

RIVISTA DI VITICOLTURA E DI ENOLOGIA

2

2007

Metodi per lo studio delle proprietà meccaniche delle uve da vino

Methods for the study of the mechanical properties of the wine grape

L. Rolle, G. Zeppa, H. Letaief, D. Ghirardello, V. Gerbi

Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali (Di.Va.P.R.A.), Settore Microbiologia e Industrie Agrarie, Università degli Studi di Torino, Via L. da Vinci 44 – 10095 Grugliasco (TO), Italia.
luca.rolle@unito.it
(ricevuto il 01.03.07, accettato il 16.04.07)

Riassunto

La valutazione delle potenzialità enologiche delle uve alla raccolta è stata ampiamente studiata con tecniche analitiche diverse. Ancora poco utilizzata quale strumento di indagine su uve da vino, la Texture Analysis è stata invece favorevolmente impiegata nella valutazione del comportamento meccanico delle uve da tavola.

In questo lavoro sperimentale, svoltosi nella vendemmia 2005, sono stati sviluppati test per la valutazione delle proprietà fisiche dell'uva da vino di sei vitigni coltivati in Piemonte: *Pinot nero*, *Cabernet sauvignon*, *Nebbiolo*, *Barbera*, *Dolcetto* e *Brachetto*.

Utilizzando un Universal Testing Machine (TAXT2i Texture Analyzer) sono stati valutati la durezza e lo spessore della buccia, la facilità di distacco del pedicello ed il grado di elasticità-lignificazione dei vinaccioli.

L'analisi delle proprietà reologiche ha evidenziato un comportamento meccanico significativamente differente tra i diversi vitigni studiati in risposta ai diversi test.

Interessanti le prospettive di applicazione della Texture Analysis in abbinamento all'analisi sensoriale delle uve da vino.

Summary

The evaluation of the grape oenological potentialities at harvest has been widely studied with different analytical techniques. There is little experience with Texture Analysis application on wine grapes yet, this technique has been successfully applied on table grapes.

This work evaluates texture tests for assessment of the physical properties of berries of six cultivars (*Pinot noir*, *Cabernet sauvignon*, *Nebbiolo*, *Barbera*, *Dolcetto* and *Brachetto*), grown in Piedmont (North-west of Italy) in 2005.

A Universal Testing Machine (TAXT2i Texture Analyzer) has been used for the analysis and the following parameters have been measured: berry skin hardness and thickness, seeds elasticity-lignification and pedicel pull off force.

The analysis of the mechanical properties related to the different tests high-

lighted significant differences among cultivars.

The prospective of the application of Texture Analysis in accordance to wine grape sensorial analysis is interesting.

Parole chiave: analisi strutturale, durezza buccia, spessore buccia, vinaccioli, vitigni da vino.

Key words: texture analysis, skin hardness, skin thickness, seeds, wine grapes.

Introduzione

La valutazione del grado di maturazione e delle attitudini enologiche delle uve destinate alla produzione di vini di pregio, rappresenta da sempre un problema di non facile soluzione per l'enologo in quanto la qualità delle uve non è univocamente definibile. La sola determinazione della maturità tecnologica, individuata attraverso parametri analitici quali il tenore zuccherino e la composizione acidica, non consente di prevedere le reali *performances* enologiche delle uve. Ai fini tecnologici, per valorizzare le potenzialità raggiunte in vigneto dall'uva e le peculiarità del vitigno impostando un corretto processo di vinificazione, risulta importante conoscere le caratteristiche polifenoliche dell'uva ed il loro stato evolutivo alla raccolta, convenzionalmente definito con il termine di maturità fenolica. Questa è stata ampiamente studiata con modifiche più o meno consistenti al metodo originale (Glories, 1991), su un grande numero di vitigni nazionali ed internazionali, risultando essere dipendente dalle proprietà fisiche delle diverse parti della bacca (Riou e Asselin, 1996; Venencie *et al.*, 1997; Saint-Criq *et al.*, 1998; Di Stefano *et al.*, 2000; Cayala *et al.*, 2002; Mattivi *et al.*, 2002; Cagnasso *et al.*, 2003).

Le proprietà meccaniche, caratteristiche fisiche misurate su un prodotto agroalimentare sottoposto a sforzo - deformazione (*stress-strain*), sono oggi sempre più frequentemente valutate in campo viticolo quali indici di maturazione delle uve attraverso l'utilizzo dell'Analisi Sensoriale con l'impiego di apposite schede quantitative-descrittive (Cliff *et al.* 1996; Rousseau e Delteil, 2000; Rousseau, 2001; Martinez, 2002; Rousseau e Delteil, 2003).

La Texture Analysis, tecnica analitica molto applicata nel settore agroalimentare per valutare la qualità degli alimenti in quanto in grado di determinare in modo oggettivo le proprietà strutturali dei prodotti, è stata favorevolmente impiegata su uve da tavola per la valutazione della compattezza della polpa e della consistenza della buccia, importanti caratteristiche reologiche che possono determinarne l'accettabilità o meno da parte del consumatore (Sims e Halbrooks, 1986; Laszlo e Saayman, 1991; Mencarelli *et al.*, 1994; Sato *et al.*, 1997; Sato e Yamada, 2003; Vargas *et al.*, 2001).

