



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## **VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD ESPUMANTE DE LOS VINOS ELABORADOS SEGÚN EL MÉTODO TRADICIONAL Y EL *CLASSICO***

M<sup>a</sup> Cristina Andrés Lacueva

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) i a través del Dipòsit Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) y a través del Repositorio Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service and by the UB Digital Repository ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

**VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD  
ESPUMANTE DE LOS VINOS ELABORADOS  
SEGÚN EL MÉTODO TRADICIONAL Y EL  
*CLASSICO***

**Memoria presentada por:**

**M<sup>a</sup> CRISTINA ANDRÉS LACUEVA**

**para optar al grado de Doctor en Farmacia**

**Directores:**

**Dra. Rosa M<sup>a</sup> Lamuela Raventós**

**Dra. Susana Buxaderas Sánchez**

**Barcelona, Mayo 1998**

Este trabajo ha sido financiado por:

- Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (C.I.C.Y.T) a través de la concesión de los Proyectos de Investigación ALI90-0936, ALI94-0217-C02-01 y PETRI-95-0149-OP.
- Fundación Antonio y Vicente Mestre Jané.
- Ayuda para alumnos de Doctorado, convocadas por la División de Ciencias de la Salud. Universidad de Barcelona. 1995 y 1996.
- Beca *“predoctoral per a l'acabament de tesis doctorals (TDOC) de rellevant interès industrial, social o empresarial”* concedida por el *Comissionat per a Universitats i Recerca. Direcció General de Recerca. CIRIT.* (Enero 1998-Diciembre 1998).
- *Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (ISMA), L'Associazione Spumante Trento DOC (ASTD) y al Istituto Trentino del vino (Italia).*



---

<b>1. INTERÉS Y OBJETIVO DEL TRABAJO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Denominación de origen CAVA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. <i>Spumante</i> Trento DOC - TALENTO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Espuma .....</b>	<b>27</b>
2.3.1. Solubilidad del CO <sub>2</sub> .....	31
2.3.2. Tensioactivos .....	34
2.3.3. Pérdidas de CO <sub>2</sub> en un vino espumoso .....	38
2.3.4. Formación y crecimiento de las burbujas.....	39
2.3.5. Fenómenos que tienen lugar al abrir una botella de vino espumoso .....	48
2.3.6. Factores que estabilizan y desestabilizan la espuma.....	52
<b>2.4. Métodos de determinación de las propiedades espumantes.....</b>	<b>63</b>
2.4.1. Métodos de determinación de las propiedades espumosas en productos de vinificación.....	67
<b>2.5. Características físicas y compuestos químicos relacionados con la     capacidad espumante .....</b>	<b>73</b>
2.5.1. Parámetros físicos .....	76
2.5.1.1. Viscosidad.....	76
2.5.1.2. Tensión superficial.....	77
2.5.1.3. Energía libre .....	78
2.5.1.4. Temperatura .....	78
2.5.2. Composición química .....	79
2.5.2.1. Parámetros generales .....	79
2.5.2.2. Ácidos orgánicos, azúcares reductores y glicerol .....	85
2.5.2.3. Iones metálicos.....	87

---

2.5.2.4. Polisacáridos .....	89
2.5.2.5. Compuestos nitrogenados.....	91
2.5.2.6. Lípidos .....	101
2.5.2.7. Perfil fenólico .....	104
2.5.2.8. Compuestos de elevada volatilidad .....	105
<b>2.6. Factores que afectan a la calidad de un vino .....</b>	<b>107</b>
2.6.1. Variables que afectan a la espuma de un vino.....	115
2.6.1.1. Variables naturales .....	115
2.6.1.2. Variables tecnológicas.....	116
2.6.1.3. Influencia del envejecimiento .....	122
<b>2.7. Referencias.....</b>	<b>131</b>
<b>3. METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>153</b>
<b>3.1. Plande trabajo .....</b>	<b>153</b>
<b>3.2. Características de los vinos base que afectan al comportamiento de la     espuma.....</b>	<b>158</b>
3.2.1. Resumen.....	158
3.2.2. Publicación .....	159
<b>3.3. Influencia de la variedad y del envejecimiento en las propiedades     espumantes de los Cavas.....</b>	<b>169</b>
3.3.1. Resumen.....	169
3.3.2. Publicaciones .....	171
3.3.3. Resultados y discusión de los Cavas elaborados en la vendimia de 1994.....	181

