelo. A las tres primeras se le midió su firmeza a través del método de análisis de la curva fuerza-deformación. Esta curva es obtenida a través de la medición realizada con el instrumento de medición texturómetro TA-XT2, marca Stable Micro Systems. Este instrumento está equipado con una sonda cilíndrica de acero de 2 mm de diámetro que penetra a la baya intacta a 6 mm de profundidad. Para cada medición, es posible obtener mediante el programa Texture expert for Windows, un gráfico fuerza-deformación. En esta curva fuerza-deformación obtenida, se midieron las siguientes variables:

- ◆ Fuerza Máxima: definido como el valor de la fuerza medido en Newton (N) necesaria para producir

la fractura de la superficie de la baya, en el punto máximo que alcanza la curva que corresponde al punto de ruptura de la película.

- ◆ Pendiente o Coeficiente de Elasticidad: que corresponde a la pendiente de la curva de fuerza-deformación medida en N/mm desde el origen al punto de ruptura o fuerza máxima.
- ◆ Area: calculada como el área bajo la curva de fuerza-deformación, medido en N*mm, hasta el punto de ruptura de la baya.
- ◆ Deformación: establecida como la distancia que recorre el émbolo del texturómetro hasta el momento de la ruptura de la baya expresado como porcentaje del diámetro ecuatorial de la baya.
- ◆ Fuerza Final: determinada como el valor de la fuerza en N en el punto máximo de distancia de recorrido del émbolo del texturómetro (6 mm), una vez que ha penetrado en la pulpa de la baya (Figura 1).



Figura 1 Descripción de las variables medidas en la curva de fuerza-deformación como parámetros de textura parámetros de textura: Fuerza Máxima al punto de ruptura de la película, Coeficiente de elasticidad o Pendiente al punto de ruptura, Área bajo la curva hasta el punto de ruptura, Deformación como porcentaje del diámetro de la baya y Fuerza Final cuando la sonda ha penetrado la pulpa de la baya.

Description of the texture variables in the force-deformation curve: Force at the skin rupture point, gradient or elasticity coefficient; area under the curve, percentage of deformation and final force.

- ◆ Curvatura: calculada como la diferencia entre la pendiente al punto de ruptura y la pendiente inicial, calculada al 10% de deformación del diámetro de la baya; de este modo, se determina que las curvas

convexas tendrán una curvatura negativa (Figura 2.a), esto implica que inicialmente las bayas ejercen una mayor resistencia la que va disminuyendo a medida que aumenta el avance de la sonda. Las curvas cóncavas presentan una curvatura positiva (Figura 2.b), lo que significa que inicialmente las bayas imponen una baja resistencia al avance de la sonda, la cual va aumentando a medida que se acerca al punto de ruptura.

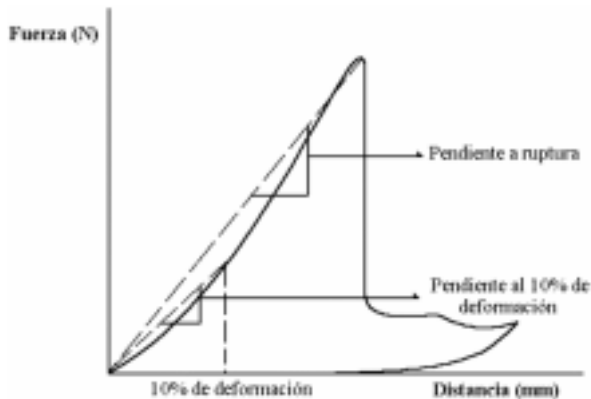


Figura 2. a Curva fuerza-deformación convexa al origen. El valor de la variable de textura Curvatura fue calculado como la diferencia entre la pendiente a ruptura y la pendiente al 10% de deformación (valores negativos de Curvatura).

Convex force-deformation curve. The value of the Texture variable was calculated through the difference between the gradient at the skin rupture point and the gradient at the 10% of deformation (negative curve).