Sono relativamente poche invece le esperienze di applicazione dell'analisi strutturale alle uve da vino. I contributi scientifici hanno principalmente riguardato lo studio delle modificazioni di alcune proprietà reologiche durante la maturazione, quali ad esempio la deformabilità dell'acino e la resistenza alla rottura pellicolare, evidenziando in modo chiaro come queste si evolvano dalla

invaiaatura alla vendemmia e siano peculiari per ogni vitigno ed influenzate dall'ambiente di coltivazione (Lee e Bourne, 1980; Liang *et al.*, 1990; Abbal *et al.*, 1992; Robin *et al.*, 1996; Robin *et al.*, 1997; Ruiz Hernandez, 1996; Rolle *et al.*, 2006ab). L'impiego di strumentazione e sonde diverse, nonché differenti modalità operative dei test, non consentono però un facile confronto dei risultati attualmente disponibili.

In questo lavoro, impiegando un Universal Testing Machine (U.T.M.), sono stati sviluppati ed ottimizzati test di analisi di struttura volti alla caratterizzazione di alcune proprietà meccaniche di uve di vitigni coltivati in Piemonte con particolare riferimento alla identificazione di parametri che possano essere utilizzabili sia direttamente dai tecnici, sia correlabili con misure sensoriali e/o parametri chimico-fisici quale ad esempio la permeabilità cellulare (EA%) (Glories e Augustin, 1993).

L'acquisizione di informazioni quali lo spessore e la durezza della buccia, il grado di lignificazione dei vinaccioli e la facilità di distacco del pedicello, possono risultare informazioni qualitative importanti per l'enologo che si appresti alla progettazione ed alla gestione dei processi di ammostamento e macerazione. Lo sviluppo di test facilmente attuabili e riproducibili può consentire di ottenere una banca dati sul comportamento meccanico dei vitigni coltivati, di valutare l'effetto delle operazioni di gestione del vigneto nonché l'influenza ambientale di diversi siti produttivi.

Materiali e metodi

Lo studio, svolto nella vendemmia 2005, ha riguardato complessivamente sei vitigni a bacca rossa di cui due appartenenti a varietà internazionali (*Pinot nero*, *Cabernet sauvignon*) e quattro vitigni autoctoni piemontesi (*Nebbiolo*, *Barbera*, *Dolcetto* e *Brachetto*). Per ogni varietà sono stati identificati tre vigneti (sei per il Nebbiolo) dislocati in diversi areali produttivi piemontesi. Il campionamento randomizzato degli acini alla raccolta è stato effettuato prelevando complessivamente 400 acini per vigneto, da grappoli diversamente esposti e da parti diverse del grappolo, senza staccarne il pedicello. Dell'uva alla raccolta è stato determinato il contenuto zuccherino, il pH e l'acidità totale secondo i metodi Ufficiali CE di analisi.

Le misure delle proprietà meccaniche sono state effettuate utilizzando un TAxT2i@Texture Analyzer (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK) equipaggiato con piattaforma HDP/90 e cella di carico da 25 Kg. Tutte le acquisizioni sono avvenute a 400 Hz impiegando, per l'elaborazione dei dati strutturali, il software dedicato Texture Expert Exceed versione 2.54 (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK) operante in ambiente Windows.

La scelta di alcune delle condizioni operative applicate per l'esecuzione dei diversi test (Tabella 1) è stata operata sulla base di lavori presenti in bibliografia (Uys, 1996; Grotte *et al.*, 2001; Bourne, 2002). Per ogni test sono state analizzate 20 bacche per vitigno. La durezza della buccia è stata valutata nella zona equatoriale dell'acino (Letaief *et al.*, 2006).

Sui dati è stata applicata l'analisi della varianza con successivo test di Duncan mediante il Software Statistica versione 6.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Tab. 1: Parametri operativi per l'esecuzione delle prove, proprietà meccaniche valutate e relative unità di misura.

Tab. 1: *Operational parameters for tests, tested mechanical properties and measurement units.*

Test	Forza applicata	Sonda	Velocità test (mm/s)	Deformazione	Proprietà meccaniche determinate
Durezza buccia	C	SMS P/2N Needle	1	3 mm	Forza rottura buccia (N) Energia rottura buccia (mJ)
Spessore buccia	C	SMS P/2, Ø 2mm	0,2	-	Spessore buccia (µm)
Durezza vinaccioli	C	SMS P/35, Ø 35mm	1	50 %	Forza rottura vinacciolo (N) Energia rottura vinacciolo (mJ) Indice di deformazione (%)
Distacco pedicello	T	SMS A/PS modificata con braccio rigido	1	-	Forza distacco pedicello (N) Energia distacco pedicello (mJ)

Legenda: C = compressione; T = in tensione

Risultati e discussione

In Tabella 2 sono riportati i principali parametri analitici alla raccolta relativi alla maturità tecnologica delle uve oggetto di studio. Il livello di zuccheri e di acidità totale raggiunto dalle diverse uve in questa vendemmia, possono in generale considerarsi quali valori medi di riferimento per i diversi vitigni. I successivi risultati di caratterizzazione strutturale possono quindi ritenersi rappresentativi per annate con un livello di maturazione regolare.

Tab. 2: Maturità tecnologica delle uve oggetto di studio alla raccolta (media di tre vigneti).

