

ORIGINAL

# El potencial tánico del roble y el método de tostado molecular, factor determinante del perfil sensorial de los vinos

Marie-Laure Badet-Murat<sup>1</sup>, Jean-Charles Vicard<sup>2</sup>, A. A. Watrelot<sup>3</sup> y J. A. Kennedy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>: *Œnologie by MLM, 25 rue Aurel Chazeau, 33160 Saint-Médard-en-Jalles, Francia, marielaurebadet@gmail.com*

<sup>2</sup>: *Grupo Vicard, 184 rue Haute de Cronin, 16100 Cognac, Francia.*

<sup>3</sup>: *Department of Viticulture & Enology, California State University, Fresno, California, USA.*

Recibido 11 de enero de 2016 / Aceptado 11 de febrero de 2016 / Publicado 1 de mayo de 2016

## RESUMEN

Los numerosos estudios dedicados a la variabilidad de la composición del roble demuestran la necesidad de reforzar los criterios de selección. Entre los compuestos de madera transferidos a los vinos, los elagitaninos desempeñan un papel esencial. Se estudió la influencia de este criterio asociado a un proceso exclusivo de tostado, por radiación y escalonado.

La medida por espectrometría de infrarrojo cercano (NIRS) del potencial tánico (PT) de la madera antes del tostado, confirma la importante variabilidad de contenido en elagitaninos del roble de tonelería, independientemente del origen geográfico. La correlación con el tipo de grano sólo es parcial.

La utilización de este parámetro de clasificación permitió realizar barricas de PT homogéneo. Con un perfil de tostado estrictamente idéntico (+/- 3°C), el análisis sensorial pone de relieve unas diferencias estadísticas significativas entre los distintos PT (bajo, medio, alto). El análisis descriptivo de los vinos se correlaciona con el análisis químico. La percepción tánica, correlacionada con un índice de reactividad de las proteínas salivales va aumentando con el PT. Este último, influye igualmente en el perfil aromático de los vinos. El contenido de aldehídos furánicos va aumentando con la carga tánica de la madera mientras disminuye el contenido de whisky lactonas. Los vinos criados en madera de PT bajo aparecen sistemáticamente más afrutados. Por tanto, la variación del contenido de elagitaninos podría reflejar otras variaciones constitutivas de la madera, como su contenido en lactonas, ligninas y hemicelulosas.

Se estudió también la influencia de este criterio sobre la calidad de los vinos tintos con el análisis de los taninos condensados al final de la crianza. El nivel de taninos condensados medido por floroglucinolisis va aumentando con el PT lo que sugiere que los taninos de la uva

envejecen más lentamente en barricas de carga tánica más alta.

## PALABRAS CLAVE

Elagitaninos, NIRS, tostado molecular, roble, compuestos aromáticos, taninos condensados. Elagitaninos, NIRS, tostado molecular, roble, compuestos aromáticos, taninos condensados.

## ABSTRACT

Numerous studies on the variability of composition of oak wood for coopering highlight the need to strengthen selection criteria. Among the wood compounds influencing wines, ellagitannins are essential. A study has been conducted on the influence of this criterion paired with Group Vicard's patented gradual toasting process using radiation.

NIRS measurement of the tannin potential (TP) of untoasted wood confirms the variability of ellagitannins levels in cooperage oak, unrelated to its geographical origin. The correlation with the grain size is only partial. Barrels with a homogeneous TP have been made using this parameter, so as to study its influence during aging. With strictly identical toasting profile (+/-3°C), sensory analysis shows statistically significant differences between different classes of TP (low, medium, high). The descriptive analysis of wines is correlated with their chemical analysis. Tannin perception, correlated with a reactivity index of salivary proteins, increases accordingly to TP. This also affects the aromatic profile of the wine. Furanic aldehydes levels increase with the tannin level of wood while whisky lactones levels decrease. Wines aged in low TP barrels are judged fruitier. Differences in ellagitannins levels could therefore reflect other variations in wood composition, such that its level in lactones, lignin and hemicellulose.

The influence of TP on red wine quality has also been investigated through the analysis of grape-based tannins after ageing under barrels of homogenous TP with two levels of gradual toasting. Condensed tannin concentration measured by phloroglucinolysis increases accordingly to TP suggesting that the grape-based tannins are ageing more slowly in the high phenolic barrels.

#### KEY WORDS

Ellagitannins, NIRS, molecular toasting, oak wood, aromatic compounds, condensed tannin.

#### INTRODUCCIÓN

Una parte integrante de la identidad de un vino, es que las barricas de roble deben respetar la expresión del *terroires* decir poner de relieve el potencial de la uva. Por eso, la elección de las barricas es de capital importancia para los profesionales, los cuales tienen que disponer de barricas de calidad conocida, homogénea y reproducible. Esto supone el control del contenido de compuestos extraíbles de la madera.

