

# CORRECCIÓN DEL CARÁCTER REDUCIDO DEL VINO MEDIANTE UN NUEVO TRATAMIENTO LLAMADO REDULESS®

Antonio Palacios\*<sup>y</sup><sup>\*\*\*</sup>; Carlos Suárez<sup>\*\*\*</sup>, Pepe Heras<sup>\*\*\*</sup>; Jorge Castillo<sup>\*\*</sup>, Miguel Camacho<sup>\*\*</sup>, Raúl Herreros<sup>\*\*</sup>, Leticia Velasco<sup>\*\*</sup> y Silvana Romero<sup>\*\*</sup>; \*Universidad de la Rioja y \*\*Lallemand Bio; <sup>\*\*\*</sup>Lallemand Península Ibérica: Ctra. Logroño-Vitoria, N°14, 26360 Fuenmayor, La Rioja. España.  
[apalacios@lallemand.com](mailto:apalacios@lallemand.com)

## 1- INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas organolépticos más frecuentes en los vinos de calidad es la presencia de compuestos azufrados y los defectos de reducción que estos conllevan, por lo que es necesario encontrar formas preventivas y curativas para evitar su presencia. Estos problemas provocan pérdidas de calidad inasumibles en un sector en el cual debe primar la calidad de forma prioritaria para poder ser competitivos.

Los trabajos de investigación y estudios sobre estos compuestos y los defectos que provocan, deben ayudarnos a comprender su génesis y evolución, para poder influir y controlar su formación. El principal concepto que debemos conocer y manejar para evitar que los compuestos azufrados causen defectos organolépticos de reducción en los vinos, es el potencial de oxidorreducción.

Los tratamientos actuales para la eliminación de estos defectos del vino son escasos y muy agresivos para su calidad e incluso estabilidad química, por lo que están muy legislados y controlados. Existe un nuevo tratamiento aparecido recientemente que ha sido desarrollado por Lallemand y que está basado en la aplicación de fracciones de levaduras inactivas específicas con un sistema natural de fijación de cobre. De esta forma, el cobre en el vino, debido al pH, se encuentra con una sola valencia libre, que es la que reacciona con los grupos azufrados de los compuestos en cuestión, pudiendo ser eliminados por precipitación. Es un sistema mucho menos agresivo para la integridad cualitativa del vino.

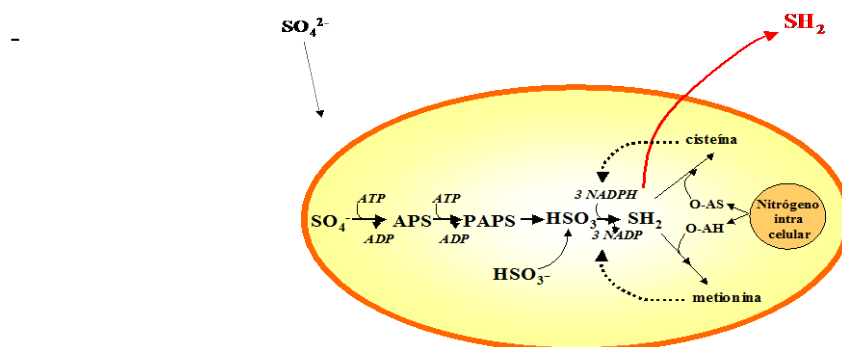
Ciertos compuestos azufrados (en particular aquellos que poseen la función tiol) participan positivamente en el aroma varietal en vinos de ciertas variedades de *Vitis vinifera*, como el Sauvignon blanc. Pero más generalmente, los derivados azufrados se caracterizan por provocar olores nauseabundos y por tener umbrales de detección extremadamente bajos. Son conocidos bajo el nombre de mercaptanos y sulfuros.

Como hemos podido ver, la reducción en los vinos radica esencialmente en la formación de contenidos anormalmente elevados de algunas moléculas azufradas malolientes. Los principales son el SH<sub>2</sub>, metanotiol y etanotiol, curiosamente junto con sus productos de oxidación, los disulfuros, que causan paradójicamente los problemas más graves de aromas de reducción, pese a ser en último término compuestos que provienen de una oxidación química por contacto prolongado del vino con el aire o aplicación excesiva de oxígeno.