Tab. 2: *Technological ripeness of the studied grapes at harvest. Data are mean of different vineyards.*

	Zuccheri (g/L)		Acidità totale (g/L ac. tartarico)		pH	
	X	σ	X	σ	X	σ
Barbera	222	9	12.10	0.05	3.02	0.03
Brachetto	198	21	6.75	1.15	3.37	0.06
Cabernet sauvignon	210	5	6.35	1.25	3.28	0.07
Dolcetto	206	13	6.00	0.15	3.08	0.05
Nebbiolo	234	6	6.35	0.35	3.12	0.03
Pinot nero	202	20	7.70	0.65	3.14	0.15

Durezza della buccia

In Figura 1 è riportata una caratteristica curva forza-tempo ottenuta con questo test di penetrazione. La durezza della buccia è valutata come resistenza opposta alla perforazione di una sonda ad ago e valutata come forza massima di rottura (F_{sk}) o come energia richiesta per vincere tale resistenza (W_{sk}) rappresentata dall'area sottesa alla curva compresa tra il punto 0 di *trigger*, cioè il punto di contatto della sonda con il campione, ed il punto in cui la sonda riesce a ledere completamente la buccia (*yield point*).

Tale parametro non mostra differenze significative tra gli acini prelevati tra le diverse parti del grappolo (zona prossimale, zona mediana, zona basale), mentre risulta fortemente influenzato dalla posizione sull'acino (zona apicale, zona equatoriale, zona distale) come rilevato in precedenti lavori su *Cabernet sauvignon* e *Pinot nero* (Letaief *et al.*, 2006). In tal senso la zona equatoriale è quella che presenta una resistenza alla rottura maggiore ma nel contempo una variabilità dei dati minore.

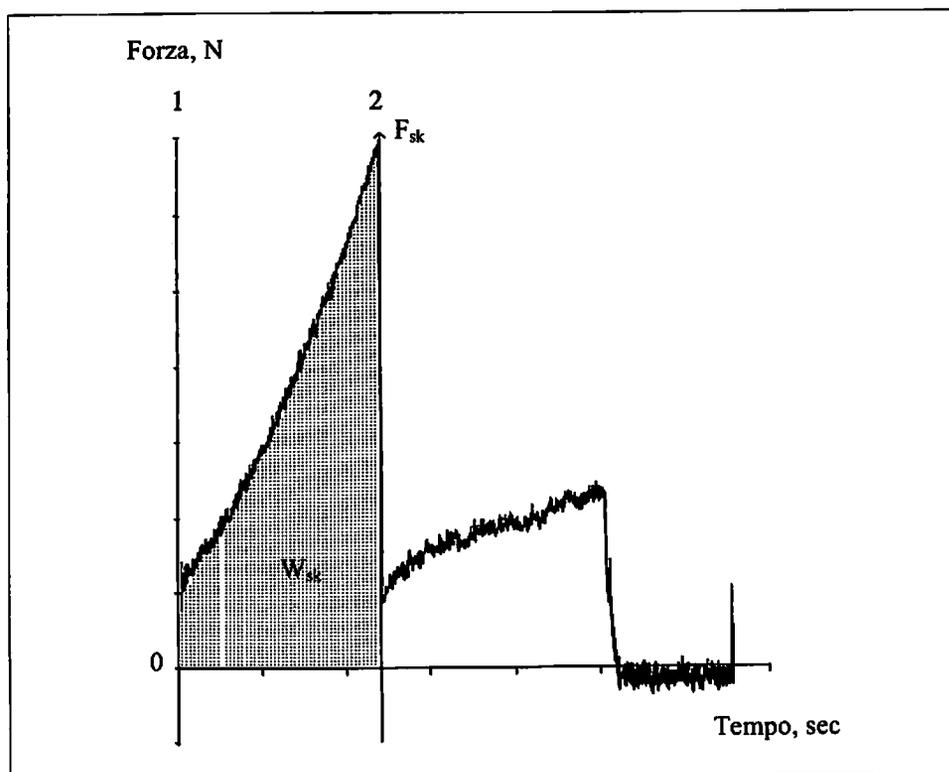


Fig. 1: Curva esemplificativa forza-tempo relativa al test di perforazione della buccia.

Fig. 1: Force-time (deformation) curve related to the berry skin puncture test.

I dati relativi alla forza e all'energia di rottura della buccia per i diversi vitigni oggetto di studio sono riportati in Tabella 3.

Tab. 3: Durezza delle bucce dei vitigni oggetto di studio.

Tab. 3: Skin hardness of the studied cultivars.

X = valore medio; σ = deviazione standard; ** $p < 0.01$; lettere uguali indicano valori non significativamente differenti per $p < 0.05$.

	Forza di rottura F_{rk} (N)		Energia di rottura W_{rk} (mJ)	
	X	σ	X	σ
Barbera	0.65 ^c	0.10	0.64 ^c	0.18
Brachetto	0.61 ^{dc}	0.11	0.47 ^b	0.16
Cabernet sauvignon	0.51 ^{ab}	0.07	0.41 ^{ab}	0.13
Dolcetto	0.54 ^{bc}	0.13	0.60 ^c	0.25
Nebbiolo	0.46 ^a	0.09	0.34 ^a	0.13
Pinot nero	0.57 ^{cd}	0.12	0.38 ^a	0.12
Significatività	**		**	

X = valore medio; σ = deviazione standard; ** $p < 0.01$; lettere uguali indicano valori non significativamente differenti per $p < 0.05$.