Desde hace treinta años, las numerosas investigaciones dedicadas al estudio de las moléculas responsables de los matices aromáticos y sabores conferidos por la madera al vino han permitido identificar cierto número de compuestos de impacto tanto a nivel aromático (16,21) como gustativo (7,9,12,14). Los contenidos encontrados en los vinos al final de la crianza varían según numerosos parámetros, entre los cuales, la materia prima y el tostado, desempeñan un papel preponderante.

En cuanto a la materia prima, la importante variabilidad de composición química del roble está demostrada, tanto a nivel interindividual (5,6,12,15,19) como en un mismo árbol (10,12,13). Ahora bien, cierto es que los criterios de selección tradicionalmente aplicados por la tonelería, tales como, la anchura de los anillos de crecimiento (grano) y el tipo de gestión silvícola permiten cierto control de la calidad de las barricas, pero no indican por sí solos la homogeneidad en la composición química del roble.

Por ello, conviene analizar químicamente la composición de cada duela que compone una barrica. Recientes estudios fundamentados en la clasificación del roble de tonelería según su contenido de elagitaninos, confirmaron la importante variabilidad del contenido de estos compuestos tanto a nivel interindividual como en función de la posición de la pieza de madera en el árbol, por una parte; y la influencia de esta clasificación sobre la variación de las características organolépticas de los vinos, por otra (12). A esta variabilidad natural del roble vienen a añadirse las profundas modificaciones de la composición química generadas por el tostado. Cabe

recordar que, la termodegradación de las macromoléculas de la madera genera la formación de numerosos compuestos aromáticos, mientras que se degradan los elagitaninos de manera variable según los parámetros de tostado. Según el perfil térmico aplicado, resulta posible modular el impacto aromático y estructural de las barricas. Sin embargo, dada la ausencia de normas comunes al conjunto de los toneleros, resulta a veces difícil para los profesionales vincular un tostado con un perfil organoléptico específico. Además, es evidente que sin un perfecto control del tostado, a nivel de precisión y reproducibilidad, no tiene mucho sentido el trabajo de selección realizado preliminarmente.

En 2009, el grupo Vicard desarrolló una herramienta de tostado especialmente innovadora, cuya originalidad se basa en la culminación de un tostado por radiación, íntegramente automatizado.

En 2010, la filial de investigación del grupo Vicard inició un programa de investigación y de desarrollo en aras de reforzar los criterios de selección de la tonelería. Estas investigaciones, basadas en el análisis del nivel de elagitaninos de cada duela que compone una barrica, determinaron, a partir de 2013, el desarrollo de una gama específica, comercializada bajo la marca VICARD GENERATION 7. Se proponen tres clases de potencial tánico (PT) que corresponden a distintos niveles de contenidos de elagitaninos de madera no tostada (valores expresados en  $\mu\text{g}$  de equivalente ácido elágico/g de madera seca): PT bajo < 4000 (PTB); PT medio de 4000 a 6000 (PTM); PT alto > 6000 (PTA).

En el presente artículo, después de haber detallado la metodología de selección de la madera según su potencial tánico, así como el dispositivo de tostado, presentamos los primeros resultados obtenidos con estas herramientas innovadoras y su impacto sobre la calidad de los vinos.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

##### *Origen de las maderas*

Las maderas proceden exclusivamente de la fábrica de duelas del grupo Vicard. Se obtienen en el parque después de 30 meses de secado natural. La calibración NIRS del contenido de elagitaninos se realizó a partir de un amplio muestrario de duelas (120 muestras procedentes de 27 lotes distintos) seleccionadas específicamente para disponer de una gran variabilidad de origen (bosques franceses y de países limítrofes) y de tipos de grano.

##### *Metodología de clasificación de roble según PT*

Para la medición on line del nivel de elagitaninos de la madera, elegimos la espectrometría de infrarrojo cerca-

*El potencial tánico del roble y el método de tostado molecular, factor determinante del perfil sensorial de los vinos*

Origen de los vinos	Cosecha	Variedad	Tostado <sup>1</sup>	PTB	PTM	PTA	IPT <sup>2</sup>
<b>Influencia del PT</b>							
Bodega A Toscane	2013	Sangiovese (SGV)	G 180	X		X	57 / 61
	2012			X	X	53 / 56	
Bodega B Saint-Emilion	2014	Merlot (M)	G150	X	X	X	84 / 83 / 86
Bodega C Napa	2013	Cabernet sauvignon (CS)	G180	X	X	X	70/75 /78
<b>Influencia del tostado</b>							
Bodega C Sonoma county	2013	Cabernet sauvignon (CS)	G 160 / G170	X			58 / 59

Tostado<sup>1</sup> : G = tostado gradual  
 IPT<sup>2</sup>: Índice de Polyphenoles totales

Tabla 1. Origen de los vinos y modalidades de ensayo (dos barricas para cada modalidad).

no, NIRS (analyzer Brimrose (USA) utilizando un sistema de detección por cristal AOTF, (Acousto-Optic Tunable Filter). Después del mecanizado y antes del tostado, las duelas se dividieron en dos partes, destinándose, la primera a las mediciones espectrales y la segunda al análisis de los elagitaninos totales por dosificación del ácido elágico en HPLC-DAD, tras extracción e hidrólisis en medio ácido, según un método interno propio al laboratorio LEC (Cognac, Francia). La calibración se realizó a partir de una regresión PLS tras la selección de las zonas espectrales más discriminantes. El coeficiente de correlación entre medición espectral y dosificación HPLC de los elagitaninos totales (0,89) atestigua la calidad del modelo utilizado.