El principal origen de estos compuestos azufrados es la producción de SH<sub>2</sub> durante la fermentación alcohólica. Este compuesto es inevitablemente producido por la levadura de forma muy relacionada con el metabolismo proteico durante la fermentación alcohólica. Pero existen dos vías bien establecidas para el origen de estos compuestos, una enzimática

(sulfato reductasa) y otra química, como el azufre elemental proveniente de los tratamientos de la viña, que puede llevar a la formación de SH<sub>2</sub>

Figura 2. Metabolismo de la cisteína por *S. cerevisiae* y formación de SH<sub>2</sub>.



La producción de concentraciones anormalmente elevadas de SH<sub>2</sub> puede sobrevenir sobre todo durante la fermentación alcohólica de mostos con carencias en nitrógeno asimilable, como suelen ser los mostos de zonas cálidas. El metabolismo de la cisteína por parte de *S. cerevisiae* es el que tiene como subproducto la formación de SH<sub>2</sub>, que será posteriormente excretado al medio, ver figura 2. La adición de nutrientes nitrogenados para prevenir la formación de SH<sub>2</sub> se practica corrientemente en los mostos provenientes de regiones cálidas. En efecto, en presencia de una fuente de nitrógeno fácilmente asimilable, la levadura no libera más SH<sub>2</sub> a partir de los aminoácidos azufrados.

No podemos olvidar entonces, que los disulfuros principales causantes de los problemas más graves de reducción, provienen en último término, de una reacción química. De hecho, uno de los principales responsables de los defectos olfativos es el producto de oxidación del metanotiol, que se oxidará más o menos rápido en dimetildisulfuro (DMDS), en función del potencial redox del vino.

Por último, en el almacenamiento de los vinos, hay que tener en cuenta la presencia eventual de productos azufrados de origen térmico. Esto ocurre en el caso de vinos blancos que sufren una disminución del potencial redox por iluminación y fotoreducción de ciertos precursores, originándose compuestos azufrados como la acroleína.

El contenido en oxígeno del vino tiene un efecto muy importante, el oxígeno es consumido permanentemente por las reacciones de oxidación. Por lo tanto, es posible medir el oxígeno disuelto de un vino y al mismo tiempo, su potencial de oxidorreducción. Conociendo esto, podremos predecir la formación y la evolución de los compuestos de reducción en los vinos y su potencial de envejecimiento y longevidad comercial, lo que es muy importante de cara a la mejora cualitativa en su ciclo comercial y actitud ante el consumo.

## 2-. PRÁCTICAS ENOLÓGICAS Y REDUCCIÓN EN EL VINO

El trabajo que se debe realizar para evitar estos defectos, empieza ya en el control de la materia prima, evitando el abuso del azufre en los tratamientos fitosanitarios y el abuso del abonado con potasio, que lleva a mostos y vinos con un pH más elevado y decidiendo el

momento óptimo de vendimia para evitar pH elevados y la degradación de los compuestos nitrogenados asimilables por la levadura.

En la bodega debemos ayudar a las levaduras para que realicen la fermentación alcohólica en las mejores condiciones ambientales posibles, evitando que recurra a rutas metabólicas de expresión de estrés. Para ello, el sulfitado de la vendimia debe ser el mínimo imprescindible y este debe ser acorde al pH. Se debe corregir la acidez de la vendimia cuando esté comprendida entre 4.6 y 5.4 g/L expresados en ácido tartárico, tener un control térmico de la fermentación y realizar una corrección nutricional en NFA en el mosto y gestionar el aporte de oxígeno.

Si a pesar de todo este trabajo realizado, aparecen defectos de reducción al final de la fermentación alcohólica, se torna imperativo el trasegado y la separación definitiva de las borras gruesas y finas, ya que estas en principio tienen carácter reductor y pueden tener actividades enzimáticas residuales (sulfito-reductasa), principalmente en el caso de levaduras que han sufrido carencias nutricionales.

