

Estudio plurianual del potencial polifenólico de uvas Tannat en el sur de Uruguay

González-Neves, Gustavo^{1 y 2}; Ferrer, Milka³; Gil, Graciela¹; Charamelo, Darwin¹; Balado, Juan¹; Barreiro, Laura¹; Bochicchio, Rosa¹; Gatto, Gabriela¹; Tessore, Alicia¹

¹Instituto Nacional de Vitivinicultura. Dr. Pouey 463. Las Piedras. Uruguay.

²Unidad de Tecnología de Alimentos.

³Dpto. de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Avda. Garzón 780. Montevideo. Uruguay.
Correo electrónico: gustavogn@fagro.edu.uy

Recibido: 29/10/09 Aceptado: 26/5/10

Resumen

Este estudio fue realizado con el objetivo de caracterizar el potencial polifenólico de las uvas de la variedad Tannat y evaluar la utilidad de estos índices como indicadores de madurez, de calidad enológica, y como valores de referencia para optimizar la gestión de las vinificaciones. Los ensayos fueron realizados durante 4 años (2001 a 2004) en viñedos de la variedad Tannat situados en el sur de Uruguay. Los análisis se hicieron desde el envero hasta la cosecha de las uvas. Se determinaron el peso de la uva y su composición básica (azúcar, acidez total y pH), así como su potencial polifenólico por el método de Glories y Augustin (1993), con modificaciones según González-Neves (2005). Los potenciales en antocianos totales y extraíbles aumentaron durante la maduración, pero las concentraciones máximas de estos compuestos se obtuvieron unos días antes del máximo de azúcares en la mayor parte de las parcelas. La extractibilidad de los antocianos tuvo una evolución diversa, según los viñedos y las cosechas, con una tendencia decreciente durante la mayor parte del período evaluado. Los contenidos de taninos de semillas disminuyeron, pero en los hollejos aumentaron durante la maduración. En la cosecha se verificaron importantes diferencias en los contenidos de polifenoles en los hollejos y semillas entre las uvas de los distintos viñedos y años considerados. Los índices polifenólicos determinados no permiten definir un momento óptimo de cosecha, pero proporcionan datos relevantes para la valoración enológica de la uva y para la gestión de las vinificaciones.

Palabras clave: polifenoles, antocianos, taninos, extractibilidad de antocianos

Summary

Multiannual Study of the Polyphenolic Potential of Tannat Grapes in Southern Uruguay

This study was conducted to characterize the polyphenolic potential of Tannat grapes and to evaluate the usefulness of these indices as indicators of maturity, oenological quality, and as reference values to optimize the management of the vinification. The tests were conducted during four years (2001-2004) in variety Tannat vineyards located in southern Uruguay. The analyses were performed from veraison to harvest of the grapes. The berry weight and the basic composition of the grapes (sugar, total acidity and pH) were determined. The polyphenolic potential indexes were analysed according to Glories and Augustin (1993), modified by González-Neves (2005). Total and extractable anthocyanins potentials increased during ripening; however, the maximum concentrations of these compounds were obtained some days before the maximum of the sugars concentration in the majority of the situations. The extractability of anthocyanins had a varied evolution, depen-

ding on the vineyards and the vintages, with a decreasing trend during most of the period evaluated. The concentrations of tannins in the seeds decreased, but the concentrations of tannins in the skins increased during ripening. At harvest, significant differences were observed in the contents of polyphenols in the skins and seeds of grapes from different vineyards and years considered.. The polyphenolic indexes of the grapes do not allow to define the optimum moment of harvest, but they provide important information for the oenological assessment of the grapes, and for the conditions for the winemaking.

Key words: polyphenols, anthocyanins, tannins, extractability of the anthocyanins

Introducción

Los polifenoles son los componentes de la uva que tienen mayor incidencia sobre las propiedades sensoriales y nutricionales de los vinos. El conocimiento del potencial polifenólico de la uva es un dato esencial en la vinificación en tinto, teniendo en cuenta la importancia tecnológica de estos compuestos, su evolución durante la conservación y eventual crianza de los vinos y su impacto sobre las características del producto final. En base a estas consideraciones, se han propuesto numerosos métodos de evaluación de la composición polifenólica de la uva. Los objetivos con los que se realizan estos análisis son diversos, incluyendo la definición de criterios de madurez, la valoración del potencial enológico de la materia prima, la optimización de la gestión de la vinificación o la predicción de las características de los correspondientes vinos. La bibliografía incluye un gran número de estudios sobre el tema, sin que haya unanimidad en los criterios considerados ni en la utilidad de los diversos índices propuestos (Puissant y Léon, 1967; Di Stefano y Cravero, 1989; Glories y Augustin, 1993; Lamadon, 1995; Riou y Asselin, 1996; Venencie *et al.*, 1998; Glories, 1999 y 2001; Cayla, 2000; Cayla *et al.*, 2002; Mattivi *et al.*, 2002; Cagnasso *et al.*, 2003; González-Neves *et al.*, 2004; González-Neves, 2005).

Entre los métodos más empleados se destaca el de Glories y Augustin (1993), que se basa en la realización de extracciones parciales, por maceración de las uvas trituradas en dos soluciones, de pH 1 y 3,2 respectivamente. La extracción a pH 1 implica una degradación de las membranas de las células de los hollejos, favoreciendo la liberación, difusión y solubilización de los antocianos, aunque igualmente estos compuestos no son totalmente extraídos de las uvas con esta metodología (Glories y Augustin,

1993; Peyron, 1998; Saint-Cricq *et al.*, 1998). La extracción realizada a pH 3,2 es comparable a la que se realiza en una vinificación en tinto clásica. La diferencia entre las concentraciones de antocianos en los extractos obtenidos de una u otra forma sería una indicación del estado de fragilidad de las membranas de las células de los hollejos, y en consecuencia de la extractibilidad de estos compuestos. El fundamento del método considera también que la fragmentación parcial de las semillas permite una extracción de sus taninos y que los taninos de los hollejos son extraídos de forma proporcional a los antocianos a pH 3,2 (Glories y Augustin, 1993; Saint-Cricq *et al.*, 1998).

En este estudio se consideran los resultados obtenidos durante 4 años (2001–2004), a partir de uvas provenientes de viñedos de Tannat ubicados en el sur de Uruguay. El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar el potencial polifenólico de las uvas de la variedad Tannat y evaluar la utilidad de estos índices como indicadores de madurez de las uvas, como indicadores de la calidad enológica de la materia prima y como valores de referencia para mejorar la gestión de las vinificaciones.