**Metodología de tostado de la madera, noción de cocción molecular (véase foto)**

El proceso de tostado desarrollado por el grupo Vicard difiere radicalmente de los procesos generalmente aplicados por la tonelería. Cabe indicar primero que el tostado está precedido de una doma con vapor (proceso automatizado de 4 minutos a 105°C) que permite obtener una barrica blanca y neutra. El tostado, dirigido por computadora, se realiza mediante radiación. La temperatura se controla con una sonda infrarroja situada sobre la superficie interna de la barrica. Este dispositivo

garantiza una precisión de tostado de +/- 3°C adquiriendo aquí toda su dimensión, controlando los factores de variabilidad de la calidad y de las maderas, y continuando el trabajo de selección realizado previamente. Efectivamente, al ser variable la termodegradación de los elagitaninos, en función de la duración y de la temperatura (3,6), resulta necesario adaptar el tostado a cada nivel de potencial tánico. Más allá de estos aspectos, esta tecnología permitió desarrollar perfiles de tostado innovadores. Uno de ellos, el tostado gradual, se basa en el aumento de la temperatura en fases sucesivas de 10°C cada 20 minutos. El objetivo de semejante perfil térmico consiste en controlar las temperaturas de formación, desarrollo y degradación de los diferentes compuestos de la madera. Todas las barricas implementadas en este estudio se sometieron a un tostado gradual (G).

**Origen de los vinos de ensayos**

El dispositivo experimental del estudio se presenta en la [tabla 1](#).

**Análisis sensorial**

Los análisis sensoriales se realizaron a ciegas con un conjunto internacional de catadores experimentados(17 para el Cabernet Sauvignon y 10 para el Merlot, proce-

Marie-Laure Badet-Murat, Jean-Charles Vicard, A. A. Watrelot y J. A. Kennedy

dentes de la Escuela Nacional Superior de Ciencias Agronómicas de Burdeos (BSA, Bordeaux Sciences Agro). Para cada serie de vino se realizó el análisis sensorial en dos etapas: prueba triangular, seguida por un análisis descriptivo con notación sobre una escala de 0 a 5 de los criterios relacionados con la percepción del roble en el vino y la armonía madera-vino.

Los resultados obtenidos se sometieron a pruebas estadísticas: prueba del  $X^2$  en cuanto a la prueba triangular, y ANOVA de dos factores sin repetición en cuanto al análisis descriptivo. En ésta última prueba, se plasman las diferencias significativas al 5% en los gráficos mediante \*\*.

#### **Análisis químicos de los vinos**

##### **Índice de proteínas salivares (SPI)**

El impacto estructurante fue evaluado mediante la

medición de un índice de las proteínas salivares (SPI) (17,18). Basado en el análisis por electroforesis de los residuos de proteínas, después de su interacción con el vino, este índice expresa el porcentaje de disminución de las proteínas salivares con relación al testigo (saliva).

##### **Análisis de los compuestos aromáticos del roble**

La medición de los compuestos aromáticos liberados por el roble fue realizada por SBSE/GC/MS y LC/MS (métodos internos, Laboratorio Sarco, Burdeos, Francia).

##### **Análisis de los taninos condensados**

La medición de los taninos condensados de la uva fue realizada por floroglucinolisis después de una etapa de extracción en fase sólida (8). Este método permite la medición y caracterización del contenido en taninos de la uva.



  
 Tonnellerie  
**Quintessence**  
 Bordeaux

Situada junto a Saint Emilion, en las afueras de Burdeos, Tonnellerie Quintessence es una creativa tonelería francesa que aúna el tradicional “savoir faire” francés y la última tecnología. Partiendo de nuestros cinco aserraderos en Francia y Estados Unidos, y seleccionando en ellos la mejor madera de roble, les ofrecemos el resultado de nuestro trabajo.

¿Qué hace diferente a las barricas Quintessence?