Los tratamientos disponibles para la eliminación de compuestos azufrados actualmente son dos. La primera técnica curativa que se utiliza comúnmente en las es sencilla y lógica, consiste en aumentar el potencial de oxidorreducción con aireación mediante un trasiego del vino en contacto con el aire. Si es relativamente fácil eliminar el  $\text{SH}_2$ , debido a su volatilidad, mediante trasiego y aireación, es muy diferente tratándose del metanotiol, etanotiol y sobre todo metionol, pues estos compuestos son mucho más pesados y no tan volátiles.

Esta técnica solo será válida en el caso de defectos organolépticos de reducción producidos por el  $\text{SH}_2$ , que aporta aromas a huevo podrido entre otros. Si aparecen otros descriptores como ajo, cebolla, col cocida, judías verdes, trapo de cocina, etc., debidos a la presencia de mercaptanos y sulfuros, esta técnica no será suficiente, incluso puede resultar contraproducente, ya que puede inducir por oxidación a la formación de sulfuros y disulfuros, con olor muy desagradable y con umbrales de percepción muy bajos.

La única técnica curativa realmente efectiva cuando aparecen problemas de reducción serios, se basa en la aplicación de derivados de cobre. El cobre se añade al vino en forma de sulfato de cobre o citrato de cobre, el cual reacciona con el  $\text{SH}_2$  para dar sulfuro de cobre. El cobre añadido en forma de sulfato también reacciona con los mercaptanos, excepto en el caso de los disulfuros, por lo que los defectos pueden volver a aparecer si estos se hidrolizan en el tiempo, lo que es fácilmente posible en el periodo de maduración y comercialización del vino.

Este tratamiento suele ser efectivo y común en las bodegas, pero cuenta con varios inconvenientes. El más importante de ellos, es que deja muchos iones de cobre en disolución en el vino. El cobre reacciona rápidamente con los compuestos fenólicos, provocando modificaciones organolépticas en la textura de los taninos, además de sequedad y sensaciones metálicas y astringentes. El cobre también es un catalizador de procesos oxidativos, acortando la vida útil del producto. Su utilización está además regulada por la OIV, con una dosis máxima de 1 g/hL y siempre y cuando el vino no supere el límite legal de 1 mg/L.

Un exceso de cobre en el vino, sobre todo en el caso de vinos blancos, puede producir una quiebra cúprica si el contenido de cobre es superior a 0.7 g/L. La quiebra cúprica se basa en una foto-oxidación provocada por la luz en presencia de cobre y provoca la precipitación de compuestos pardo-rojizos totalmente inadmisibles en el caso de vinos blancos. Por otro lado, un exceso de cobre en un vino es muy difícil de eliminar posteriormente, siendo necesaria la utilización del ferrocianuro potásico, es decir, una clarificación azul, con los riesgos que esto implica.

Para corregir los defectos de reducción expuestos a lo largo de este trabajo, Lallemand propone un producto (Reduless<sup>®</sup>) basado en un componente fijador de cobre que ayuda a las fracciones de levadura inactiva a eliminarlo por precipitación cuando ha capturado los aromas provocados por la presencia de aromas azufrados. Las primeras pruebas de este producto a nivel mundial se realizaron en España y los resultados obtenidos se muestran a continuación.

### 3-. MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

Los tratamientos se realizaron siguiendo es esquema siguiente en todos los vinos.

#### **Modo de empleo en 3 pasos:**

- **Paso 1 (Adición del Reduless):** Hidratación en agua y homogeneización en el vino, después se produce la captura de los compuestos azufrados. Las dosis son para Reduless W de 15 g/hL y para Reduless R de 25 g/hL.

- **Paso 2 (Tiempo de contacto):** 1 o 2 semanas a decidir por cata. Mover 2 veces la primera semana y dejar en reposo para eliminar lías mediante trasiego la segunda. En esta fase, se produce la absorción de complejos por las fracciones de levadura y precipitación.