Rispetto ai sei vitigni studiati il Nebbiolo presenta i valori medi più bassi, sia relativamente alla forza di rottura (0.46 N) sia all'energia (0.34 mJ), mentre il Barbera si è dimostrato il vitigno con la buccia più resistente. Risulta essere caratterizzato da una buccia piuttosto consistente anche il *Brachetto*, che a fronte di una tecnica di vinificazione che prevede macerazioni relativamente brevi, presenta talvolta ridotte estrazioni di pigmenti coloranti. Per tale vitigno risultano pertanto interessanti, a fini tecnologici, particolari trattamenti del pigiato che facilitino la rottura della buccia quali ad esempio l'uso di neve carbonica o l'impiego di impianti continui di estrazione a freddo in fase prefermentativa (Rolle *et al.*, 2006). Caratteristiche intermedie di durezza della buccia presentano invece gli altri vitigni: *Cabernet sauvignon*, *Dolcetto* e *Pinot nero*.

La valutazione della consistenza della buccia è stata utilizzato con successo per la differenziazione varietale di uva da tavola (Sato *et al.*, 1997) ma è anche utilizzabile nelle scelte di gestione e impianto del vigneto, ad esempio nella selezione clonale, quale indicatore di resistenza allo spacco e di conseguenza alle diverse fitopatologie (Lang e Düring, 1990).

La durezza della buccia risulta inoltre utile per la valutazione della qualità enologica delle uve, con particolare riferimento alla facilità di estraibilità delle sostanze polifenoliche, in quanto conseguente allo stato chimico-fisico delle pareti e delle membrane della cellula (Amrani-Joutei *et al.*, 1994; Failla *et al.*, 2005).

Spessore della buccia

Per questo tipo di test la buccia è stata separata dalla polpa per mezzo di una spatolina in acciaio ed utilizzando una lametta da barba è stato ricavato

un campione di circa 0.25 cm² per ogni acino. In questo tipo di test l'accurata preparazione del campione risulta indispensabile. Una non perfetta separazione tra l'esocarpo ed il mesocarpo può infatti influire sui risultati conseguiti.

La Figura 2 riporta una tipica curva acquisita con il test per la determinazione dello spessore della buccia (Sp_{sk}). Questo è dato dalla distanza, calcolata strumentalmente, tra il punto 1 di contatto della sonda con la buccia (*trigger*) e la base della piattaforma HDP/90 su cui viene adagiato il campione (punto 2). Per una corretta esecuzione della determinazione occorre che la buccia sia disposta perfettamente in piano evitando piegature che potrebbero alterare il risultato conseguito. Al tal fine è conveniente inserire una soglia strumentale di *trigger* pari a 0.05N che consente alla superficie piana della sonda di aderire completamente al campione di buccia prima di iniziare l'acquisizione (punto 1), riducendo o evitando l'effetto "tail" dovuto allo spostamento del punto di contatto verso l'origine con conseguente sovrastima del dato (Bourne, 2002).

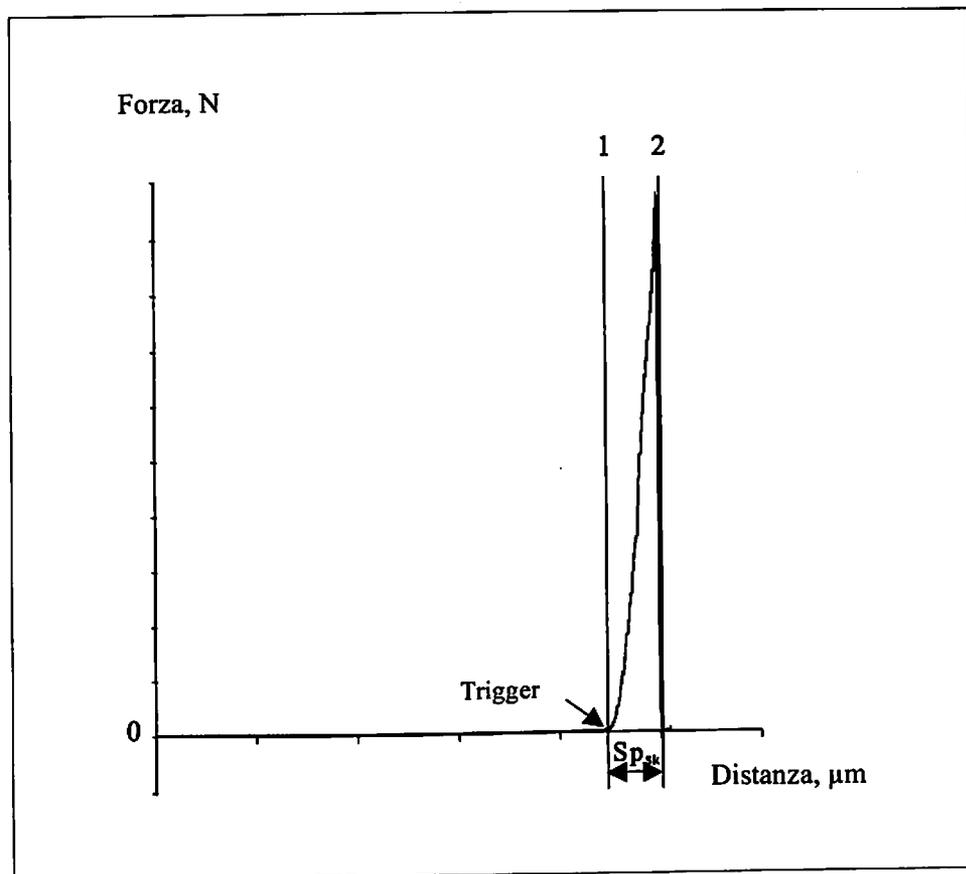


Fig. 2 : Curva esemplificativa forza-distanza relativa al test per la determinazione dello spessore della buccia.