La comparación entre los distintos viñedos (lira y espaldera, poda en cordón de Royat y poda Guyot) proporcionó datos que solamente permiten una evaluación preliminar sobre el efecto de los sistemas de conducción y tipos de poda en esta variedad, ya que se consideró un solo viñedo para cada sistema.

Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron entre 2001 y 2004, en viñedos comerciales de la variedad Tannat situados en los departamentos de Montevideo (Melilla) y Canelones (Cuatro Piedras y Juanicó). Se consideraron 3 viñedos en cada año, procurando que fuesen

Cuadro 1. Características de los viñedos incluidos en cada año de estudio.

Lugar	Año de plantación	Porta-injerto	Distancia de plantación (m)	Densidad de plantación (cepas/ha)	Modo de conducción	Tipo de poda	Años del ensayo
Melilla, Montevideo	1980	SO4	2,00 x 1,00	5000	Espaldera	Guyot doble	2001
Cuatro Canelones	Piedras, 1988	SO4	3,20 x 0,90	3472	Lira	cordón Royat	2001 a 2004
Cuatro Canelones	Piedras, 1988	SO4	3,20 x 0,90	3472	Lira	Guyot doble	2001 a 2004
Juanicó, Canelones	1996	SO4	2,30 x 1,25	3478	Espaldera	cordón Royat	2002 a 2004

representativos de las condiciones de producción de esta variedad en la región, incluyendo los sistemas de conducción, tipos de poda y el portainjerto empleados de manera predominante (Cuadro 1).

En todos los viñedos, a excepción de la espaldera en 2001, se hizo un seguimiento de la maduración de la uva a partir del envero. Los muestreos se efectuaron una vez por semana desde el medio envero y dos veces por semana al aproximarse la madurez. El último muestreo se realizó el día de la cosecha, que en todos los casos fue efectuada considerando la relación entre las concentraciones de azúcares y la acidez total, así como el pH de los mostos.

En cada muestreo previo a la vendimia se extrajeron muestras por duplicado, a partir de una población de 30 plantas por viñedo. En la cosecha, el muestreo incluyó 2 repeticiones por viñedo en 2001 y 2002, 5 repeticiones en 2003 y 3 repeticiones por viñedo en 2004.

Las muestras fueron tomadas de acuerdo con el método propuesto por Carbonneau *et al.* (1991), estando constituidas por fracciones de racimos extraídos en la zona media de las varas o los cordones. Cada fracción contenía de 3 a 5 bayas, siendo extraídas alternativamente de las mitades inferiores y superiores de los racimos, hasta totalizar 250 bayas por muestra.

Las uvas de cada muestra se fraccionaron, destinando la mitad de las bayas a los análisis clásicos y la otra mitad a la estimación del potencial polifenólico.

El peso de la baya fue determinado con una balanza Ohaus Scout (Ohaus Corp., U.S.A.). A continuación las uvas se prensaron manualmente en un mortero y se separaron los hollejos, las semillas y la pulpa. Los hollejos y las semillas se lavaron con agua,

para separarlos completamente de la pulpa y disolver los residuos de azúcares, luego se secaron con papel de filtro y finalmente se pesaron. El peso de la pulpa fue estimado para cada muestra por diferencia entre los pesos de la baya, de los hollejos y de las semillas. Posteriormente se calcularon los porcentajes de cada parte de la baya.

El mosto empleado para hacer los análisis fue obtenido a partir del prensado manual y de la trituración de la pulpa con un extractor de jugo Phillips HR2290 (Phillips, Holanda). Los contenidos de azúcares fueron determinados por refractometría, la acidez total por volumetría y el pH por potenciometría. La densidad del mosto fue estimada a partir de las concentraciones de azúcares determinadas por refractometría. Se realizaron dos repeticiones de cada análisis por muestra, de acuerdo con los protocolos propuestos por O.I.V. (1990). El refractómetro empleado fue un modelo Atago N1; el pH fue medido con un aparato Hanna modelo H18521 (Hanna Inst., Italia).

El potencial polifenólico de la uva fue estimado empleando el método propuesto por Glories y Augustin (1993), incorporando modificaciones en los cálculos, de acuerdo con González-Neves (2005). A estos efectos, se trituraron la mitad de las bayas de cada muestra, empleando una licuadora Phillips HR2855. Se realizaron dos maceraciones de la uva triturada, durante 4 horas, con soluciones de pH 1 y 3,2 respectivamente. Los macerados fueron filtrados y luego centrifugados durante 3 minutos a 3500 r.p.m., empleando una centrifuga MSE Mistral 2000 (San-yo-Gallenkamp, Gran Bretaña).

Se analizaron la riqueza fenólica total (A280), el potencial total en antocianos (ApH1) y el potencial en antocianos extraíbles (ApH3,2). Los análisis se

realizaron con un espectrofotómetro Shimadzu UV-1240 MINI (Shimadzu Corp., Japón), utilizando celdas de cuarzo (para las medidas en el ultravioleta) y de vidrio, de 1 cm de recorrido óptico. La riqueza polifenólica se determinó midiendo la absorbancia a 280 nm, mientras que los antocianos fueron analizados según Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965). Todos los análisis se hicieron con dos repeticiones.

Los índices fueron calculados considerando las diluciones respectivas, de acuerdo con González-Neves (2005). A estos efectos se consideró el porcentaje de pulpa y la densidad del mosto de cada muestra, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$VM = (50 \times P\%) / D$$

Siendo:

VM = volumen de mosto en mL;

50 = gramos de uva triturada;

P% = % de pulpa;

D = densidad del mosto.

$$F = (50 + VM) / VM$$

Donde:

F = Factor de dilución;

50 = mL de solución de pH 1 o pH 3,2;

VM = volumen de mosto.

Posteriormente se calcularon las concentraciones de taninos de hollejos (dpell) y de semillas (dTpep), los porcentajes de cada tipo de taninos (dpell porcentaje y Mp porcentaje, respectivamente) y el índice de extractibilidad de los antocianos (EA porcentaje), según lo propuesto por Glories y Augustin (1993).

Los análisis estadísticos fueron realizados con Statgraphics Plus, versión 4.1 (Stat Graphics Corp., U.S.A., 1999). Se hicieron Análisis de Varianza y separación de medias por Tukey al 5 %. Se hizo un Análisis de Componentes Principales, con el objetivo de verificar las relaciones entre los índices del potencial polifenólico, entre éstos y las muestras y de las muestras entre sí, considerando los datos obtenidos para las uvas de todos los viñedos en los cuatro años.