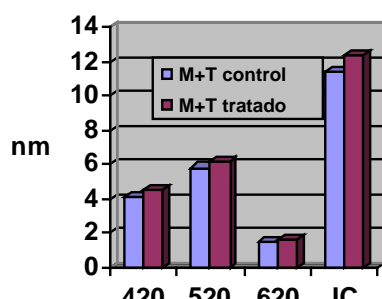
- **Paso 3 (Eliminación de aromas):** Filtración del vino (opcional) y eliminación de lías por trasiego.

#### **3.1-. Efecto sobre el color y parámetros químicos:**

El nuevo tratamiento para la eliminación de aromas reducidos se ensayó por primera vez a nivel mundial en España, más concretamente en una bodega de la D.O. Navarra. El tratamiento se llevó a cabo sobre dos vinos reducidos de una bodega acogida a dicha denominación. Uno de los vinos era mezcla de dos variedades, Merlot y Tempranillo de 2006 y el segundo un Tempranillo de maceración carbónica del mismo año. Los ensayos se realizaron sobre un volumen de 2.000 L en depósitos de acero inoxidable. Se mantuvo el tratamiento de los vinos con Reduless<sup>®</sup> R a dosis de 25 g/hL durante una semana de contacto. Lo primero que se observó después del tratamiento fue una mejora organoléptica obvia al desaparecer los aromas de reducción. Posteriormente se realizó un estudio del efecto sobre el color y los parámetros químicos para verificar la influencia del tratamiento sobre estos parámetros.

Como se puede observar en la figura 3, no existen grandes diferencias entre la Intensidad Colorante (IC) del vino antes y después del tratamiento.

*Figura 3. Impacto sobre el color a nivel de Intensidad Colorante del vino a la izquierda (Merlot-Tempranillo 2006 D.O. Navarra).*



Por otra parte, sería contraproducente que los parámetros químicos fundamentales del vino cambiaran de forma sustancial después del tratamiento, observándose que no hay diferencias, por lo que se puede afirmar que el tratamiento no produce cambios en las propiedades químicas del vino (ver tabla 1).

**Tabla 1:** Efecto sobre los análisis químicos básicos (Merlot-Tempranillo 2006 y Tempranillo maceración carbónica 2006 de la D.O. Navarra) después del tratamiento con Redules<sup>®</sup> R.

Datos analíticos	MT sin tratar	MT tratado	T sin tratar	T tratado
Grado alcohólico (%v/v)	13,83	13,84	12,87	12,87
Acidez Total Tartárica (g/L)	4,7	4,7	4,5	4,5
pH	3,95	3,95	3,79	3,79
Acidez volátil Acética (g/L)	0,53	0,51	0,38	0,38
Anhídrido sulfuroso libre (mg/L)	16	16	10	11
Azúcares reductores (g/L)	2	2,2	1,8	1,8
Acido málico (g/L)	0,1	0,1	0,1	0,1
Intensidad Colorante (A420+A520+A620)	11	11,16	4,75	4,77
Índice Polifenoles Totales (A280)	64	65	29	29

Sin embargo, si que preocupaba de manera especial lo que ocurría con la concentración final de cobre en el vino después del tratamiento. Este elemento fue analizado entonces por absorción atómica, viéndose que no se producían incrementos de dicho metal (ver tabla 2), lo que marcaba la diferencia frente a los tratamiento curativos ya existente.

**Tabla 2.** Efecto sobre la concentración de cobre residual (Merlot-Tempranillo 2006 y Tempranillo maceración carbónica 2006 de la D.O. Navarra) después del tratamiento con Redules<sup>®</sup> R.