Fig. 2 : Scheme of a typical curve related to the berry skin thickness test.

I dati relativi allo spessore della buccia dei vitigni oggetto di studio sono riportati in Tabella 4. Si osserva una gradualità nei valori medi determinati, che vanno da un minimo di 373 μm per il *Dolcetto*, ad un massimo di 448 μm nel *Cabernet sauvignon* anche se la dispersione dei dati è molto elevata. Non è stata rilevata correlazione tra i dati relativi alla durezza della buccia e quelli del corrispondente spessore, come invece ci si potrebbe attendere. I coefficienti di correlazione (R^2) calcolati non sono risultati infatti significati per i diversi vitigni studiati risultando compresi tra 0.09 e 0.17. Tale aspetto necessita quindi di indagini e approfondimenti ulteriori a livello istologico, per valutare il numero degli strati e la natura delle cellule coinvolte in questo tipo di test (Roudot, 2006).

Tab. 4: Spessore della buccia dei vitigni oggetto di studio.

Tab. 4: Berry skin thickness of the studied cultivars.

	Spessore buccia Sp_{sk} (μm)	
	X	σ
Barbera	380 ^a	48
Brachetto	416 ^b	59
Cabernet sauvignon	448 ^c	49
Dolcetto	373 ^a	83
Nebbiolo	418 ^{bc}	53
Pinot nero	397 ^{ab}	70
Significatività	**	

X = valore medio; σ = deviazione standard; ** $p < 0.01$; lettere uguali indicano valori non significativamente differenti per $p < 0.05$.

Durezza del vinacciolo

In Figura 3 è riportata una caratteristica curva forza-tempo relativa ad un test di compressione progettato per determinare la durezza dei vinaccioli. Questa è calcolata come forza di rottura (F_s) corrispondente al primo picco del grafico e come l'energia di rottura (W_s) rappresentata dall'area sottesa alla curva e compresa tra il punto 0 di *trigger* ed il punto di rottura.

Il segmento D1 rappresenta la distanza di rottura mentre la somma dei segmenti D1 + D2 costituisce lo spessore del vinacciolo. Il punto A corrisponde alla fine della fase di compressione dello strumento (50% deformazione). L'indice di deformazione (%), che fornisce informazioni sul grado di elasticità-lignificazione del seme è dato dalla formula $D1/(D1+D2)*100$. Con il procedere della maturazione tale indice tende a diminuire a causa della lignificazione del tegumento, comportando una maggiore fragilità del vinacciolo (Battaglio, 2005).

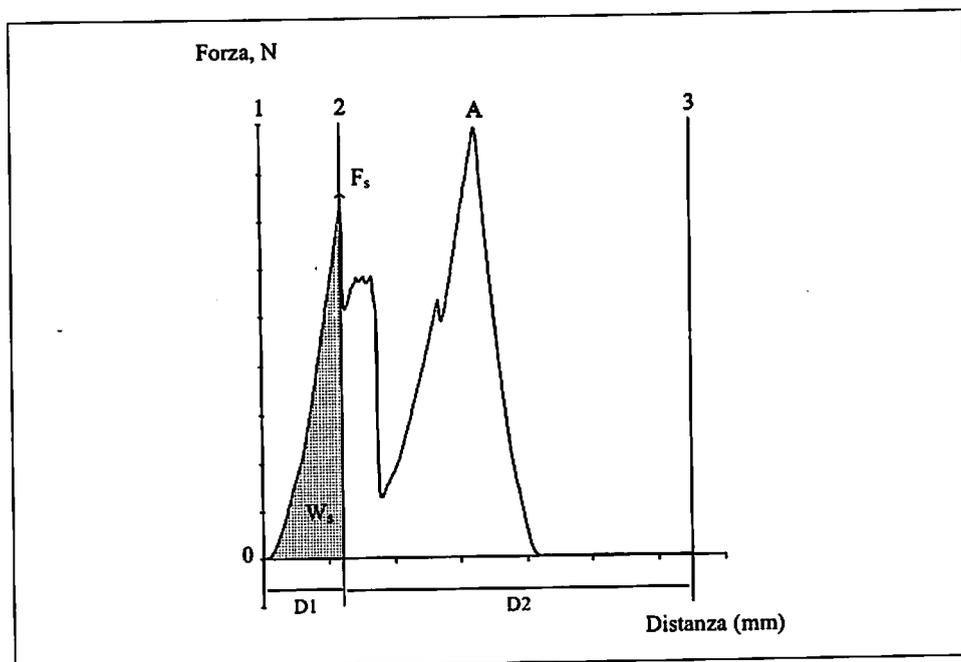


Fig. 3: Curva esemplificativa forza-distanza relativa al test per la determinazione della durezza del vinacciolo.

Fig. 3 : Force-distance curve related to the test for seed hardness.

Forti differenze si riscontrano nella forza di rottura dei vinaccioli che variano dai 36 N circa dei semi del *Pinot nero* ai circa 56 N dei vinaccioli del *Nebbiolo* (Tabella 5). L'indice di deformazione alla raccolta in questa annata non presenta invece grandi differenze tra i vitigni studiati con valori compresi tra il 22 ed il 26%.