La respuesta es el  
**VINO** SIEMPRE,  
 el vino

**TONNELLERIE QUINTESSENCE España**  
 Martín Arieta | Tel: 941 34 11 25 | Móvil: 650 41 02 99  
 martin@tonnelleriequintessence.com | [www.tonnelleriequintessence.fr](http://www.tonnelleriequintessence.fr)

*El potencial tánico del roble y el método de tostado molecular, factor determinante del perfil sensorial de los vinos*

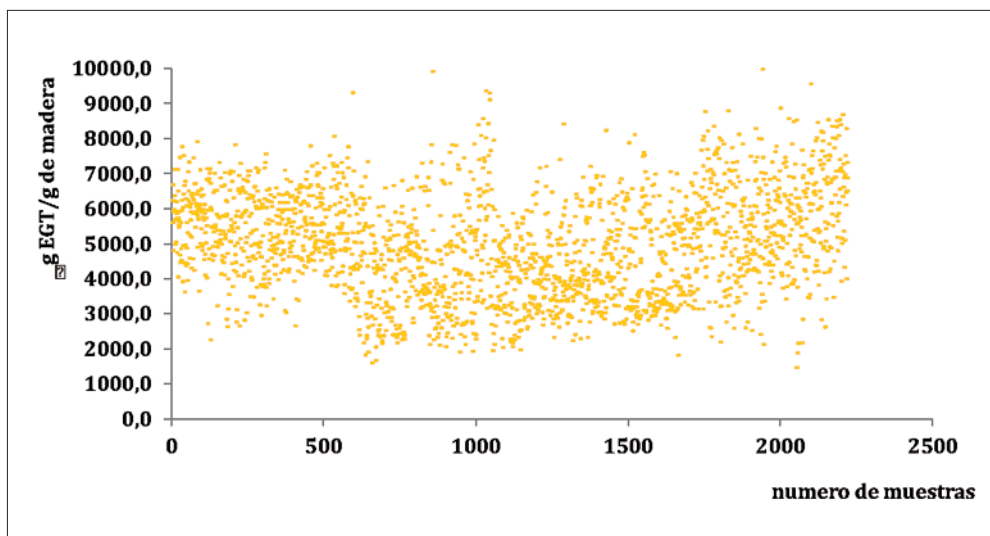


Figura 1. Variabilidad del contenido en elagitaninos (EGT) del roble de tonelería.

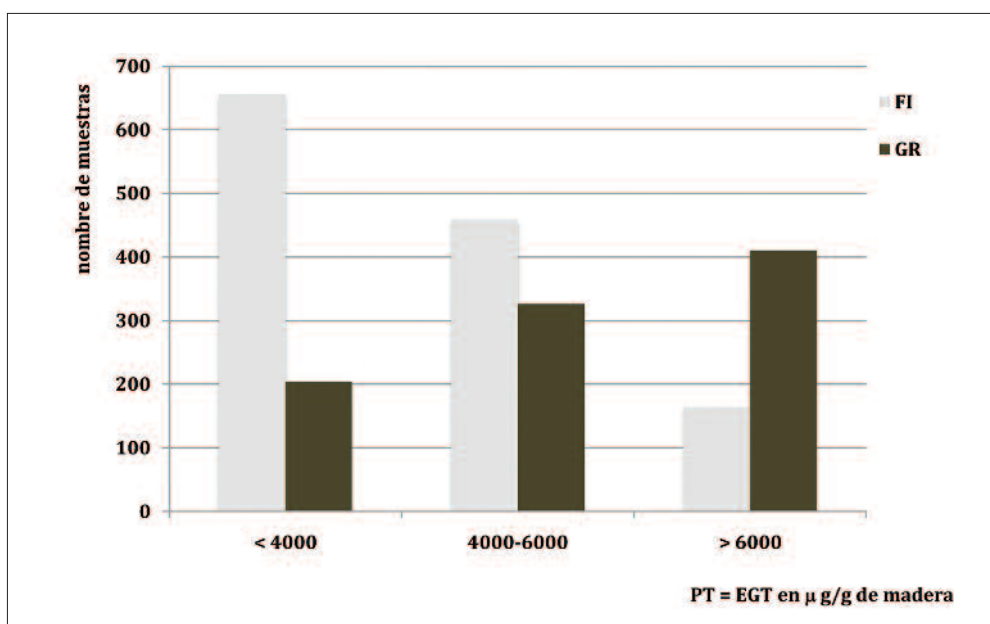


Figura 2. Distribución del contenido en elagitaninos por tipo de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Variabilidad de contenidos en elagitaninos de la madera*

Como se presenta en la [figura 1](#) y conforme a recientes estudios (12), la medición del PT, sobre un muestrario de más de 2000 duelas de varios orígenes, así como varios tipos de grano, confirma la importante variabilidad de concentraciones en elagitaninos de la madera.

### *Relación entre PT y tipo de grano*

La relación entre el PT y el grano se examinó para dos

tamaños de grano: anchura de los anillos de crecimiento entre 1,5 y 2 mm (FI) y superior a 3 mm (GR). De conformidad con los datos de la literatura, el contenido de elagitaninos aumenta con el tamaño de grano. Sin embargo, esta correlación aparece parcialmente. Como muestra la [figura 2](#), de las maderas de grano fino, el 24% presentan contenidos bastante altos de elagitaninos y, al contrario, de las maderas de grano más grueso, el 28% presentan contenidos bajos. En otros términos, el tamaño del grano permite garantizar cierta homogeneidad de la carga tánica de las barricas, pero subsiste cierta variabilidad.