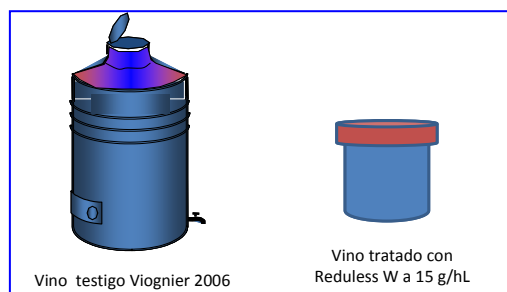
Datos analíticos	MT sin tratar	MT tratado	T sin tratar	T tratado
Cobre (mg/L)	0,12	0,12	0,11	0,13

### 3.2.- Efecto sobre los aromas varietales:

Una de las preocupaciones con respecto al tratamiento era saber que ocurría con aromas afrutados provenientes de ciertos compuestos volátiles azufrados que son considerados positivos, como por ejemplo ciertos tioles que dan aromas de frutos cítricos, como la fruta de la pasión, boj, pomelo en variedades como *Sauvignon blanc* y *Viognier*. Para verificar organolépticamente este hecho, se realizó el siguiente ensayo en un vino blanco de la variedad *Viognier* con Redules<sup>®</sup> W en bodegas Edra (Vino de la Tierra Ribera del Gállego – Cinco Villas, ver figura 4). Organolépticamente, el vino testigo tenía algunas notas minerales de reducción y era vegetal en boca con sensaciones metálicas de la acidez. El vino tratado era muy intenso en nariz, con manzana madura y pera, floral y notas de

confitura, afrutado y complejo. Suave y acidez envolvente, glicérico y mucho cuerpo. Larga retronasal con recuerdos varietales de pera y confitura.

**Figura 4.** Esquema del ensayo e impacto organoléptico sobre un vino de la variedad Viognier 2006 de Ribera del Gállego después del tratamiento con Redules<sup>®</sup> W.

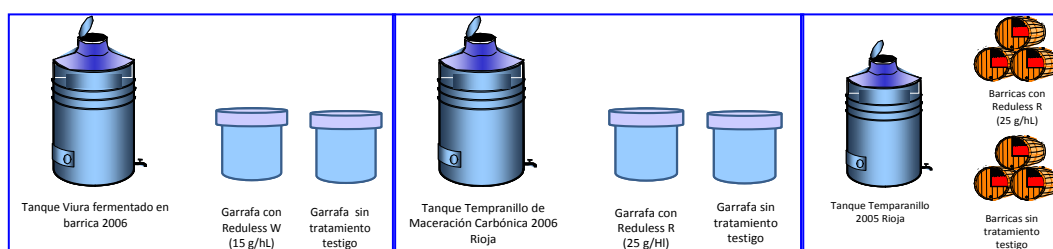


### 3.3.- Efecto sobre la fracción aromática y el impacto sensorial:

El tratamiento se ensayó también, aunque en otras condiciones, en una bodega de Rioja Alavesa, tratando dos vinos de 2006 y uno del 2005 con crianza en roble, pero en los que se detectaron graves problemas de reducción y que no eran aptos para su embotellado y comercialización. Se trataba de un vino blanco Viura-Malvasía fermentado en barrica de roble americano 2006, un vino joven de maceración carbónica Tempranillo 2006 y un vino tinto Tempranillo despalillado 2005 criado en barrica durante cuatro meses (ver figura 5).

Estos tratamientos se realizaron sometiendo a agitación los envases todos los días durante la primera semana. La segunda semana se dejó el vino en reposo, después de eliminaron las lías mediante trasiego y posteriormente se cataron los vinos.