Tab. 5: Proprietà meccaniche dei vinaccioli delle uve dei vitigni oggetto di studio.
Tab. 5 : Seed mechanical properties of the studied cultivars.

	Forza rottura vinacciolo (N)		Energia rottura vinacciolo (mJ)		Indice di deformazione (%)	
	X	σ	X	σ	X	σ
Barbera	53.67 ^c	9.06	12.4 ^a	2.77	22.01 ^a	3.50
Brachetto	41.80 ^b	9.53	11.4 ^a	3.91	23.29 ^{ab}	3.01
Cabernet sauvignon	44.50 ^b	6.94	12.2 ^a	3.50	23.73 ^{ab}	4.97
Dolcetto	40.35 ^{ab}	7.92	10.6 ^a	3.13	24.96 ^b	5.35
Nebbiolo	55.81 ^c	10.66	16.2 ^b	5.00	25.95 ^b	5.93
Pinot nero	35.95 ^a	7.00	11.1 ^a	3.75	25.60 ^b	4.81
Significatività	**		**		**	

X = valore medio; σ = deviazione standard; ** $p < 0.01$; lettere uguali indicano valori non significativamente differenti per $p < 0.05$.

Distacco del pedicello

Per l'esecuzione di questo test la normale base HDP/90 è stata sostituita da un supporto rigido con piattaforma forata (\varnothing 4mm) in grado di consentire l'aggancio del pedicello alla pinza A/PS modificata con braccio rigido e nel contempo di trattenere l'acino durante la risalita del braccio del Texture Analyzer.

In Figura 4 è riportata una caratteristica curva forza-tempo ottenuta con questo test di trazione. Allo *yield point* (F_p) è rilevata la forza di massima di distacco del pedicello. L'energia (W_p) richiesta per vincere la resistenza allo strappo è rappresentata, come per gli altri test, dall'area sottesa alla curva tra il punto 0 di *trigger* e lo *yield point*. I dati relativi alla forza e all'energia di distacco del pedicello sono riportati in Tabella 6.

I valori più bassi si riscontrano nel *Pinot nero* (1.26N, 0.47 mJ), che ben si differenzia dagli altri vitigni. *Brachetto* e *Nebbiolo* risultano uve con pedicello fortemente saldato all'acino. Il *Dolcetto* si conferma come vitigno soggetto a cascola (Botta *et al.*, 1995), con valori medi di forza di distacco del pedicello bassi: 1.74N.

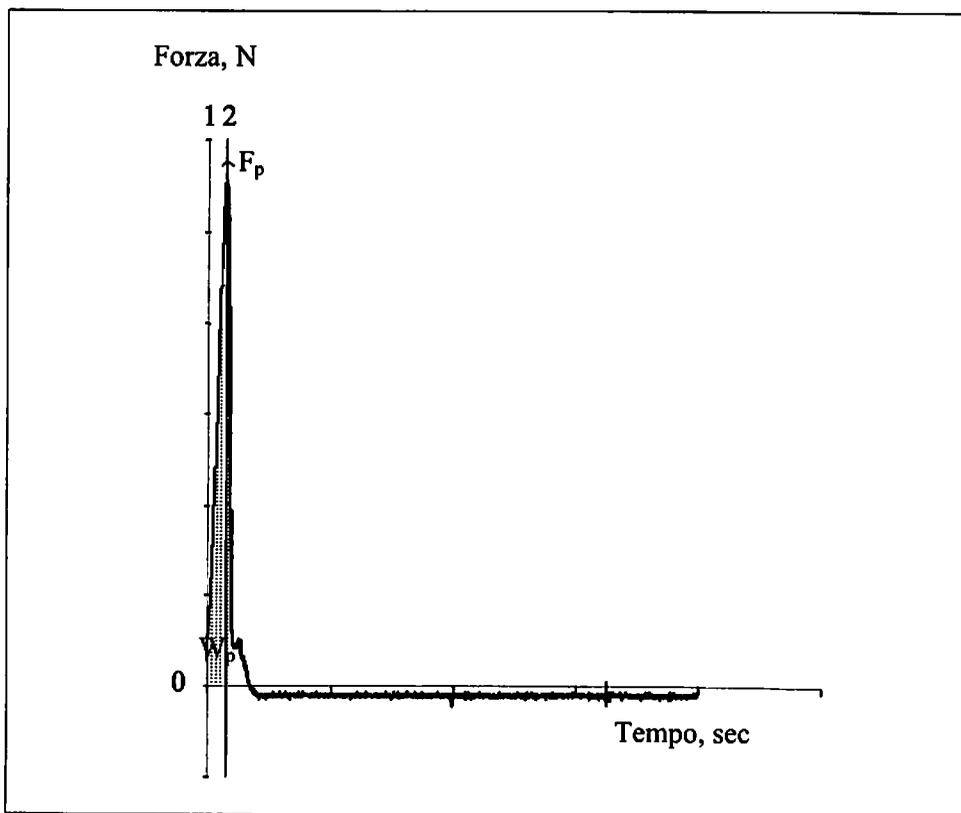


Fig. 4: Curva esemplificativa forza- tempo relativa al test distacco del pedicello.

Fig. 4: Force-distance curve related to the test for the determination of pedicel pull off force.

Tab. 6: Parametri relativi al distacco del pedicello delle uve dei vitigni oggetto di studio.
 Tab. 6: The pedicel pull off parameters of the studied cultivars.