---

<b>3.4. Vinos espumosos comerciales</b> .....	197
3.4.1. Resumen.....	197
3.4.2. Publicación .....	199
<b>4. CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	207
<b>5. ANEXOS</b> .....	211
5.1. Tablas de resultados de vinos base (apartado 3.2)	
5.2. Tablas de resultados de cavas (apartado 3.3)	
5.3. Tablas de resultados de espumosos comerciales(apartado 3.4)	

## 1. INTERÉS Y OBJETIVO DEL TRABAJO

La espuma que desarrolla un cava es una de las cualidades más apreciadas por los elaboradores de vinos espumosos, puesto que es la primera característica sensorial que apreciará el consumidor. De esta manera, la espuma puede ser el primer aspecto que permita prejuizar la calidad de este producto y también establecer, en virtud de esta característica, comparaciones entre diferentes cavas. Así, ante la mayoría de consumidores, una propiedad que podría ser considerada secundaria, meramente ornamental, adquiere más notoriedad que otras técnicamente más importantes, pero no detestables a simple vista.

Se considera una espuma de calidad cuando las pequeñas burbujas que se desprenden en forma de rosario, lentamente desde el fondo de la copa, alcanzan la superficie y forman la apreciada corona durante varios minutos. De esta manera, en vinos espumosos, el término "espuma" engloba dos fenómenos distintos: La formación de burbujas en el seno del líquido y la estabilidad de la corona en la superficie de la copa.

El cava es un vino espumoso de calidad producido en una región determinada (v.e.c.p.r.d) según la terminología de la Unión Europea (CEE 2043/89). El proceso de elaboración y crianza del cava, desde el inicio de la segunda fermentación hasta la eliminación de las lías, tiene lugar en la misma botella donde se efectúa el tiraje. Este envejecimiento o fase de rima debe durar como mínimo nueve meses (B.O.E. nº 278 de 20 de noviembre de 1991). Este es el periodo de tiempo de toma de espuma que se considera necesario para que el vino repose después de la segunda fermentación y adquiriera unas características sensoriales propias. No obstante, los cavas calificados de elevada calidad se someten a un envejecimiento superior, de uno, dos o incluso tres años en fase de rima.

Es bien sabido que un envejecimiento prolongado no favorece de la misma manera a un vino blanco que a un vino tinto. El factor tiempo siempre conlleva un cierto grado de oxidabilidad del vino, que si bien es deseable en el tinto, no lo es en el blanco. Otra diferencia importante en cuanto al envejecimiento de un vino tinto con respecto a un blanco espumoso, concretamente el cava, es que éste último permanece durante toda la fase de rima en contacto con las levaduras utilizadas en la segunda fermentación. Se supone que tales levaduras, después de desarrollarse y reproducirse, continúan su ciclo evolutivo, es decir, mueren y posteriormente se degradan o lisan. Este fenómeno implica la hidrólisis de la pared celular y, consecuentemente, la liberación al medio de constituyentes citoplasmáticos que modifican la composición del vino espumoso, lo que probablemente, repercuta en sus propiedades sensoriales y dentro de ellas en la espuma.

Los elaboradores de espumoso, empíricamente, han observado que determinadas variedades de uva, condiciones climáticas de cada vendimia y tratamientos tecnológicos pueden dar lugar a vinos con diferentes características espumantes. Sin embargo, se desconocen los mecanismos o en qué medida actúan estas variables. Es decir, se carece de las bases científicas que permitan sustentar el efecto de dichos factores sobre la espumabilidad de los vinos. La mayor parte de información disponible de espuma obedece a estudios en soluciones modelo o en otros alimentos, más o menos de composición parecida como es el caso de la cerveza, o más recientemente algún estudio en vinos base. A partir de esta información se ha deducido el tipo de componentes que razonablemente pueden tener un papel en la aparición de espuma en vinos tras su segunda fermentación, sobre la cual existen escasas referencias bibliográficas (Maujean *et al.*, 1990; Pueyo *et al.*, 1995). No obstante, la formación de espuma es un fenómeno en el que, probablemente, participan muchos compuestos del vino, a título individual o por acción sinérgica y desde un punto de vista favorecedor o bien lo contrario. Asimismo, puede ser que se trate de un balance entre componentes más que del contenido absoluto de uno o más compuestos.