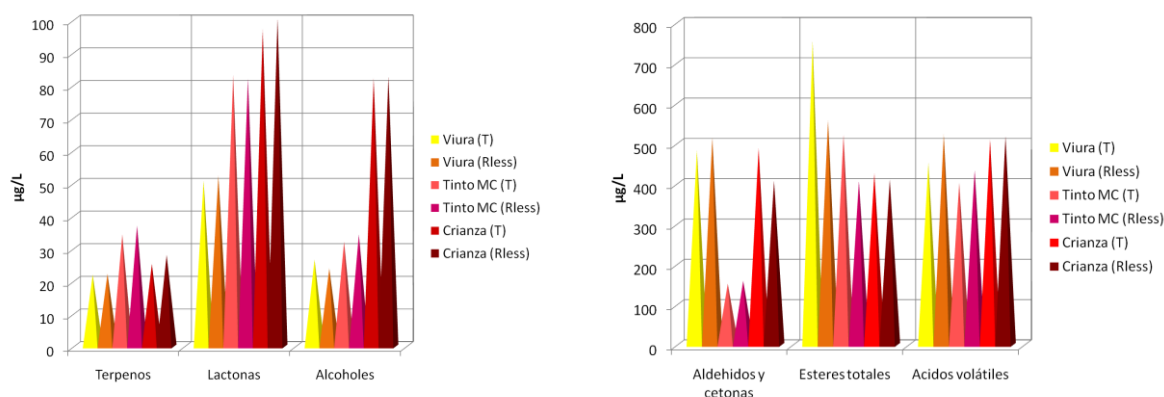
**Figura 5.** Esquemas de los ensayos realizados en la D.O.Ca. Rioja (Viura-Malvasía 2006, Tempranillo maceración carbónica 2006 y Tempranillos crianza en barrica 2005).



Es interesante observar los resultados de los análisis de la fracción aromática. En las figuras 6 y 7 se muestran las concentraciones de algunos aromas agrupados por familias. Por ejemplo, en la figura 6 a la izquierda, podemos ver que la variación de algunos aromas, como terpenos, lactonas y alcoholes superiores, no hay apenas variación alguna con el tratamiento. En la misma figura y a la derecha, podemos observar lo mismo, pero con otro tipo de aromas, como aldehídos y cetonas, ésteres totales y ácidos volátiles. Tan solo parece haber una pequeña reducción en los ésteres en el tratamiento del vino blanco.

El análisis de los compuestos aromáticos se realizó en la Universidad de Zaragoza y más concretamente en el Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología del Departamento de Química Analítica.

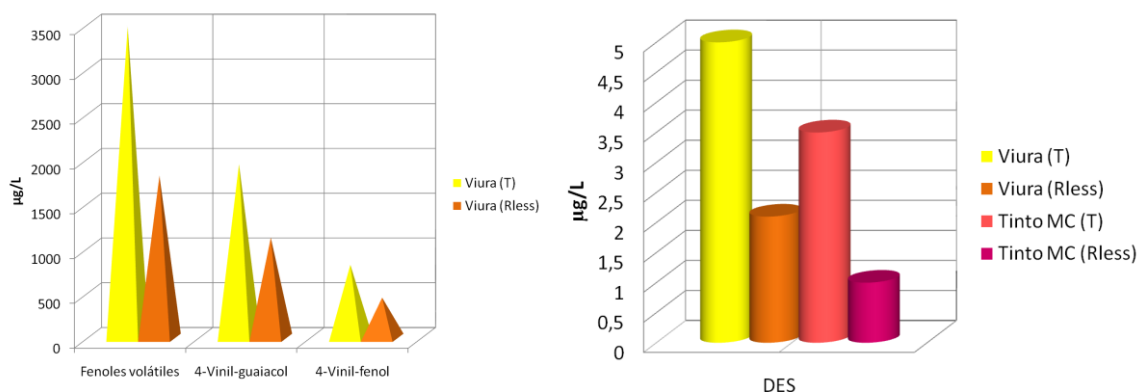
**Figura 6.** Representación de algunos compuestos aromáticos de los tres vinos de la D.O.Ca. Rioja antes y después del tratamiento con Redules<sup>®</sup> R y W (Viura-Malvasía 2006, Tempranillo maceración carbónica 2006 y Tempranillo crianza en bodega 2005).



Con los estudios de la fracción aromática, se pudo observar un fenómeno muy interesante en el tratamiento del vino blanco y fue una fuerte reducción de los compuesto fenólicos volátiles del tipo vinil-fenol (2-vinil-fenol y 2-vinil-guaiacol), responsables de ciertos aromas desagradables en vinos blancos por aportar aromas de plástico, caucho, humo, aromas de medicamento y farmacia, entre otros, (ver figura 7 izquierda).