	Forza distacco pedicello (N)		Energia distacco pedicello (mJ)	
	X	σ	X	σ
Barbera	2.27 ^c	0.63	1.55 ^c	0.81
Brachetto	2.52 ^c	0.77	1.48 ^c	0.90
Cabernet sauvignon	1.81 ^b	0.52	1.02 ^b	0.43
Dolcetto	1.74 ^b	0.69	0.90 ^b	0.44
Nebbiolo	2.60 ^c	0.92	1.36 ^c	0.62
Pinot nero	1.26 ^a	0.84	0.47 ^a	0.34
Significatività	**		**	

X = valore medio; σ = deviazione standard; ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, ns non significativo; lettere uguali indicano valori non significativamente differenti per $p < 0.05$.

Conclusioni

L'analisi di struttura, condotta con i test messi a punto in questa prima fase di studio, si è dimostrata un efficace strumento di valutazione del comportamento meccanico di uve da vino. Anche se l'esperienza è riferita ad una sola vendemmia i risultati raggiunti hanno portato ad una prima caratterizzazione strutturale dei vitigni oggetto di studio.

Dati quali lo spessore e la durezza della buccia, la facilità di distacco del pedicello ed il grado di lignificazione dei vinaccioli possono risultare informazioni fondamentali per la valutazione qualitativa delle uve e conseguentemente per la loro gestione in vigneto (valutazione dell'effetto delle diverse operazioni colturali, possibilità di vendemmia meccanica) ed in cantina (scelte impiantistiche e modalità operative nelle fasi di ammostamento e macerazione).

Al fine di pervenire all'acquisizione di una casistica più ampia risulta però necessario estendere lo studio ad un maggior numero di vitigni, provenienti da zone con caratteristiche pedo-climatiche anche molto differenti tra loro e di prolungare le osservazioni per più annate.

E' altresì necessaria un'indagine sulle possibili correlazioni tra i dati ricavabili dall'analisi di struttura e quelli che si riferiscono ai consueti parametri chimici, con particolare riferimento a quelli relativi alla maturità fenolica, questo con l'intento di verificare se le più immediate e semplici analisi strutturali sono in grado di sostituirsi alle più laboriose e dispendiose analisi chimiche.

In ultimo potrebbe essere utile stabilire sino a che punto una analisi strutturale di tipo oggettivo, come quella ottenuta per mezzo di un Texture Analyzer, possa integrare se non addirittura sostituire la valutazione sensoriale delle uve.

Bibliografia

1. ABBAL, P., BOULET, J.C., MOUTOUNET, M. (1992). *Utilisation de paramètres physiques pour la caractérisation de la véraison des baies de raisin*. Int. Sci. Vigne Vin., (23): 231-237.
2. AMRANI JOUTEI K, GLORIES Y. (1994). *Study under experimental conditions of the extractability of phenolic compounds from the skins and seeds of red grapes*. J. Int. Sci. Vigne Vin., (28): 133-138.
3. BATTAGLIO G. (2005). *Nuove tecniche di controllo della maturazione*. Tesi di Laurea Corso di Viticoltura ed Enologia, Università degli Studi di Torino, a.a. 2004-05.
4. BOURNE M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Second Ed., Academic Press, New York.
5. BOTTA R., VALLANIA R., ME G. (1995). *Investigation on factor affecting early dropping in Dolcetto (Vitis vinifera, L.)*. Acta Hort., (379): 97-104.
6. CAGNASSO E., CAUDANA A., ROLLE L., GERBI V. (2003). *Contributo allo studio della maturità fenolica in uve piemontesi*. Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino, (26): 61-80.
7. CAYLA, L., COTTEREAU, P., RENARD, R. (2002). *Estimation de la maturité phénolique des raisins rouges par la méthode I.T.V. standard*. Rev. Franç. Oenol., (193) : 10-16.
8. CLIFF M.A.; DEVER M.C., REYNOLDS A.G. (1996). *Descriptive profiling of new and commercial British Columbia table grape cultivar*. Am. J. Enol. Vitic., (47): 301-308.
9. DI STEFANO R., BORSA D., BOSSO A., GARCIA-MORUNO E. (2000). *Sul significato e sui metodi di determinazione dello stato di maturità dei polifenoli*. L'Enologo, (36): 73-76.
10. FAILLA O., BRANCADORO L., SCIENZA A. (2005). *Profili di maturazione e scelta di vinificazione per la valorizzazione varietale*. Informatore Agrario, Supplemento n°1 al n° 14, 23-26.
11. GLORIES Y. (1991). *Etude des composés phénoliques des raisins rouges, selon les conditions de la maturation et de leur extractibilité au cours de la vinification*. In: Rapport des activités de recherches 1990-1992, Institut d'Oenologie, Bordeaux II, France.
12. GLORIES Y., AUGUSTIN M. (1993). *Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: applications aux millésimes 1991 et 1992*. Actes du Colloque "Journée technique du CIVB" 21 Janvier, Bordeaux, 56-61.
13. GROTTÉ M., CADOT Y., POUSSIER A., LOONIS D., PIETRI E., DUPRAT F., BARBEAU G. (2001). *Détermination du degré de maturité des baies de raisin par des mesures physiques: aspects méthodologiques*. J. Int. Sci. Vigne Vin., (35): 87-98.
14. LANG A., DURING H. (1990). *Grape berry splitting and some mechanical properties of the skin*. Vitis, (29): 61-70.
15. LASZLO J.C., SAAYMAN D. (1991) *Optimum harvesting stages for Dan-ben-Hannah, La Rochelle and bonheur table grape cultivar*. Deciduous Fruit Grower, (41): 257-263.
16. LEE, C.Y., BOURNE, M.C. (1980). *Changes in grape firmness during maturation*. J Texture Studies, (11): 163-171.
17. LETAIEF H., ROLLE L., ZEPPA G., GERBI V. (2006) - *Grape skin and seeds hardness assessment by texture analysis*. IUFOST 13th World Congress of Food Science & Technology – Food is Life, France, Nantes, 17-21 September 2006, 1877-1896.
18. LIANG, M., CHEN, L.H., HEGWOOD, C.P. (1990). *Physical and mechanical properties of muscadine grapes related to maturity, mechanical harvesting and processing*. Amer. Soc. Agric. Engin., (90): 6548-6580.
19. MARTINEZ L. (2002). *La dégustation des baies de raisin*. Rev. Franç. Oenol., (105, 29): 19-21.
20. MATTIVI F. PRAST A., NICOLINI G., VALENTI L. (2002). *Validazione di un nuovo metodo per la misura del potenziale polifenolico delle uve rosse e discussione del suo campo di applicazione in enologia*. Riv. Vitic. Enol., (56): 55-74.
21. MENCARELLI F., MASSANTINI R., LANZAROTTA L., BOTONDI R. (1994). *Accurate detection of firmness and colour changes in the packing of table grapes with paper dividers*. J Hort. Sci., (69): 299-304.
22. RIOU V., ASSELIN C. (1996). *Potentiel polyphénolique disponible du raisin. Estimation rapide per extraction partielle à chaud*. Prog. Agric. Vitic., (113): 382-384.
23. ROBIN, J.P., ABBAL, P., FLANZY, C. (1996). *La fermeté des baies de raisin : définition d'un indi-*