Resultados y discusión

Los mayores contenidos de azúcares fueron obtenidos en 2001 en la lira podada a Royat, en 2002 y

2004 en la lira podada a Guyot (sin diferencias estadísticas con la lira a Royat en 2002) y en 2003 en la espaldera. Las uvas de la espaldera de Juanicó tuvieron acidez total significativamente menor a las de las liras en los tres años en los que se la consideró (2002 a 2004). En cambio, el pH de los mostos solamente presentó diferencias estadísticas en el año 2001, con valores significativamente superiores en las liras con respecto a la espaldera, y en el 2003, con valores significativamente mayores en las uvas de la espaldera (Cuadro 2).

Se verificaron diferencias importantes en las concentraciones y en la distribución de los polifenoles en los hollejos y semillas, según los viñedos y los años considerados (Fig. 1 a 3; Cuadros 3 y 4).

La acumulación de antocianos durante la maduración presentó un comportamiento muy diverso en cada año. Tomando como ejemplo el viñedo en lira podado a Royat, se observa que la evolución de las concentraciones de azúcares y de los potenciales antocianicos fue diferente en los cuatro años (Fig. 1). Los contenidos de antocianos de las uvas fueron significativamente mayores en el 2002. En 2001 y 2002 se verificó una ligera disminución de los contenidos de azúcares en la última semana, probablemente como consecuencia de lluvias ocurridas en esos días (González-Neves, 2005).

En general se constató que los potenciales en antocianos totales y extraíbles aumentaron durante la maduración. En la mayoría de las parcelas estos valores alcanzaron un máximo que se dio antes de la madurez tecnológica, momento en que se realizó la cosecha (Fig. 1 y datos no mostrados). Esta madurez fue definida considerando la relación entre azúcares, acidez total y pH, coincidiendo generalmente con las concentraciones máximas de azúcares en las uvas. Esta tendencia fue más notoria en las uvas obtenidas en los años de maduración deficiente, como el 2001.

En estudios realizados en los mismos años con otras variedades cultivadas en la misma región, como Cabernet-Sauvignon, se verificó una anticipación mucho mayor del máximo de antocianos con relación a la madurez tecnológica, particularmente en las situaciones de mala maduración (González-Neves, 2005).

Cuadro 2. Valores medios de los análisis de rutina de las uvas de cada viñedo en cada año.

	Azúcares	Acidez total	pH	Peso de la baya
2001				
Espaldera Melilla	192 c	5.5 ab	3.27 c	1.67 b
Lira Royat C. Piedras	218 a	5.4 b	3.45 a	1.84 a
Lira Guyot C. Piedras	204 b	5.7 a	3.37 b	1.80 a
2002				
Espaldera Juanicó	237 b	4.1 c	3.35 ns	1.68 c
Lira Royat C. Piedras	245 a	6.1 a	3.29 ns	1.92 a
Lira Guyot C. Piedras	248 a	5.5 b	3.34 ns	1.82 b
2003				
Espaldera Juanicó	252 a	4.0 b	3.45 a	1.89 b
Lira Royat C. Piedras	236 b	5.6 a	3.35 b	2.04 a
Lira Guyot C. Piedras	238 b	5.6 a	3.36 b	1.85 b
2004				
Espaldera Juanicó	235 c	5.2 b	3.36 ns	1.66 b
Lira Royat C. Piedras	247 b	5.9 a	3.41 ns	1.96 a
Lira Guyot C. Piedras	255 a	6.0 a	3.37 ns	1.87 a

Los azúcares se expresan en g glucosa . L⁻¹, la acidez total en g H₂SO₄ . L⁻¹, el peso medio de la baya en g. Los valores seguidos de la misma letra (en sentido vertical y para cada año) no presentaron diferencias estadísticas por el test de Tukey al 5 %.

Cuadro 3. Valores medios de riqueza polifenólica total, potenciales en antocianos totales y extraíbles y contenidos de antocianos por baya, en las uvas de cada viñedo en cada año.

	Riqueza polifenólica (A280)	Potencial total en antocianos (ApH1)	Potencial en antocianos extraíbles (ApH3.2)	Antocianos por baya
2001				
Espaldera Melilla	51.5 c	1395 b	772 a	2.15 b
Lira Royat C. Piedras	72.2 a	1666 a	806 a	2.81 a
Lira Guyot C. Piedras	58.0 b	1284 b	635 b	2.12 b
2002				
Espaldera Juanicó	88.7 b	3005 c	1371 c	4.57 c
Lira Royat C. Piedras	113.5 a	4086 a	1919 b	7.13 a
Lira Guyot C. Piedras	114.6 a	3804 b	2043 a	6.26 b
2003				
Espaldera Juanicó	95.4 a	2989 ns	1397 ns	5.10 ns
Lira Royat C. Piedras	88.8 b	2865 ns	1394 ns	5.30 ns
Lira Guyot C. Piedras	91.1 ab	2951 ns	1449 ns	4.98 ns
2004				
Espaldera Juanicó	61.2 ns	1873 c	1009 b	2.83 c
Lira Royat C. Piedras	62.9 ns	2345 a	1233 a	4.17 a
Lira Guyot C. Piedras	62.5 ns	2215 b	1195 a	3.76 b

A280 se expresa en unidades de absorbancia, ApH1 y ApH3.2 en mg . L⁻¹, los antocianos por baya en mg . baya⁻¹. Los valores seguidos de la misma letra (en sentido vertical y para cada año) no presentaron diferencias estadísticas por el test de Tukey al 5 %.

Cuadro 4. Valores medios de extractibilidad de antocianos, contenidos y porcentaje de taninos de hollejos de semillas de las uvas de cada viñedo en cada año.

	Extractibilidad de antocianos (EA%)	Contenidos de taninos de hollejos (dpell)	Proporción de taninos de hollejos (dpell%)	Contenidos de taninos de semillas (dTpep)	Proporción de taninos de semillas (Mp%)
2001					
Espaldera Melilla	44.6 b	30.9 a	59.9 a	20.6 c	40.0 b
Lira Royat C. Piedras	51.6 a	32.2 a	44.7 b	40.0 a	55.3 a
Lira Guyot C. Piedras	50.5 a	25.4 b	43.8 b	32.6 b	56.2 a
2002					
Espaldera Juanicó	54.4 a	54.8 c	61.9 b	33.8 ns	38.1 a
Lira Royat C. Piedras	53.0 a	76.7 b	67.6 ab	36.8 ns	32.4 ab
Lira Guyot C. Piedras	46.3 b	81.7 a	71.3 a	32.8 ns	28.7 b
2003					
Espaldera Juanicó	53.1 ns	55.9 ns	58.6 b	39.5 a	41.4 a
Lira Royat C. Piedras	51.3 ns	55.8 ns	62.8 a	33.1 b	37.2 b
Lira Guyot C. Piedras	50.9 ns	58.0 ns	63.6 a	33.1 b	36.4 b
2004					
Espaldera Juanicó	46.2 ns	40.3 b	66.0 b	20.8 a	34.0 a
Lira Royat C. Piedras	47.4 ns	49.3 a	78.4 a	13.6 b	21.6 b
Lira Guyot C. Piedras	46.0 ns	47.8 a	76.5 a	14.7 b	23.5 b

EA%, dpell% y Mp% se expresan en porcentaje, dpell y dTpep en unidades de absorbancia. Los valores seguidos de la misma letra (en sentido vertical y para cada año) no presentaron diferencias estadísticas por el test de Tukey al 5 %.