Marie-Laure Badet-Murat, Jean-Charles Vicard, A. A. Watrelot y J. A. Kennedy

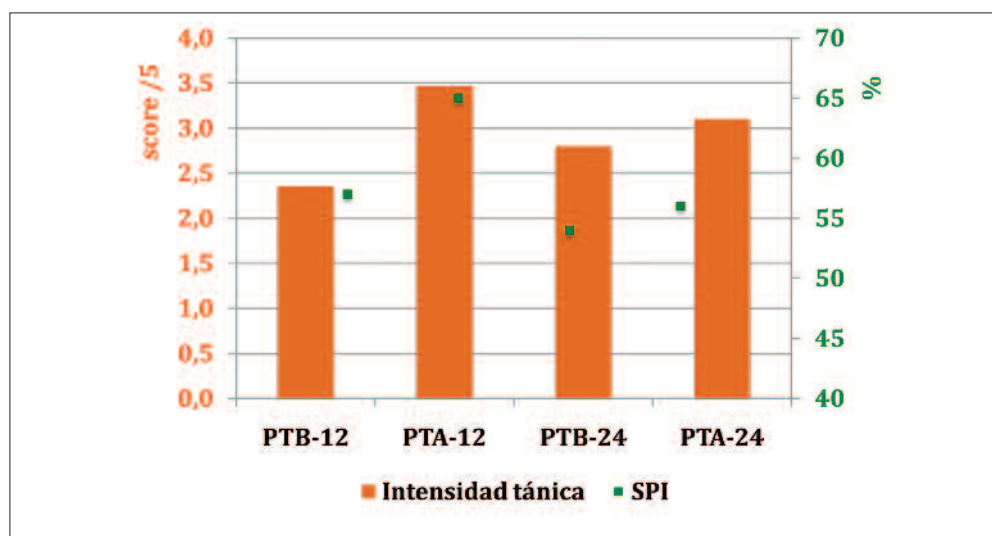


Figura 3. Variabilidad de la intensidad tánica y del SPI según el PT, a dos tiempos de crianza. (SGV, Bodega A, 12 y 24 meses, mismo tostado (G180), dos niveles de PT).

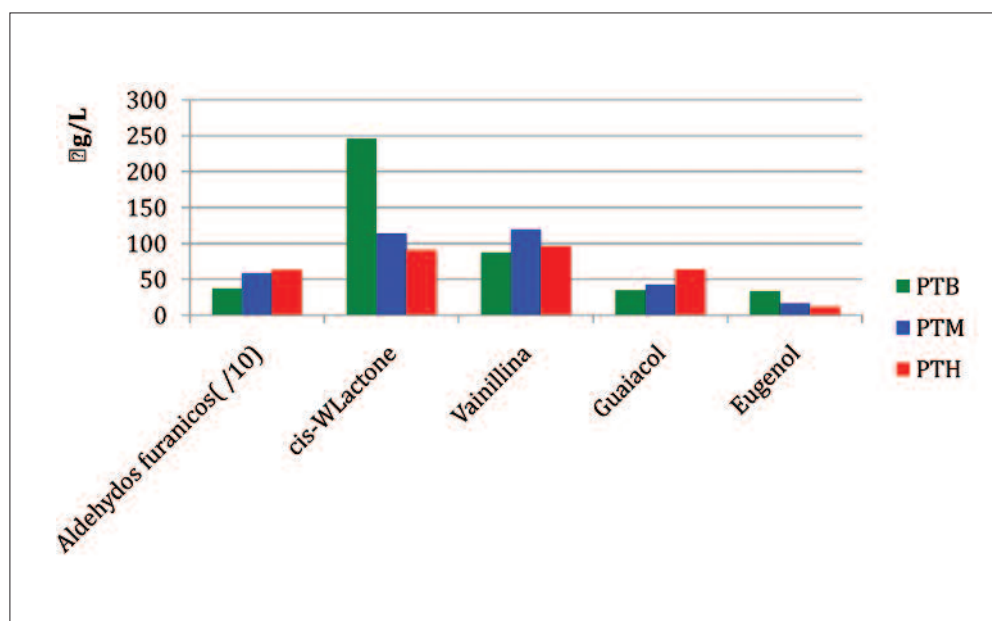


Figura 4. Impacto del PT sobre el contenido en compuestos aromáticos del roble en los vinos al final de la crianza. (Merlot 2014, Bodega B, 12 meses de crianza, mismo tostado (G150), tres niveles de PT)

#### Diferenciación de los vinos: prueba triangular

Para el Sangiovese 2012 después de 24 meses de crianza (Bodega A), la prueba triangular discrimina claramente los dos vinos con 95 % de confianza. Para el Merlot 2014 después de 12 meses de crianza (Bodega B), hicimos dos pruebas triangulares: PTM/PTB y PTM/PTA. La prueba discrimina claramente las muestras con diferencias más importantes entre el PTM/PTA (99,9 % de confianza) en comparación al test PTM/PTB (99 % de confianza). El PT de la madera tiene pues, un impacto determinante sobre la calidad final de los vinos.