Este estudio pretende establecer la influencia que ejercen determinadas variables sobre la espuma a través de la diferente composición que ellas mismas inducen en los vinos, utilizando aquellos componentes con posibilidades de intervenir en la espuma.

El objetivo final es tratar de facilitar al enólogo la ocasión de potenciar las cualidades de los vinos espumosos, de manera que respondan mejor y regularmente a su propia descripción y a sus peculiares expectativas. En el sentido de favorecer estos intereses, los **OBJETIVOS CONCRETOS** de este trabajo son los siguientes:

1. Determinar la capacidad espumante de diferentes vinos que se utilizan como materia prima o sustrato sobre el que se elabora el cava, teniendo en cuenta las variables **vendimia, variedad y bodega elaboradora**.

Esta información ofrecerá al enólogo la posibilidad de seleccionar aquellos vinos que reúnan las mejores condiciones espumantes, así como, preparar las mezclas apropiadas para obtener cavas con las características espumantes que se deseen.

2. Observar si la **VARIEDAD** de uva condiciona la espuma de los cavas después de su especial elaboración. Para ello se ha considerado la espuma de cavas monovarietales procedentes de variedades de uva autóctonas del Penedès: Macabeo, Xarel.lo, Parellada y de la variedad de origen francés Chardonnay, así como de otros obtenidos a partir de vinos mezclados de los anteriores.

Estos resultados permitirán conocer la capacidad espumante de los cavas procedentes de las variedades de uva empleadas en su Denominación de Origen.

3. Ampliar el estudio de la potencialidad espumante de las variedades de uva, al introducir la Pinot noir de reconocido prestigio internacional en la elaboración de espumosos, introduciendo en el estudio dos tipos de vinos espumosos comerciales: los elaborados según el método tradicional (Cava) y los obtenidos por el método *classico* (Spumante Trento DOC o Talento), elaborados éstos últimos a partir de las variedades Chardonnay y Pinot noir.
  
4. Valorar las repercusiones que sobre la capacidad espumante de los cavas, tiene el **ENVEJECIMIENTO** en botella cerrada en contacto con las levaduras. Para ello se ha realizado el seguimiento de vinos espumosos procedentes de la vendimia de 1993, durante un período de tiempo prolongado de envejecimiento (26 meses). La experiencia se ha repetido con vinos espumosos pertenecientes a la vendimia de 1994 a fin de corroborar los resultados hallados en la primera.

La influencia del envejecimiento sobre la espuma servirá para observar las modificaciones que este atributo pueda sufrir durante la fase de rima y valorar el tiempo óptimo de envejecimiento del cava en lo que a esta característica se refiere.

## 2.1. DENOMINACIÓN DE ORIGEN CAVA

Un vino se considera Denominación de Origen si se ha producido y elaborado dentro de unas zonas determinadas que pertenecen a la Denominación. Ésta reglamenta el cultivo, la elaboración y la crianza de los vinos protegiéndolos y regulando su producción (Raventós y Forns, 1991), para que cuando éstos lleguen al consumidor puedan ofrecer las garantías que la Denominación de Origen exige.

El ataque de la filoxera de 1887, provocó la destrucción de prácticamente todas las viñas del Penedès, ello supuso un cambio en el cultivo de las variedades tintas, por las blancas y se empezaron a elaborar los vinos espumosos, los llamados hoy día Cavas, que hasta ese momento habían estado poco extendidos por la zona. El sistema de elaboración utilizado fue el tradicional método "*Champenoise*".