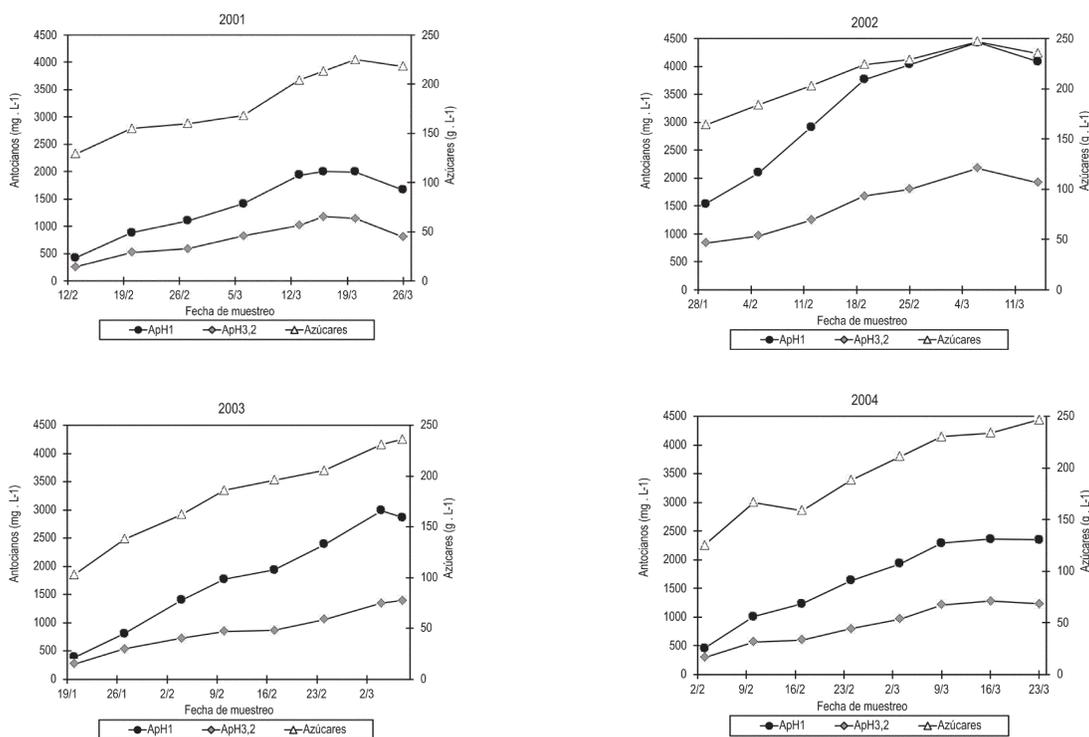


Figura 1. Evolución de las concentraciones de azúcares y de antocianos totales y extraíbles durante la maduración de las uvas, en el mismo viñedo (lira con poda Royat) en los 4 años.

Glories (1999) señala que la coincidencia entre el máximo de antocianos y la madurez tecnológica (entendida como la relación máxima entre azúcares y acidez) indica una buena adaptación de la variedad al «terruño». Sin embargo, la disminución de las concentraciones de antocianos en las últimas etapas de la maduración ha sido observada por numerosos autores (Roggero *et al.*, 1986; Darné, 1988; Jordão *et al.*, 1998; Keller y Hrazdina, 1998; González-Neves, 2005; Fournand *et al.*, 2006; Ortega-Regules *et al.*, 2008).

Esta disminución de los contenidos de antocianos próxima a la madurez podría estar dada por una preponderancia de las reacciones de degradación con respecto a las de síntesis, debido a la actividad de glucosidasas y peroxidasas en las vacuolas de los hollejos (Keller y Hrazdina, 1998; Mori *et al.*, 2007). En cambio, Fournand *et al.* (2006) sugieren que la disminución de los antocianos podría estar relacionada con su participación en la formación de pigmentos derivados.

Los valores de EA% aumentaron durante el período de maduración, en la mayoría de los casos, lo que significa que la proporción de los antocianos fácilmente extraíble disminuyó (Fig. 2). Esta evolución coincide con lo reportado por numerosos autores (Celotti y Carcereri, 2000; Di Stefano *et al.*, 2000; González-Neves *et al.*, 2002; Cagnasso *et al.*, 2003; González-Neves, 2005). En cambio, otros autores (Glories y Augustin, 1993; Saint-Cricq *et al.*, 1998) señalan que la facilidad con la que se extraen los antocianos debería aumentar durante la maduración, como consecuencia de la degradación progresiva de las estructuras celulares de los hollejos por la actividad de pectinasas endógenas.

Ortega-Regules *et al.* (2008) constataron tendencias diversas según la variedad de uva, sin diferencias mayores entre años, por lo que sugieren que la extractibilidad de los antocianos sería una característica varietal, poco afectada por las condiciones climáticas. Sin embargo, en el presente estudio se verificaron diferencias importantes entre los valores de EA% de las uvas de cada viñedo en los distintos años (Cuadro 4).