#### Impacto en boca

Para el Sangiovese (Bodega A), después de 12 meses de crianza, la intensidad de percepción tánica se correlaciona con el índice de proteínas salivares (SPI) y va aumentando con el PT. Para una crianza más larga, no se puso de relieve ninguna diferencia significativa (figura 3).

A la luz de estos resultados y conforme a recientes estudios (12), existen claros indicios de que la crianza en madera de PTA conllevó, después de 12 meses de crianza, un enriquecimiento del vino en elagitaninos más

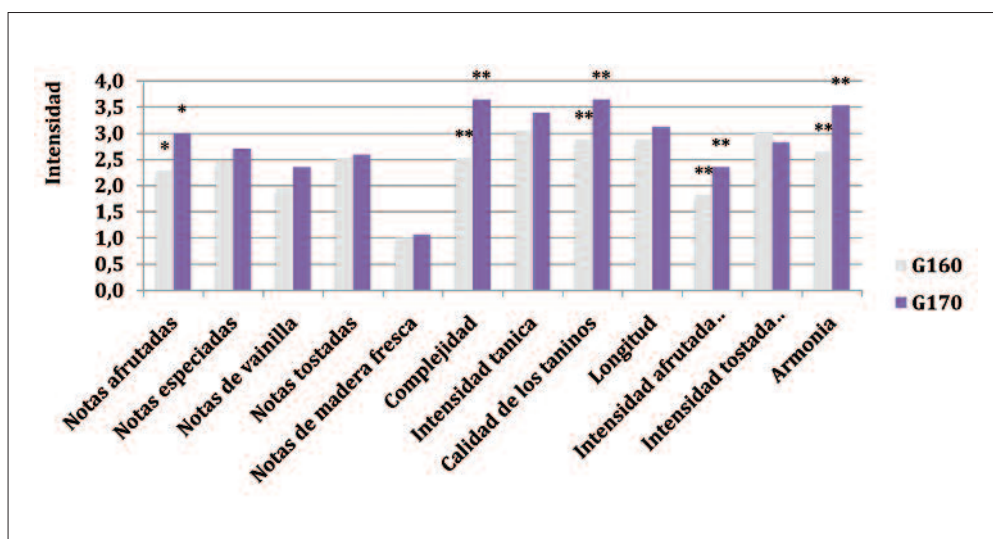


Figura 5. Impacto de la crianza en barricas de nivel de tostado distinto a nivel de PT idéntico. (CS 2013, Bodega D, 12 meses de crianza, mismo PT (PTB), dos niveles de tostado (G160/G170)

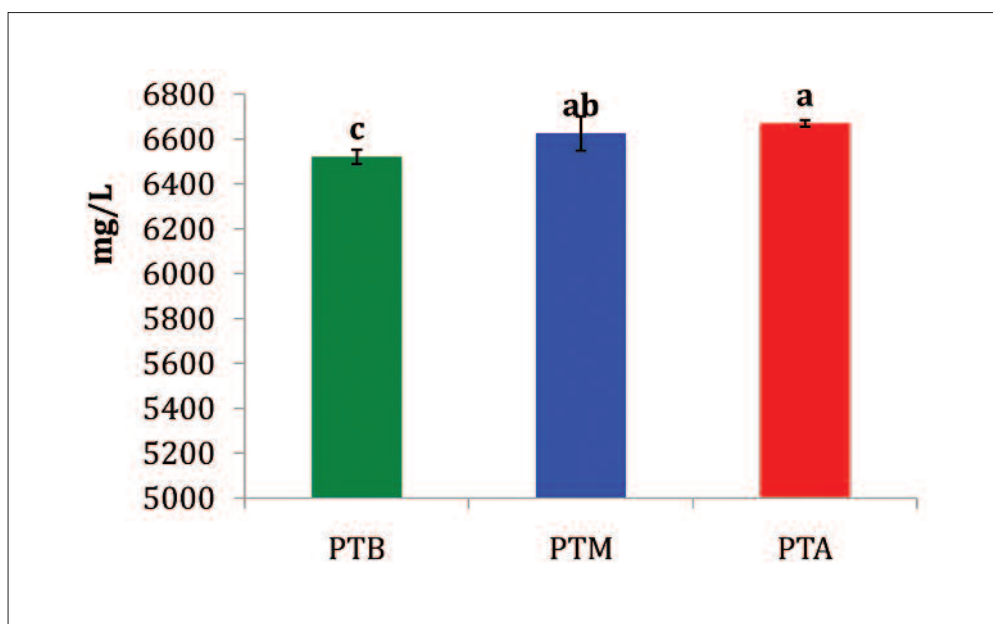


Figura 6. Impacto del PT sobre el contenido en taninos condensados de los vinos al final de la crianza. (CS 2013, Bodega C, 21 meses de crianza, mismo tostado (G180), tres niveles de PT)