El auge del sector del Cava, en los años cincuenta, donde además coexistían los vinos gasificados y los elaborados en grandes tanques según el método Charmat, ambos cualitativamente inferiores al cava, obligó en 1969 a la creación del Consejo Regulador de los Vinos Espumosos, que estableció las reglas precisas y los requisitos del vino base y del cava elaborado para poder clasificarlo en el rango de los vinos con Denominación de Origen.

Según la Reglamentación de los vinos espumosos y (B.O.E. n° 189 de 8 de Agosto de 1972), se denomina **cava** al "vino espumoso natural, cuyo proceso de elaboración y crianza, desde la segunda fermentación hasta la eliminación de las lías inclusive, transcurre en la misma botella en que se ha efectuado el tiraje durante un mínimo período de nueve meses". Un orden posterior (B.O.E. n° 278 de 20 de noviembre de 1991), delimita el ámbito geográfico en el que se pueden elaborar vinos con la denominación de Cava y permite la consideración de los vinos espumosos de calidad producidos en regiones determinadas, v.e.c.p.r.d. según la terminología de la Comunidad Económica Europea.

Dentro del ámbito geográfico de la denominación de origen cava, el 98% de la producción se localiza en la zona del Penedès (Cataluña). Entre las zonas no productoras no catalanas se encuentran municipios de La Rioja, Álava, Zaragoza, Badajoz y Valladolid.

En España la producción de cava, asciende a unos 130 millones de botellas cada año, de las cuales un 60 % se destina al consumo nacional y el resto se exporta a países como Estados Unidos y Alemania mayoritariamente.

Actualmente, para la elaboración del cava se emplean diversas variedades, siendo las más utilizadas en el Penedés: Macabeo Xarel·lo y Parellada, las cuales constituyen casi el 90% de las variedades empleadas (De Castro, 1984). Sin embargo, se está introduciendo de forma lenta pero con fuerza, la variedad blanca procedente de Francia, llamada Chardonnay.

La uva **Macabeo**, es la de maduración más temprana, de racimos grandes muy compactos, de color verde claro y piel frágil y delicada, precisa esmerados cuidados pues su fina constitución la hace vulnerable a las inclemencias del tiempo y a los ataques de hongo *Botrytis cinerea*. Los vinos que produce son excepcionales, de suave y afrutado aroma y sabor aterciopelado.

La variedad de uva **Xarel·lo**, de racimo suelto y tamaño medio con un color dorado. Produce un vino sólido sin ser vulgar, sobrio sin ser neutro, con notable grado alcohólico y acidez elevada, que lo hace soporte ideal de las cualidades del conjunto. Es con toda probabilidad la única cepa autóctona de la zona, pues así parecen indicarlo sus excelentes resultados.

La variedad **Parellada** produce un vino con aroma muy afrutado. Es la cepa de maduración más tardía y adaptada primordialmente a un cultivo en las zonas altas del Penedès, donde desarrolla sus mejores cualidades. Sus racimos son grandes y fuertes y de color verde. La piel tiene un grueso medio y es bastante resistente a los ataques criptogámicos.

La **Chardonnay** es de maduración temprana, evitándose así los ataques de *Botrytis cinerea*. El tamaño de su racimo y grano es pequeño, lo que hace que sea una uva de muy buena calidad. Sus vinos son muy aromáticos, de gran paladar y muy equilibrados de acidez.

## **OBTENCIÓN DEL MOSTO**

Para la elaboración de vinos espumosos naturales, tan sólo se pueden dedicar las primeras fracciones de prensado, con un rendimiento máximo de 100 l de mosto por 150 Kg de uva (B.O.E. nº 278 de 20 de noviembre de 1991).

La obtención de esta cantidad de mosto se ha de hacer con rapidez y con el mínimo de presión posible ejercida sobre el grano de la uva, para conseguir una menor ruptura de las partes sólidas de la uva. Esto conlleva a una presencia menor de sólidos y compuestos fenólicos.

A esta fracción de mosto se le denomina mosto "flor", es el más equilibrado en su composición química, tanto en azúcares como en ácidos.

## **Sulfitado**

Consiste en la adición de dióxido de azufre al mosto para evitar oxidaciones, producidas por el oxígeno del aire, que actúa sobre diferentes componentes del mosto, cambiando sus características.