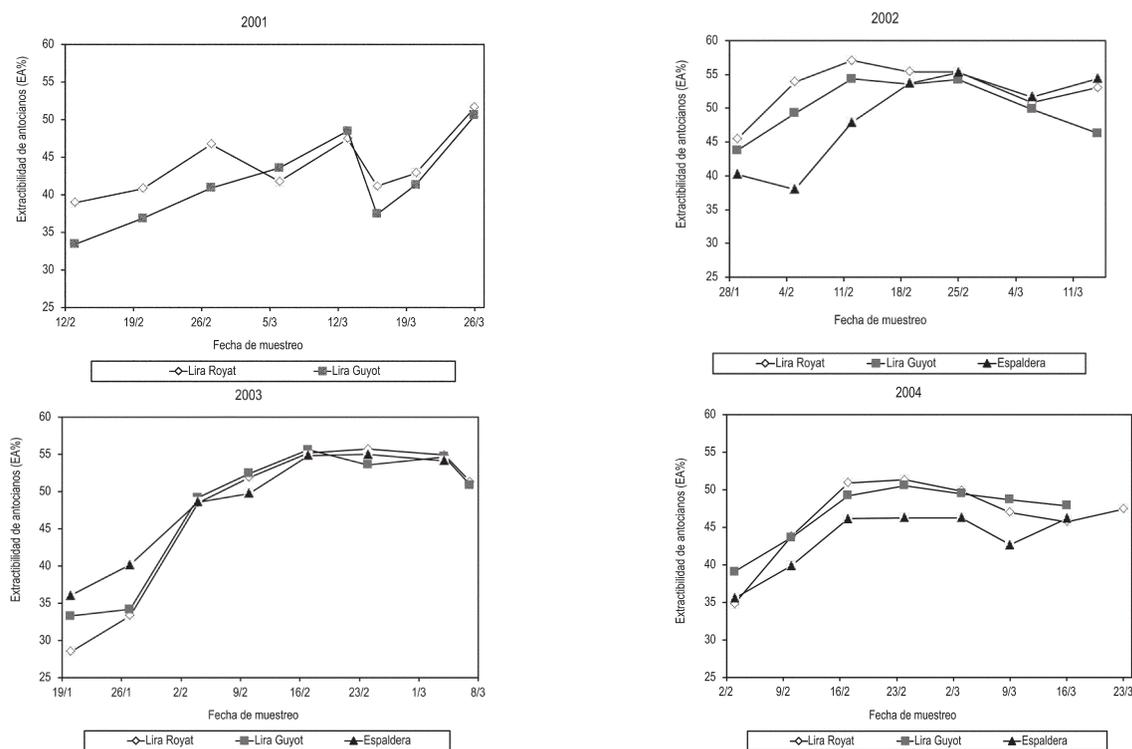


Figura 2. Evolución de la extractibilidad de los antocianos durante la maduración de las uvas de los distintos viñedos considerados en cada año.

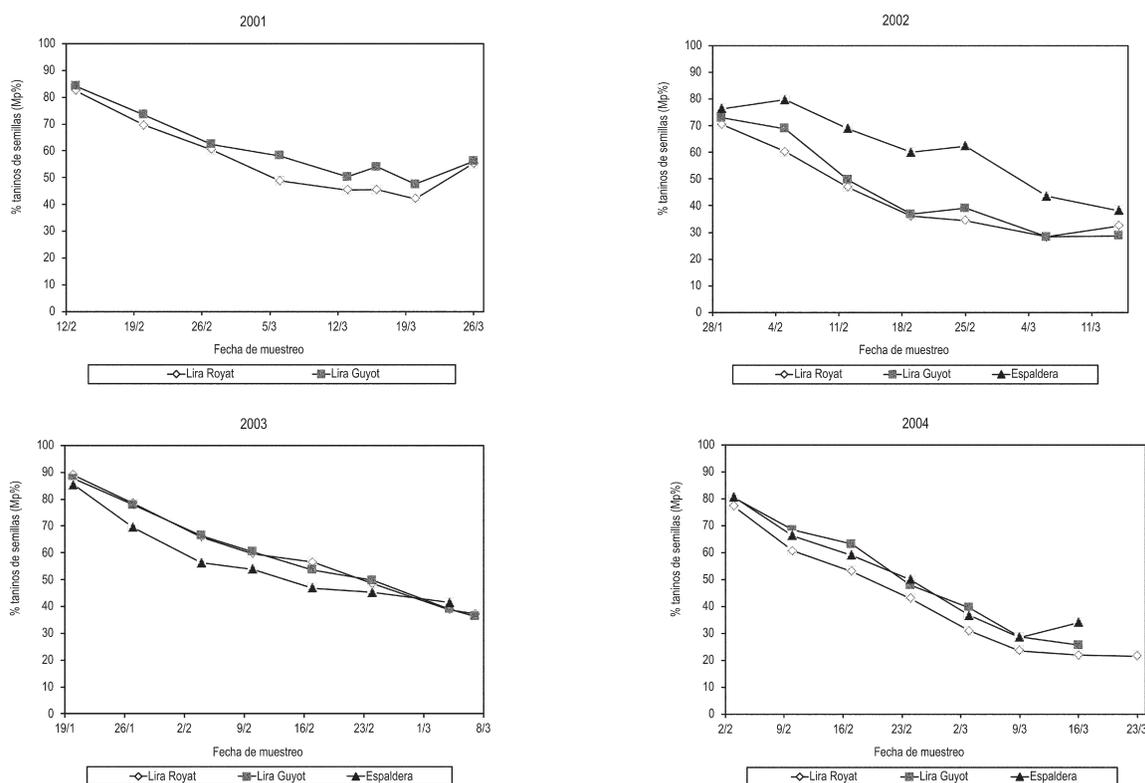


Figura 3. Evolución del porcentaje de taninos de semillas durante la maduración de las uvas de los distintos viñedos considerados en cada año.

La mejor extractibilidad de los antocianos se verificó en 2001 en las uvas de la espaldera de Melilla y en los otros tres años en las de la lira con poda a Guyot, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas entre las liras en 2003 y entre los tres viñedos en 2004.

Las proporciones de taninos de semillas respecto del total de la uva (Mp%) disminuyeron a lo largo de la maduración en casi todos los viñedos (Fig. 3), como consecuencia de una disminución en los contenidos de taninos de semillas (dT_{pep}) (datos no mostrados). Estos resultados coinciden con los reportados por diversos autores (Glories y Augustin, 1993; Saint-Cricq *et al.*, 1998; Ortega-Regules *et al.*, 2008). A su vez, esta evolución se corresponde con un incremento de los contenidos de taninos de hollejos durante ese período, con un aumento relevante de las proporciones de estos taninos en el total (datos no mostrados).

Algunos autores indican que la evolución de los contenidos de taninos de semillas se debería a una

disminución real de sus concentraciones, en tanto otros lo atribuyen a una disminución en la solubilidad de estos compuestos, como consecuencia de la polimerización o de su asociación con otras macromoléculas (Saint-Cricq *et al.*, 1997; Adams, 2006; Fournand *et al.*, 2006).

Los valores de los distintos índices polifenólicos obtenidos en cosecha presentaron diferencias estadísticas entre las uvas de los distintos viñedos en la mayoría de los casos (Cuadros 3 y 4). La arquitectura de las plantas incidió en los resultados obtenidos, pero no puede concluirse que alguno de los sistemas de conducción o tipos de poda sea más recomendable que los otros, ya que se consideró solamente un viñedo para cada caso, situados próximos entre sí pero en sitios diferentes. A su vez, no se consideran en este trabajo otros aspectos productivos que son relevantes en el momento de evaluar la gestión del viñedo, como los rendimientos, sanidad de la uva, etc.