importante que el PTB. Después de esta primera fase de extracción de los elagitaninos, se observa generalmente una fase de decrecimiento de su contenido en los vinos por motivo de su reactividad con el oxígeno, así como con diversos compuestos originales del vino. Será ésta, probablemente, la causa de una ausencia de diferencia significativa en cuanto al criterio de intensidad tánica entre PT bajo y alto observado en nuestros ensayos después de 24 meses de crianza.

#### **Impacto aromático**

Más allá de su impacto sobre la estructura de los vinos, la selección de la madera según su PT deja aparecer un efecto significativo a nivel aromático. Para el Merlot 2014, el análisis sensorial discrimina claramente los vinos según tres criterios: notas afrutadas, especiadas y de vainilla. Las notas afrutadas así como especiadas van aumentando con el PT, mientras que la modalidad PTM tiene la más alta intensidad de notas de

vainilla. El análisis químico permite aportar una interpretación molecular a estas diferencias sensoriales (figura 4). En conformidad a recientes estudios (12), los contenidos de aldehídos furánicos de los vinos, originalmente compuestos de notas tostadas, aumentan con el PT de la madera. En cuanto a las whisky lactonas, una crianza en madera con PT más bajo confiere un vino más rico. Las diferencias de percepción afrutada entre ambas categorías de PT podrían también explicarse por su respectiva composición química. De hecho, una mayor riqueza de aldehídos furánicos disminuye el carácter afrutado de los vinos (16) mientras que las whisky lactonas contribuyen a la percepción afrutada (1,2,4).

La carga tánica de la madera parece pues, ser un factor discriminante del contenido de compuestos extraíbles. Como se podía presagiar, por el grado de tostado estrictamente idéntico, las maderas con PT más alto son más estructurantes. El efecto observado a nivel aromático sorprende más aún ya que, en estos ensayos, la reproducibilidad y la homogeneidad del tostado, resultan perfectamente realizadas. La mayor riqueza en compuestos responsables de las notas tostadas (aldehídos furánicos) y vainilladas conferidas por las maderas con PTA, asociada a sus contenidos menores de whisky lactonas, tiende a demostrar que las variaciones de la riqueza de elagitaninos podrían reflejar otras variaciones constitutivas de la madera como su composición en lactonas, ligninas y hemicelulosas, siendo ambos últimos compuestos precursores de aromas por degradación térmica.

#### **Impacto de la crianza en madera con tostado distinto y nivel de PT idéntico**

Para el Cabernet sauvignon después de 12 meses de crianza (Bodega D), la prueba triangular discrimina claramente los dos vinos con 95 % de confianza. El análisis sensorial discrimina claramente los dos vinos. Con una carga tánica equivalente, la modalidad G170 aparece significativamente más afrutada y más compleja; en boca, presenta una mejor calidad tánica así como un aspecto más armonioso (figura 5). Cabe recordar que 10°C solamente separan las dos modalidades... A la luz de estos primeros resultados, se concibe la necesidad de un control perfecto del tostado en aras de proponer barricas de precisión.

#### **Impacto sobre los taninos condensados**

Para el Cabernet sauvignon 2013 después de 21 meses de crianza (Bodega C), el contenido en elagitaninos

aumenta con el PT (figura 6). Si se supone que los elagitaninos del roble reaccionan con el oxígeno cuando se transmiten al vino, eso podría explicar estos resultados. Según esta hipótesis, los taninos de la uva envejecen más lentamente en barricas de PT alto, así como barricas con un tostado menos intenso.

#### **CONCLUSIÓN**

La fuerte heterogeneidad de la composición del roble, asociada a la ausencia de estándares de tostado, puede llevar a resultados cualitativos muy variables al finalizar la crianza. Hasta tal punto que el control de esta variabilidad representa un reto de primera importancia para los toneleros. La originalidad de nuestro trabajo reside en la combinación de una metodología de selección fiable, fundada sobre el análisis de la carga tánica de la madera, y de una herramienta de tostado precisa, reproducible y respetuosa del roble. Cabe recordar aquí que el dispositivo de tostado implementado es único en el mundo de la tonelería.

El interés enológico de la racionalización de la selección según el PT combinado con un proceso de tostado perfectamente controlado se demuestra tanto por los resultados de análisis sensorial como por los análisis químicos. Las modificaciones del contenido de los vinos en taninos condensados sugieren que los elagitaninos del roble actúan como una barrera eficiente frente a la oxidación. De hecho, para una crianza de precisión, se debe elegir una combinación PT / tostado, adaptada al tipo de vino y objetivo de crianza.