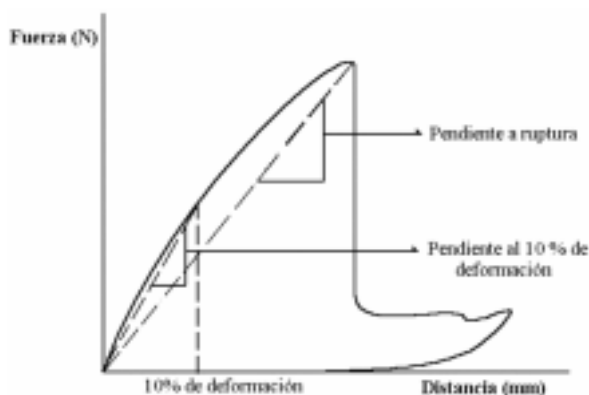


Figura 2. b Curva fuerza-deformación cóncava al origen. El valor de la variable de textura Curvatura fue calculado como la diferencia entre la pendiente a ruptura y la pendiente al 10% de deformación (valores positivos de Curvatura).

Concave force-deformation curve. The value of the Texture variable was calculated through the difference between the gradient at the skin rupture point and the gradient at the 10% of deformation (positive curve).

La textura de las tres bayas restantes del racimo muestreado, se evaluaron de acuerdo al método descrito por la Universidad de Stellenbosch, según el cual es posible medir en una sola baya la firmeza total de la baya intacta, la firmeza de la película, la firmeza de la pulpa y la contribución del turgor, (fuerza que ejerce el contenido de la baya sobre la película). Para ello se siguió el siguiente procedimiento:

1. Medición de la baya intacta, en este caso se consideró la fuerza total en la cual contribuyen la fuerza de pulpa, el turgor y la fuerza de la película.
2. Se hicieron cortes a ambos lados de la baya y, en el centro de ésta, un cuadrado de 1 cm²; de este modo se liberó la presión de turgor. Al realizar la medición de fuerza, el valor obtenido considera la contribución de la firmeza de la pulpa y la firmeza de la película. Posteriormente la contribución del turgor a la firmeza total de la baya se calculó por la diferencia entre la medición 1 y 2.
3. La tercera medición de firmeza se realizó en un sector de la baya al que previamente se le eliminó la película, de este modo el valor obtenido consideró únicamente la firmeza de la pulpa de la baya. La contribución de la película a la firmeza total de la baya, se obtuvo por la diferencia entre la medición 2 y la medición 3.

Todas las mediciones de este método, se expresaron como la fuerza ejercida en Newton (N) sobre la película o pulpa a los 0,5 mm de penetración del émbolo de 2 mm de diámetro utilizando el mismo instrumento de medición Texturómetro TA-XT2.

Para comparar las variables de textura se calcularon correlaciones de Pearson utilizando el programa estadístico Sigma Stat, con un $n = 120$.

En primer lugar se correlacionaron las variables de textura dentro del método descrito por la Universidad de Stellenbosch y, posteriormente se correlacionaron las variables de ambos métodos de medición de firmeza.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al correlacionar las variables de textura del método descrito por la Universidad de Stellenbosch, se obtuvo un alto valor de correlación entre la firmeza total de la baya intacta y la firmeza de la pulpa ($r=0,93$) y la firmeza total con la firmeza de la película ($r=0,83$). Con el turgor, en cambio, la firmeza total presentó una baja

correlación ($r=0,43$). Esto indicaría la contribución de la pulpa y película a la firmeza total de la baya (tabla 1).

Tabla 1. Correlación entre las variables de textura de el método descrito por la Universidad de Stellenbosh en bayas de uva Thompson Seedless.

Correlation between texture variables described by the University of Stellenbosch method in Thompson Seedless grapes.

Relaciones	Coefficiente de correlación de Pearson r ($P \leq 0,001$)
Firmeza Total - Firmeza Pulpa	0,93
Firmeza Total - Firmeza Película	0,84
Firmeza Total - Turgor	0,43
Firmeza Pulpa - Firmeza Película	0,72

Respecto de la correlación entre los parámetros obtenidos del análisis de la curva fuerza- deformación y las medidas del método descrito por la Universidad de Stellenbosch, en la Tabla 2 se observa que los valores de la variable de textura pendiente obtiene altos valores de correlación con los valores obtenidos al medir la firmeza de la baya intacta o firmeza total ($r=0,90$). En la Figura 3 se observa la relación de estos parámetros y la distribución que tuvieron en ella los racimos que fueron considerados débiles y firmes en cada una de las localidades muestreadas. Cabe destacar que todos los racimos que fueron considerados como firmes presentaron valores de pendiente superiores a $0,8 \text{ N.mm}^{-1}$.