La lira podada a Royat tuvo las uvas con la mayor riqueza polifenólica total en 2001 y 2004 (en este último caso sin diferencias estadísticas con las demás) y los mayores contenidos potenciales de antocianos totales en 2001, 2002 y 2004, si bien los antocianos extraíbles solamente fueron significativamente mayores en estas uvas en 2001 y 2004. Las uvas de la espaldera de Juanicó tuvieron la mayor riqueza polifenólica y el mayor potencial en antocianos totales en 2003. La síntesis de antocianos, evaluada a través de la expresión de los valores obtenidos en el extracto de pH 1 en mg por baya, fue mayor en las uvas de la lira con poda Royat en todos los años (Cuadro 3). No hay correspondencia estricta entre la síntesis de antocianos y las concentraciones de estos compuestos en los extractos de pH 1 y 3.2, debido al diferente tamaño de las bayas obtenido en cada caso (Cuadro 2).

Diversos autores señalan que la arquitectura de la planta incide en la síntesis antociánica de manera importante, al modificar el microclima de los racimos (Carbonneau, 1990; Katerji *et al.*, 1994; Ferrer, 2007; Río Segade *et al.*, 2009). La conducción en lira favorece la ubicación de los racimos fuera del follaje, lo que incide en la acumulación de componentes de calidad en la uva (Carbonneau, 1990). Por otra parte, los sistemas de canopia dividida como la lira, permiten tener una superficie foliar significativamente mayor, por lo que pueden obtenerse mayores producciones de uva sin detrimento de su calidad (Carbonneau, 1990; Katerji *et al.*, 1994).

El año de mayor riqueza polifenólica en las uvas de las dos liras fue el 2002, en tanto en la espaldera de Juanicó fue el 2003. La lira con poda Royat tuvo contenidos significativamente mayores de taninos de hollejos en 2001 y 2004 y de taninos de semillas en 2001 y 2002. Los mayores contenidos de taninos de hollejos se verificaron en las uvas de la lira con poda larga en 2002. Las diferencias entre años fueron muy importantes en todos los viñedos (Cuadro 4).

En el año 2004 se verificaron los menores contenidos de taninos de semillas en todos los viñedos, lo que determinó que su proporción fuera mucho más baja que en los otros años (sobre todo en las uvas de las liras).

La proporción de taninos de hollejos en cosecha fue mayor a la de taninos de semillas, salvo en las uvas de las dos liras en el año 2001. Estos resultados no concuerdan con los reportados por otros autores, que indican contenidos de taninos muy superiores en las semillas (Harbertson *et al.*, 2002; Ortega-Regules *et al.*, 2008). Esta discrepancia estaría determinada por los métodos de análisis empleados en cada caso. El método de Glories y Augustin (1993) parece subestimar fuertemente los contenidos de taninos de semillas, pero proporciona datos sobre su extractibilidad.

Las condiciones climáticas parecen haber repercutido más significativamente en la síntesis de antocianos y de taninos de hollejos que en la de taninos de semillas, si bien también en este caso hubo diferencias importantes entre años y sobre todo de las uvas producidas en 2004 con respecto a las demás (Cuadros 3 y 4).

Es conocido que el proceso de maduración de la uva está condicionado fundamentalmente por el clima; un exceso de lluvias y temperaturas muy elevadas pueden provocar una inhibición de la biosíntesis de antocianos y una disminución general en los contenidos de los componentes de calidad de las uvas (Pirie y Mullins, 1977; Keller y Hrazdina, 1998).

Desde el punto de vista climático, el año 2001 fue el más desfavorable para la maduración de las uvas, en tanto el 2002 fue el que presentó condiciones más favorables para la síntesis de polifenoles. El año 2001 fue el más cálido y lluvioso (sobre todo en enero y febrero), el 2002 fue templado cálido, de noches templadas y con sequía moderada, el 2003 fue subhúmedo, cálido y de noches templadas, y el 2004 fue templado cálido, de noches frías y con sequía moderada (González-Neves, 2005; Ferrer, 2007).

En los años 2001 y 2003, entre envero y cosecha no se registró estrés hídrico en las plantas. En el año 2002 el estrés hídrico fue débil, en tanto las plantas sufrieron un estrés hídrico moderado a fuerte en 2004 (Ferrer, 2007). La maduración de las uvas se realizó con temperaturas diurnas más frescas en 2002 que en 2001, 2003 y 2004 (González-Neves, 2005; Ferrer, 2007). Los factores climáticos (luminosidad, temperatura, disponibilidad de agua) tienen un efec-

to complejo sobre la síntesis antociánica, pero las temperaturas elevadas parecen ser el factor más limitante para este proceso (Bergqvist *et al.*, 2001; Spayd *et al.*, 2002; Keller *et al.*, 2005). La biosíntesis de antocianos sería perturbada con temperaturas superiores a 30° C en el racimo, independientemente de otros factores climáticos y de cultivo (Haselgrove *et al.*, 2000; Bergqvist *et al.*, 2001; Spayd *et al.*, 2002).

En conclusión, el exceso de lluvias y las elevadas temperaturas incidieron negativamente en la fotosíntesis y en el metabolismo secundario en 2001. En cambio, en el año 2002 se dieron muy buenas condiciones para la síntesis de polifenoles y también para la fotosíntesis. En el año 2003 hubo buenas condiciones para la síntesis de componentes de calidad, pero la elevada disponibilidad hídrica determinó un aumento del tamaño de las bayas (datos no mostrados), lo que pudo determinar cierto efecto de «dilución», particularmente en las uvas de las liras. En 2004 se verificó una menor síntesis polifenólica, probablemente debido al efecto conjunto de las temperaturas altas y el mayor estrés hídrico.

En trabajos realizados en los mismos años y la misma región con la variedad Merlot se verificó un efecto similar del clima sobre la síntesis de azúcares y polifenoles y sus contenidos en las uvas (González-Neves, 2005; González-Neves y Ferrer, 2008).

El Análisis de Componentes Principales confirma que la composición polifenólica de las uvas fue modificada principalmente por las condiciones de cada año, más allá de las diferencias entre viñedos. En la Fig. 4 puede observarse que los escores correspondientes a las muestras de cada año se agruparon y diferenciaron de los otros en el plano definido por los dos primeros Componentes Principales, con excepción de dos muestras del año 2002 (correspondientes a la espaldera de Juanicó), cuyos escores se sitúan dentro del grupo del año 2003. De esta manera, se confirma que los años 2002 y 2003 presentaron semejanzas entre sí, a pesar de que las uvas de las liras tuvieron una riqueza polifenólica excepcional en 2002.