Más allá de estos aspectos puramente enológicos, apostamos por esta racionalización de la selección de la madera que contribuirá, en los próximos años, a una mejor valorización de los recursos forestales que, recordemos, no son ilimitados...

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Atanasova, B., T. Thomas-Danguin and D. Langlois. 2004 "Perceptual interactions between fruity and woody notes of wine." *Flavour Fragrance J.*, 19, 476–482.
2. Atanasova, B., T. Thomas-Danguin and D. Langlois. 2005 "Perception of wine fruity and woody notes: influence of peri-threshold odorants." *Food Quality & Preference*, 16, 504–510.
3. Cadahia E., Varea S., Munoz L., Fernandez de Simon B., and Garcia-Vallejo M.C. 2001. Evolution of Ellagitanins in Spanish, French, and American Oak Woods during Natural Seasoning and Toasting. *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 3677-3684.



4. Chaput, M.A., F. Mountassir and B. Atanasova. 2012 "Interactions of odorants with olfactory receptors and receptor neurons match the perceptual dynamics observed for woody and fruity odorant mixtures." *European J. of Neuroscience*. Vol. 35, 584-597.
5. Doussot, F., F. Pardon and J. Dedier. 2000 "Individual, species and geographic origin influence on cooperage oak extractable content (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl.)" *Analisis*, 28, 960-965.
6. Doussot, F., B. De Jeso and S. Quideau. 2002 "Extractives content in cooperage oak wood during natural seasoning and toasting; influence of tree species, geographic location and single-tree effects." *J. Ag. Food Chem.* 50, 5955-5961.
7. Glasbania A. and Hofman T. 2010. Structure and sensory activity of mouth-coating taste compounds formed by ellagitannin transformation during oak wood toasting used in barrel manufacturing. In *Expression of Multidisciplinary Flavour Science* (I.Blank, M. Wüst, C. Yeret-zian);, Switzerland, pp. 280-283.
8. Kennedy, J. A.; Jones, G. P., 2001, "Analysis of proanthocyanidin cleavage products following acid-catalysis in the presence of excess phloroglucinol", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1740-1746.
9. Marchal A., 2010. Recherches sur les bases moléculaires de la saveur sucrée des vins secs- Approches analytique et sensorielle. *Thèse de Doctorat de l'Université de Bordeaux 2*.
10. Masson, G., M. Moutounet and JL Puech. 1995 "Ellagitannin content of oak wood as a function of species and sampling position in the tree." *Am. J. Enol. Vit.* 46: 2, 262-268.
11. Masson, G., J.-L. Puech and M. Moutounet. 1996 "Composition chimique du bois de chêne de tonnelle-rie." *Bulletin O.I.V.*, 69, 634-657.
12. Michel, J. 2012 "Classification et influences des polyphénols du bois de chêne sur les qualités sensorielles des vins (Application du procédé Oakscan)." *Thèse de doctorat*, Bordeaux, Université Bordeaux II.
13. Mosedale, J.R., B. Charrier and N. Crouch. 1996 "Variation in the composition and content of ellagitannins in the heartwood of European oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). A comparison of two French forests and variation with heartwood age." *Annals of Forest. Science*, 53, 1005-1018.
14. Mosedale J.R., Puech J.L. Feuillat F. 1999. The influence on wine flavour of the oak species and natural variation of heartwood components. *American Journal of Enology and Viticulture*. 50-4 : 503-512.
15. Prida, A., J.-C. Boulet and A. Ducouso. 2006 "Effect of species and ecological conditions on ellagitannin content in oak wood from an even-aged and mixed stand of *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl." *Annals of Forest Sciences*, 63, 415-524.
16. Prida, A. and P. Chatonnet. 2010 "Impact of oak-derived compounds on the olfactory perception of barrel-aged wines." *Am. J. Enol. Vit.* 61: 3, 408-413.
17. Rinaldi, A., A. Gambuti and V. Moine-Ledoux. 2010 "Evaluation of the astringency of commercial tannins by means of the SDS-PAGE-based method." *Food Chem.* 122 (4), 951-956.
18. Rinaldi, A., N. Iturmendi, A. Gambuti, M. Jourdes, P.L. Teissedre and L. Moio. 2014 "Chip electrophoresis as a novel approach to measure the polyphenols reactivity toward human saliva." *Electrophoresis*, 35, 1735-1741.
19. Snackers, G., G. Nepveu and E. Guilley. 2000 "Variabilités géographique, sylvicole et individuelle de la teneur en extractibles de chênes sessiles français (*Quercus petraea* Liebl.): polyphénols, octalactones et phénols voaltils." *Annals of Forest Sciences*, 57, 251-260.
20. Spillman, P.J., M.A. Sefton, and R. Gawel. 2004. The contribution of volatile compounds derived during oak barrel maturation to the aroma of Chardonnay and Cabernet Sauvignon wine. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10:227-235

vive enólogos en la red  
con tu smartphone