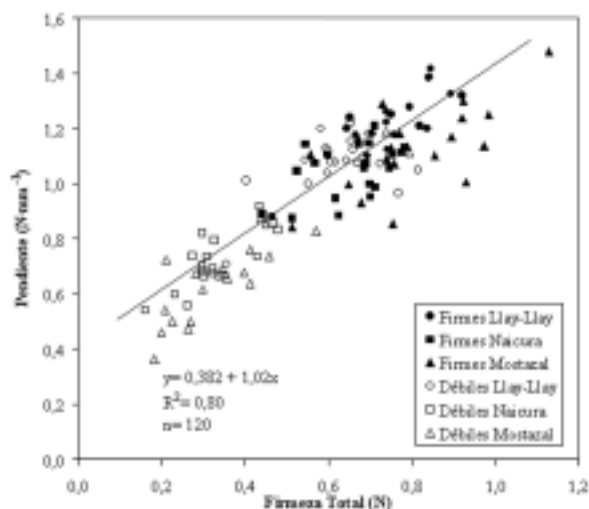


Figura 3 Relación entre la Firmeza Total de la baya intacta y el parámetro de textura Pendiente.

Relationship between the Total Firmness and Gradient texture parameter.

La variable de textura pendiente también obtuvo altas correlaciones con las mediciones de la baya sin película

o firmeza pulpa ($r=0,80$) y con el valor obtenido por diferencia que según el método se considera como firmeza película ($r=0,78$). Sin embargo, la relación mostró una tendencia a perder la linealidad a medida que aumentaban los niveles de firmeza, es decir el valor de pendiente no era capaz de discriminar entre los valores superiores de firmeza de película y firmeza de pulpa presentando una mejor relación con una tendencia logarítmica donde se obtiene un mayor coeficiente de determinación R^2 (Figuras 4 y 5).

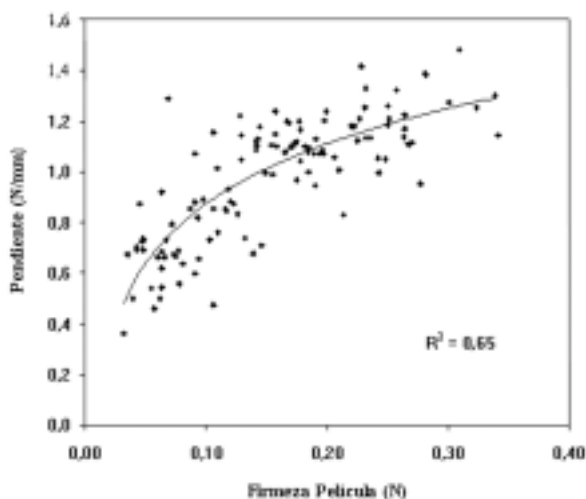


Figura 4 Relación entre la Firmeza de la Pulpa y el parámetro de textura Pendiente.

Relationship between the Flesh Firmness and Gradient texture parameter.

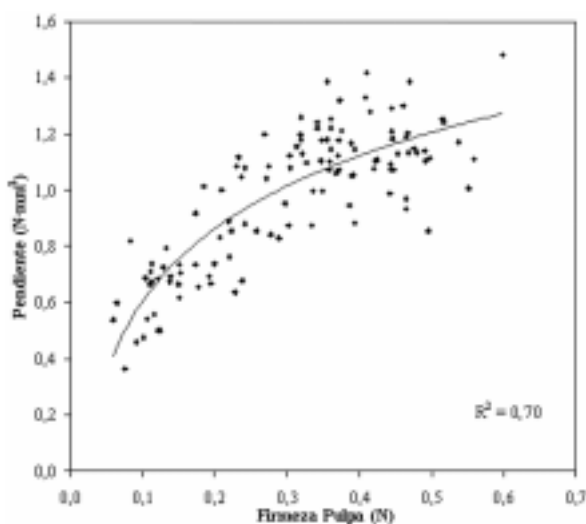


Figura 5 Relación entre la Firmeza de la Película y el parámetro de textura Pendiente.