Este análisis de Componentes Principales fue realizado eligiendo índices que no aporten información redundante, desde el punto de vista estadístico, por lo que no se incluyeron los antocianos a pH 3,2

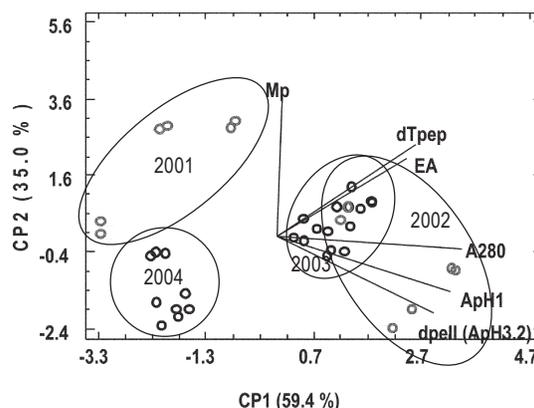


Figura 4. Distribución de los escores de las muestras y de las variables en el plano definido por el Análisis de Componentes Principales.

(ApH3,2) y el porcentaje de taninos de hollejos (dpell porcentaje). Debido a la forma en que son calculados los índices, ApH 3,2 y EA porcentaje (de manera positiva), y los porcentajes de taninos de hollejos y semillas (de manera negativa), tienen correlaciones perfectas ($r = [1,0]$).

El tamaño y la dirección de los distintos vectores (Fig. 1) indican que los polifenoles totales y los antocianos (A280 y ApH1) fueron los índices que tuvieron mayor peso en el Componente 1 (que permite diferenciar 2001 y 2004 de 2002 y 2003), en tanto los taninos (Mp porcentaje, dpell y dTpep) fueron los que tuvieron mayor peso en el Componente 2 (que permite diferenciar particularmente 2001 de los otros años).

Los escores de las muestras del 2002 son los más cercanos a los vectores de la riqueza polifenólica total (A280), el potencial en antocianos y los contenidos de taninos de hollejos. En cambio, los escores de las uvas del 2001 y 2004 se sitúan alejados de los vectores de estas variables, reflejando la relativa pobreza en polifenoles que se obtuvo en estos años.

Puede concluirse que la determinación de los índices polifenólicos en la vendimia aporta información relevante para la valoración enológica de la uva, permitiendo categorizar las distintas cosechas y las parcelas en cada año, y definir el tipo de vino que puede ser elaborado con esa materia prima.

Sin embargo, la variabilidad de los resultados obtenidos en cada viñedo en los distintos años indicaría que no pueden proponerse valores ideales de

cosecha de manera general, sino que debe analizarse cada parcela y cada año en particular.

Los valores determinados para los distintos índices representan también una información muy valiosa para mejorar la gestión de las vinificaciones, una vez definido el tipo de vino que se quiere elaborar en cada caso. Por ejemplo, los elevados valores de EA% verificados en la mayoría de los casos indican que los antocianos de las uvas de esta variedad son extraídos con alguna dificultad (Glories, 2001; González-Neves, 2005). Considerando este dato, el enólogo puede modificar las condiciones de maceración de manera de priorizar la extracción de antocianos, realizando operaciones mecánicas (remontajes, bazuqueos) más frecuentes o más intensas al inicio del proceso (Glories, 2001; Ortega-Regules *et al.*, 2008). Como los antocianos son fácilmente solubles en un medio acuoso y los taninos no lo son, todas las operaciones prefermentativas que favorecen la extracción de componentes de los hollejos sirven para incrementar los contenidos de pigmentos en los mostos sin que haya una extracción excesiva de taninos (Glories, 2001; Sacchi *et al.*, 2005).

Conclusiones

Se encontraron diferencias importantes en los contenidos de polifenoles totales y antocianos, así como en la distribución de los taninos en los hollejos y semillas, según los viñedos y los años. Los factores climáticos incidieron de manera preponderante en los contenidos de componentes de calidad de las uvas.

Las concentraciones máximas de antocianos totales y de antocianos extraíbles se obtuvieron antes que las concentraciones máximas de azúcares en la mayor parte de los viñedos. La extractibilidad de los antocianos disminuyó durante la maduración en la mayoría de los casos. Estos fenómenos fueron más acentuados cuando las condiciones climáticas fueron desfavorables para la maduración.

La composición tánica de la uva tuvo importantes variaciones a lo largo del período de maduración. Los contenidos de taninos de hollejos aumentaron, en tanto los de semillas disminuyeron significativamente durante este período. Como consecuencia, del envero a la cosecha se verificaron cambios muy

importantes en los porcentajes de taninos de hollejos y de semillas.

La evolución de los valores verificada para cada índice fue muy diversa según las situaciones, lo que significa que no se puede definir un momento de cosecha a partir de los mismos. En cambio, estos índices constituyen un dato relevante para la valoración del potencial enológico de la uva y para la definición de las condiciones de vinificación que permitan explotarlo de la mejor manera.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las empresas *Establecimiento Juanicó*, *José Rinaldi* y *Viña Varela Zarranz*, por el apoyo prestado para la realización de los ensayos.

A G. Camussi, I. Sibille y J. Abella por su participación en los muestreos de las uvas.

Bibliografía

- Adams, D. 2006. Phenolics and Ripening in Grape Berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 57 (3): 249-256.
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N. and Ebisuda, N. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* 52 (1): 1-7.
- Cagnasso, E., Caudana, E., Rolle, L. e Gerbi, V. 2003. Contributo allo studio de la maturità fenolica in uve piemontesi. *Quad. Vitic. Enol. Univ. Torino*, 26, 61-80.
- Carbonneau, A. 1990. Mécanismes généraux de l'influence du système de conduite sur la qualité des vins. Intérêt qualitatif et économique des vignes en lyre: premières indications de leur comportement en situation de vigueur élevée. *Atti. Accad. Ital. Vite Vино*: 325-346.
- Carbonneau, A., Moueix, A., Leclair, N. et Renoux, J. 1991. Proposition d'une méthode de prélèvement de raisins à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. *Bull. de l'O.I.V.* 72/728 : 679-690.
- Cayla, L. 2000. Caractérisation du potentiel polyphénolique des raisins rouges: comparaison de méthodes et réalisation concrète. In : *Mondiaviti Bordeaux*, C. R. Technique 2000. ITV France, Paris. pp. 95-104.
- Cayla, L., Cottureau, R. et Renard, R. 2002. Estimation de la maturité phénolique des raisins rouges para la méthode I.T.V. standard. *R.F.C.E.* 193 : 10-16.
- Celotti, E. e Carcereri, G. 2000. Studio della maturità fenolica delle uve rosse per valorizzare l'area viticola dei Colli Berici. *L'Enologo* 4 : 79-84.
- Darné, G. 1988. Évolution des différents anthocyanes des pellicules de Cabernet Sauvignon au cours du développement des baies. *Conn. Vigne Vin* 22 (3): 225-231.
- Di Stefano, R. e Cravero, M. 1989. I composti fenolici e la natura del colore dei vini rossi. *L'Enotecnico* 5: 81-87.
- Di Stefano, R., Borsa, D., Bosso, A. e García, E. 2000. Sul significato e sui metodi di determinazione dello stato di maturità dei polifenoli. *L'Enologo* 12: 73-76.