ce de fermeté corrélation avec les modifications de couleur et application à la détection précoce de la véraison. V^eSymp. Int. Œnol., Bordeaux 15-17 juin 1995, Coordonnateur A. Lonvaud-Funel, Ed. Technique et Documentation, Londres, Paris, New-York, 109-114.

24. ROBIN, J.P., ABBAL, P., SALMON, J.M. (1997). *Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolution de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation*. Int. Sci. Vigne Vin., (23): 127-138.
25. ROLLE L., GHIRARDELLO D., ZEPPA G., GERBI V. (2006a) - *Applicazione della Texture Analysis alla valutazione della qualità dell'uva*. Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino, (28): 75-84.
26. ROLLE L., LETAIEF H., ZEPPA G., GERBI V. (2006b). *Texture characteristics appraisal of mountainous Nebbiolo grapes*. Actes Premier Congrès International sur la viticulture de montagne et en forte pente, Italie, Saint-Vincent (AO), 17-18 Marzo, 79-80.
27. ROLLE L., ZEPPA G., GERBI V. (2006). *Innovazione tecnologica nella vinificazione del Brachetto d'Acqui DOCG*. Vol. 7, a cura di S. Porretta, Chiriotti Editori, Pinerolo (TO), 160-164. ISBN 88-85022-96-0.
28. ROUDOT A.C. (2006) *Some considerations for a theory of plant tissue mechanics*. Sci. Alim., (26): 409-426.
29. ROUSSEAU J., DELTEIL D. (2000). *Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des raisins. Principe, méthode et grille d'interprétation*. Rev. Franç. Œnol., (183): 10-13.
30. ROUSSEAU J. (2001). *Suivi de la maturité des raisins par analyse sensorielle descriptive quantifiée des baies. Relation avec les profils sensoriels des vins et les attentes des consommateurs*. Bull. l'O.I.V., (74, 849-850): 719-728.
31. ROUSSEAU J., DELTEIL D. (2003). *Effets de différents facteurs sur les profils sensoriels des baies de raisin du cépage Chardonnay*. Bull. l'O.I.V., (76, 873-874): 913-925.
32. RUIZ HERNANDEZ, M. (1996). *Estudios sobre la constitucion de los hollejos de las viniferas tintas de Rioja*. Semana Vitiv., (2579): 91-93.
33. SAINT-CRIQ N., VIVAS N., GLORIES Y. (1998). *Maturité phénolique: définition et contrôle*. Rev. Franç. Œnol., (173): 22-25.
34. SATO, A., YAMANE, H., HIRAKAWA, N., OTOBE, K., YAMADA, M. (1997). *Varietal differences in the texture of grape berries measured by penetration tests*. Vitis, (36): 7-10.
35. SATO, A., YAMADA M. (2003). *Berry texture of table, wine, and dual-purpose grape cultivar quantified*. Hort. Sc., (38): 578-581.
36. SIMS C.A., HALBROOKS M.C. (1986). *Quality comparison of "Orlando Seedless" with "Thompson Seedless" grapes*. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, (99): 193-194.
37. UYS D. C. (1996). *Firmness meter for grape berries: how firm are our table grapes really?*. Deciduous Fruit Grower, (46): 379-383.
38. VARGAS A., PEREZ J., ZOFFOLI J.P., PEREZ A. (2001). *Evolucion de la textura de bayas de uva del cv. Thompson seedless*. Cien. Investig. Agr., (27): 117-126.
39. VENENCIE C., UVEIRA M.N., GUIET S. (1997). *Maturité polyphénolique du raisin mise en place d'une méthode d'analyse de routine*. Rev. Franç. Œnol., (167): 36-41.