Relationship between the Skin Firmness and Gradient texture parameter.

Tabla 2. Correlación entre las variables de textura del método descrito por la Universidad de Stellenbosch y las variables de textura del método de análisis de la curva Fuerza- Deformación, medidas en bayas de uva Thompson Seedless.

Correlation between the texture variables described by the University of Stellenbosch method and the texture variables of the study of force-deformation curve, measured in Thompson Seedless grapes.

Relaciones	Coefficiente de correlación de Pearson r ($P \leq 0.001$)
Pendiente - Firmeza Total	0,90
Pendiente - Firmeza Pulpa	0,80
Pendiente - Firmeza Película	0,78
Curvatura - Firmeza Pulpa	- 0,72
Curvatura - Turgor %	0,57
Fuerza Máxima - Firmeza Película	0,31
Deformación - Firmeza Película	- 0,53
Deformación - Firmeza Pulpa	-0,76
Fuerza Final - Firmeza Pulpa	0,49

Para conocer la contribución relativa de las variables de textura medidas a la firmeza total de la baya, según el método descrito por la Universidad de Stellenbosch, se calculó el porcentaje promedio de todos los racimos muestreados de cada una de las variables respecto a la firmeza total. Se obtuvo que la firmeza de pulpa contribuye en un 51,3 % a la firmeza total, mientras que la película solo contribuiría en un 26,1%. Si consideramos que para este cultivar la firmeza de la pulpa presenta un coeficiente de correlación de 0,930 con la firmeza total de la baya, se puede pensar en la variable de textura pendiente o coeficiente de elasticidad como un índice de la consistencia de la pulpa de la baya.

De acuerdo a lo señalado por Robin *et al.* (1997), la curvatura de la curva de fuerza-deformación, sería un índice de la turgencia de la baya. Al comparar el parámetro de textura curvatura con el aporte del turgor a la firmeza, es decir expresado como porcentaje de la firmeza total, se obtuvo un bajo coeficiente de correlación ($r=0,54$), lo cual podría deberse a que el grado de turgencia de una baya de uva no sólo se manifiesta como la fuerza del contenido sobre la película de la baya, sino también dentro de las células del mesocarpo de la baya. Se comparó por lo tanto los valores de la curvatura con los de firmeza pulpa, donde se encontró un coeficiente de correlación mayor que el anterior y de signo negativo ($r=-0,75$); vale decir, que mientras mayor es la firmeza de la pulpa, menor es la curvatura de la curva fuerza-deformación (tiende a ser convexa), lo cual implica que existe inicialmente una resistencia mayor de la baya a la penetración de la sonda la que podría estar dada por la consistencia de la pulpa (Tabla 2).

Según Bourne (1980), la fuerza al momento de ruptura sería un índice de la firmeza de la película. Se comparó, por lo tanto, los valores del parámetro fuerza máxima con los de firmeza película encontrándose una muy baja correlación ($r=0,32$). Respecto a éste resultado, se debe mencionar que al obtener el valor firmeza película no se está sometiendo la superficie de la baya a todo el estrés que es capaz de soportar al no llevar la película hasta su punto de ruptura y solo ejercer en ella una deformación de 0,5 mm. Se debe considerar también, que su valor no se obtuvo directamente sino que sólo fue calculado por diferencia.

De acuerdo a lo señalado por Robin *et al.* (1997), la deformación sufrida por la baya hasta el punto de ruptura expresada como porcentaje del diámetro original de la baya, sería un índice de la resistencia de la película de la baya. Ellos consideran que una baya que se rompe a un mayor porcentaje de deformación, poseería una película más resistente. Al comparar el parámetro de textura deformación con firmeza película, no sólo se obtuvo un bajo coeficiente de correlación sino que además la relación resultó ser negativa ($r=-0,53$) (Tabla 2).