- Ferrer, M. 2007. Effet du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot. Tesis de Doctorado. ENSAM. Montpellier.
- Fourmand, D., Vicens, A., Sihoum, L., Souquet, J., Moutounet, M. and Cheyrier, V. 2006. Accumulation and extractability of grape skin tannins and anthocyanins at different advanced physiological stages. *J. Agric. Food Chem* 54: 7331-7338
- Glories, Y. 1999. La maturità fenolica delle uve: primo parametro da controllare per una corretta vinificazione in rosso. *Vignevini* 3 : 46-50.
- Glories, Y. 2001. Caractérisation du potentiel phénolique: adaptation de la vinification. *Progrès Agric. Vitic.* 118 (15/16) : 347-350.
- Glories, Y. et Augustin, M. 1993. Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992. In : C. R. Colloque Journée Techn. CIVB, Bordeaux. pp. 56-61.
- González-Neves, G. 2005. Etude de la composition polyphénolique des raisins et des vins des cépages Merlot, Cabernet-Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en Lyre et en Espalier dans le sud de l'Uruguay. Tesis de Doctorado. ENSAM. Montpellier. 279 pp.
- González-Neves, G., Gil, G. and Ferrer, M. 2002. Effect of different vineyard treatments on the phenolic contents in Tannat (*Vitis vinifera* L.) grapes and their respective wines. *Food Sci. Techn. Int.* 8 (5): 315-321.
- González-Neves, G., Charamel, D., Balado, J., Barreiro, L., Bochicchio, R., Gatto, G., Gil, G., Tessore, A., Carboneau, A. and Moutounet, M. 2004. Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta* 513 (1): 191-196.
- González-Neves, G. y Ferrer, M. 2008. Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. *Agrociencia* XII (2): 10-18.
- Harbertson, J., Kennedy, J. and Adams, D. 2002. Tannin in skins and seeds of Cabernet-Sauvignon, Syrah, and Pinot Noir berries during ripening. *Am. J. Enol. Vitic.* 53 (1): 54-59.
- Haselgrove, L., Botting, D.; Van Heeswijck, R.; Hoj, P. B.; Dry, P. R.; Ford, C.; Iland, P. 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6: 141-149.
- Jordão, A., Ricardo-da-Silva, J. and Laureano, O. 1998. Evolution of anthocyanins during grape maturation of two varieties (*Vitis vinifera* L.) Castelao Francês and Touriga Francesa. *Vitis* 37 (2): 93-94.
- Katerji, N., Daudet, F., Carboneau, A. et Ollat, N. 1994. Etude à l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne: comparaison des systèmes de conduite traditionnel et en lyre. *Vitis* 33: 197-203.
- Keller, M. and Hrazdina, G. 1998. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. *Am. J. Enol. Vitic.* 49 (3): 341-349.
- Keller, M., Mills, L., Wample, R. and Spayd, S. 2005. Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 56(2): 91-103.
- Lamadon, F. 1995. Protocole pour l'évaluation de la richesse polyphénolique des raisins. *R.C.E.* 76 : 37-38.
- Mattivi, F., Prast, A., Nicolini, G. e 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.* 2/3 : 55-74.
- Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M. and Hashizume, K. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *J. Experim. Botany* 58 (8): 1935-1945.
- O.I.V. 1990. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. Office International de la Vigne et du Vin. Paris, 368 pp.
- Ortega-Regules, A., Romero-Cascales, J., Ros García, J., Bautista-Ortín, A., López-Roca, M., Fernández-Fernández, J. and Gómez-Plaza, E. 2008. Anthocyanins and tannins in four grape varieties (*Vitis vinifera* L.). Evolution of their content and extractability. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 42 (3): 147-156.
- Peyron, D. 1998. Le potentiel polyphénolique du Pinot Noir. *R. F. C.E.* 170: 42-45.
- Pirie, A. and Mullins, M. 1977. Interrelationships of sugars, anthocyanins, total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening. *Am. J. Enol. Vitic.* 28 (4): 204-209.
- Puissant, A. et Léon, H. 1967. La matière colorante des grains de raisins de certains cépages cultivés en Anjou en 1965. *Ann. Technol. Agric.* 16 (3) : 217-225.
- Ribéreau-Gayon, P. et Stonestreet, E. 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge. *Bull. Soc. Chim.* 9 : 2649.
- Rio Segade, S., Soto, E., Vázquez, E. and Rego, J. 2009. Influence of training system on chromatic characteristics and phenolic composition in red wines. *Eur. Food Res. Technol.* DOI 10.1007/s00217-009-1112-2.
- Riou, V. et Asselin, C. 1996. Potentiel polyphénolique disponible du raisin. Estimation rapide par extraction partielle à chaud. *Progrès Agric. Vitic.* 113 (18) : 382-384.
- Roggero, J., Coen, S. and Ragonnet, B. 1986. High performance liquid chromatography survey on changes in pigment content in ripening grapes of Syrah. An approach to anthocyanin metabolism. *Am. J. Enol. Vitic.* 37 (1): 77-83.
- Sacchi, K., Bisson, L. and Adams, D. 2005. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 56 (3): 197-206.
- Saint-Cricq de Gaulejac, N., Augustin, M., Vivas, N. and Glories, Y. 1997. A biochemical approach to the evolution of procyanidins in grape seeds during the ripening of red grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Merlot Noir). *J. Wine Res.* 8 (3): 159-167.
- Saint-Cricq de Gaulejac, N., Vivas, N. et Glories, Y. 1998. Maturité phénolique: définition et contrôle. *R. F. C.E.* 173: 22-25.
- Spayd, S., Tarara, J., Mee, D. and Ferguson, J. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 53 (3): 171-182.
- Venencie, C., Videau, B. et Michel, D. 1998. Contrôle maturité: analyse des pellicules ou des baies entières? *R.F.C.E.* 169 : 13-15.