Pero dentro de los resultados más sorprendentes, se encuentra la disminución de los aromas reducidos, como se puede observar en la figura 7 derecha, donde se representa el compuesto dietilsulfuro, que aporta aromas muy negativos de ajo y cebolla en vinos evolucionados. Se observa una disminución de más del 50% en este compuesto. También disminuye el 2,6-dimetoxifenol, aunque aquí no se representa.

**Figura 7.** Representación de la concentración de vinil-fenoles (Viura-Malvasía 2006) y dietil-sulfuro (Viura-Malvasía 2006 y Tempranillo maceración carbónica 2006) en de la D.O.Ca. Rioja antes y después del tratamiento con Redules<sup>®</sup> R y W.



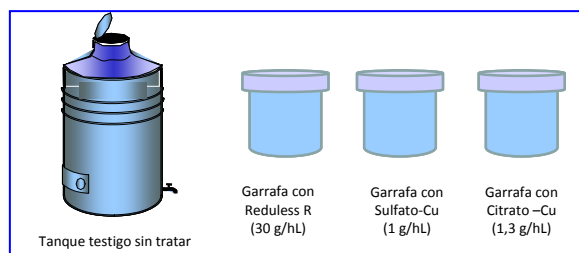
Después de los tratamientos, los vinos fueron catados a ciegas para ver preferencias sobre los vinos y la eficacia del tratamiento. Para ello se utilizó la sala de catas de la Universidad de la Rioja. Los resultados de la cata muestran que el vino Viura-Malvasía fermentado en bodega 2006 estaba limpio y complejo en nariz después del tratamiento con Redules W<sup>®</sup>, con aromas de frutos secos, de infusión, con tonos de fruta como la manzana, melocotón y

fruta fresca. Hay además una fuerte disminución del carácter fenolado debido a la disminución de los vinil-fenoles después de tratamiento, como ya se había comentado con anterioridad. El vino Tempranillo maceración carbónica 2006 tratado tenía mayor intensidad en nariz, aromas de fruta dulce, mermelada, claro carácter de maceración carbónica, refrescante en boca. El vino Tempranillo crianza en barrica 2005 era muy limpio, licoroso y afrutado, muy fresco y afrutado en boca. La crianza en madera salía en la fase retronasal.

### 3.4-. Comparación del tratamiento con los métodos tradicionales:

El tratamiento del vino con el producto Redules<sup>®</sup> que tan buenos y esperanzadores resultados había obtenido, era necesario compararlo con los tratamientos existentes hasta el momento y verificar mediante análisis y cata si este era superior. Para ello, en una bodega se Rioja Alavesa se trató un vino reducido Tempranillo 2006 y se comparó el tratamiento con sulfato y citrato de cobre, (ver figura 8).

**Figura 8.** Esquema de las pruebas comparativas realizadas sobre un vino de la D.O. Ca. Rioja (Tempranillo 2006).



En cuanto a los parámetros químicos analizados, únicamente se han observado diferencias importantes a nivel del cobre final en vino a nivel de parámetros químico analizados (ver tabla 3). El tratamiento con sulfato de cobre es el tratamiento que más cobre libera, llegando a incrementarse este elemento por encima de los límites legales permitidos, mientras que el citrato apenas liberó cobre dada la baja dosis con la que se utilizó. El tratamiento con el nuevo tratamiento Redules<sup>®</sup> solo incrementó el cobre en el vino 0,1 mg/L, lo que no genera ninguna situación de riesgo de quiebra ni de perjuicio organoléptico.

**Tabla 3.** Efecto sobre los parámetros químicos en los vinos del ensayo de Tempranillo D.O.Ca. Rioja 2006) después del tratamiento con Redules<sup>®</sup> en comparación con los tratamientos tradicionales.