Se comparó el parámetro deformación con firmeza pulpa, pensando que una baya crocante posee una alta consistencia de pulpa, a la vez que se fractura bajo una pequeña deformación. Al realizar la comparación se obtuvo un coeficiente de correlación de -0,76 (tabla 2). Este coeficiente indica que las bayas que poseen altos valores de firmeza de pulpa se deforman menos; lo cual caracteriza a una baya crocante.

Dado que la obtención de los valores del parámetro de textura fuerza final, se realiza cuando la sonda del texturómetro se encuentra al interior de la pulpa de la baya, se pensó en encontrar una alta correlación con los valores de la medición firmeza pulpa, sin embargo se obtuvo un bajo coeficiente de correlación ($r=0,49$) (tabla 2), probablemente porque los valores del parámetro fuerza final deben estar influidos por las características físicas particulares de cada baya que tuvo que superar la sonda del texturómetro antes de penetrar la pulpa de la baya.

CONCLUSIONES

La variable medida en la curva fuerza-deformación que presentó los mayores valores de correlación respecto del método descrito por la Universidad de Stellenbosch

fue el parámetro de textura pendiente o coeficiente de elasticidad, el cual obtuvo altos valores de correlación con las mediciones de firmeza total y firmeza pulpa (ambas mediciones obtenidas directamente y altamente correlacionadas entre sí). Por lo tanto, el parámetro de textura pendiente puede ser considerado como un índice de la consistencia de la pulpa de la baya.

RESUMEN

Con el propósito de desarrollar una herramienta que permita cuantificar la firmeza de las bayas de uva, durante la temporada 1999 se cosecharon 120 racimos de la variedad Thompson seedless desde tres localidades de la zona central de Chile: Llay-Llay, San Francisco de Mostazal y Naicura. Sesenta racimos considerados con bayas firmes y sesenta con bayas débiles, para obtener una mayor variabilidad en la firmeza de la fruta. Se muestrearon seis bayas por racimo para medirles su textura; tres bayas fueron medidas a través del método de análisis de la curva fuerza-deformación desde donde se obtuvieron seis variables de textura: Pendiente, Fuerza Máxima, Área bajo la curva, grado de Curvatura, Deformación y Fuerza Final; y tres bayas medidas según el método descrito por la Universidad de Stellenbosch. Según este método se pudo medir en la misma baya la contribución a la firmeza de la pulpa, de la película y del turgor de la baya. Se obtuvo altos coeficientes de correlación entre la pendiente al punto de ruptura y la firmeza total de la baya intacta ($r=0,90$), entre la firmeza de la pulpa y la pendiente ($r=0,80$), y entre la firmeza de la película y la pendiente ($r=0,78$). Por lo tanto la variable de textura pendiente al punto de ruptura se consideró un índice de la consistencia de la pulpa y de la crocancia de la baya.

LITERATURA CITADA

- Abbal, P., Boulet, J. et Moutounet, M. 1992. Utilisation de paramètres physiques pour la caractérisation de la véraison des baies de raisin. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26(4): 231-237.
- Bernstein, Z. and Lustig, I. 1981. A new method of firmness measurement of grape berries and other juicy fruits. *Vitis* 20: 15-21.
- Bourne, M. 1980. Texture Evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15(1): 7-13.
- Department of Viticulture and Oenology University of Stellenbosch. 1996. Firmness meter for grape berries: How firm are our table grapes really?. *Deciduous Fruit Grower* 46(10): 379-383.
- Mencarelli, F., Massantini, R., Lanzarota, L. and Botondi, R. 1994. Accurate detection of firmness and colour changes in the packing of table grapes with paper dividers. *Journal of Horticultural Science* 69(2): 299-304.
- Robin, J., Abbal, P., et Salmon, J. 1997. Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolution de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 31(3): 127-138.
- Sato, A., Yamane, H. Hirakawa, N. Otobe, K. and Yamada, M. 1997. Varietal differences in the texture of grape berries measured by penetration tests. *Vitis* 36(1): 7-10.