	Garrafa con Redules R (30 g/hL)	Garrafa con Sulfato-Cu (1 g/hL)	Garrafa con Citrato -Cu (1,3 g/hL)	Testido sin tratar
<b>Grado alcohólico % vol</b>	12,96	12,95	12,9	13,96
<b>Acidez total g/L</b>	4,6	4,7	4,6	4,7
<b>pH</b>	3,73	3,72	3,72	3,73
<b>AV g/hL</b>	0,45	0,46	0,45	0,45
<b>SO<sub>2</sub> libre mg/L</b>	25	27	26	26
<b>Azúcar residual g/L</b>	2	1,9	2	1,8
<b>Acido málico g/L</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Cobre mg/L</b>	0,54	2	0,5	0,44



#### 4. CONCLUSIONES:

1. Los productos denominados como Redules<sup>®</sup> W y Redules<sup>®</sup> R han demostrado sobrada eficacia para resolver problemas de reducción en todos los ensayos realizados en bodega. La principal ventaja del sistema en comparación con las técnicas existentes, es la eliminación de los compuestos azufrados responsables de los aromas reducidos en los vinos y del cobre aportado.
2. Solo hay una familia de compuestos volátiles que han sufrido una modificación significativa, los fenoles volátiles y más concretamente el 4-vinilfenol y el 4-vinilguiacol en los vinos blancos.
3. No hubo efecto en otros parámetros químicos importante de cara a la integridad del vino. Tan solo se observó una disminución en el sulfuroso libre y total.
4. Como resultado de los tratamientos podemos decir que resalta el afrutado del vino y atenúa gustos herbáceos y vegetales. En caso de vinos con crianza en madera, ennoblece su impacto, principalmente en su fase retronasal. Los taninos se vuelven más dulces y suaves en boca.
5. Estos resultados hacen prever que Redules<sup>®</sup> es una herramienta enológica interesante para eliminar aromas azufrados en los vinos una vez producidos, pero también puede ser útil en tratamientos preventivos frente la reducción en vinos embotellados con tapón de rosca, prevención de reducción en vinos «no filtrados», preparación de vinos para transportes a granel en contenedores y camiones, prevención de la aparición de aromas fenolados y animales por ataque de *Bretanomyces* en vinos blancos, salvaguardar aromas frescos en rosados y para resaltar aromas varietales en Sauvignon blanc y aromas afrutados típicos en vinos jóvenes. También para mejorar del funcionamiento de la FML. Además de ser una aplicación interesante en vinos ecológicos.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Escudero, A.; Campo, E.; Fariña, L.; Cacho, J.; Ferreira, V.; Analytical characterization of the aroma of five premium red wines. Insights into the role of odor families and the concept of fruitiness of wines. *J. Agric. Food Chem.* **2007**.
- Cacho, J.; La percepción de notas aromáticas de vino y el efecto de ciertas moléculas volátiles. *ACE Revista de Enología.* **2006**.
- Cacho, J.; El aroma de los vinos: retos y soluciones del análisis sensorial. *ACE Revista de Enología.* **2006**.
- Cullere, L.; Escudero, A.; Cacho, J.; Ferreira, V. Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality Spanish aged red wines. *J. Agric. Food Chem.* **2004**, 52, 1653-1660.

- Aznar, M.; López, R.; Cacho, J.; Ferreira, V.; Identification and quantification of impact odorants of aged red wines from Rioja. GC-Olfactometry, quantitative GC-MS, and odor evaluation of HPLC fractions. *J. Agric. Food Chem.* **2001**, *49*, 2924-2929.
- Ferreira, V.; Lopez, R.; Cacho, J. Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *J. Sci. Food Agric.* **2000**, *80* (11), 1659-1667.
- Mestres, M.; Busto, O.; Guasch, J. Analysis of organic sulfur compounds in wine aroma. *J. Chromatogr., A.* **2000**, *881* (1-2), 569-581.
- Antonio Palacios; Carlos Suárez; Luis Otaño; Adriana Laucirica; Francisco Peña;. Defectos en cata del vino aparecidos durante la crianza y la conservación del vino en bodega. *Universidad de la Rioja. Dto. Agricultura y Alimentación.* **2005**.
- Antonio Palacios; Carlos Suárez; Luis Otaño; Adriana Laucirica; Francisco Peña;. Defectos en cata del vino aparecidos durante la fermentación del vino en bodega. *Universidad de la Rioja. Dto. Agricultura y Alimentación.* **2005**.