El dióxido de azufre se adiciona inmediatamente después de romper la piel del grano y el mosto empieza a fluir, antes no, porque el dióxido de azufre es un poderoso disolvente de las partes sólidas de la uva y provocaría una mala calidad posterior del producto.

La cantidad utilizada depende del estado sanitario de la uva, de la acidez, de la concentración de azúcar en el mosto y de la temperatura a la que se realiza el

prensado. La legislación marca un máximo de 140 mg/l de SO<sub>2</sub> en el vino base (B.O.E. nº 278 de 20 de noviembre de 1991).

### **Desfangado**

El desfangado del mosto tiene como objetivo eliminar las partículas de mayor tamaño del mosto y partículas de tierra que acompañan a la uva, antes de someterlo al proceso fermentativo. También trata de evitar la maceración o contacto prolongado del mosto con los componentes de los fangos, lo que posteriormente provocaría sabores extraños al vino y la extracción exagerada del color.

En este proceso, se producen fenómenos físicos de separación de partículas en función de su dimensión junto con fenómenos que dependen de cambios en la estructura coloidal del medio (Aleixandre y Álvarez, 1992). Así, esta separación se encuentra más o menos facilitada según la cantidad y naturaleza de los sólidos. También pueden influir características propias de la uva, como su grado de podredumbre. En este caso, aumenta la presencia de glucanos que, al tratarse de coloides muy colmatantes, dificultan la sedimentación.

El desfangado puede ser estático, para lo cual se deja reposar el mosto de 12 a 48 horas, según sus características, o bien, dinámico por centrifugación o filtración al vacío o por flotación.

Operaciones de desfangado muy drásticas pueden conducir a productos "vacíos", por pérdidas de los componentes que confieren cuerpo al vino y a una excesiva falta de aromas varietales típicos (López-Tamames, 1992).

### **Clarificación**

Diversos autores indican que al proceso de desfangado se pueden emplear coadyuvantes tecnológicos, como son los clarificantes y determinados enzimas.

Este proceso trata de formar un precipitado floculoso entre aquellos compuestos pocos solubles y el agente clarificante. Los clarificantes arrastran rápidamente las partículas en suspensión y disminuyen el tiempo de precipitación. Los flóculos formados aumentan el volumen de los compuestos turbios y provocan la sedimentación cuando consiguen un peso específico superior al del medio (Main y Morris, 1994).

En concreto, la bentonita provoca la eliminación, por coagulación, de las proteínas del mosto que se encuentran en solución coloidal y producen turbios en el vino (Blade y Boulton, 1988).

El empleo de enzimas pectolíticos favorece la precipitación de las lías, al disminuir la viscosidad del medio por rotura de pectinas (Lao, 1995). Este tratamiento, puede resultar muy útil en mostos con *Botrytis cinerea*, que contiene glucanos de difícil clarificación.

Se pueden distinguir dos etapas diferenciadas en el proceso de clarificación:

- Una primera etapa, que consiste en la formación de flóculos, que normalmente comporta una reacción entre proteínas, fenoles y taninos con las moléculas del clarificante.
- Y una segunda etapa, en la cual se produce una separación de los flóculos por sedimentación, fenómeno que arrastra a otras partículas.

### **Corrección tartárica**

La corrección tartárica del mosto consiste en la adición de ácido tartárico, con el fin de incrementar la acidez del mosto, que de forma natural puede resultar insuficiente.

Para evitar el desarrollo de microorganismos y proporcionar unas

características organolépticas agradables. El momento óptimo es antes del proceso fermentativo, ya que durante la fermentación disminuye la acidez y vinos base destinados a la elaboración de cava con una acidez pobre se considera una degradación del producto.

### FERMENTACIÓN

La fermentación consiste en la degradación de unos componentes orgánicos de más elevada energía, a otros componentes orgánicos de menor energía, adicionando levaduras seleccionadas del género *Saccharomyces* y controlando la temperatura para que no supere los 20°C en la vinificación en blanco.

La fermentación no es un mero paso de conversión de azúcar en alcohol, sino que su importancia reside en las reacciones metabólicas secundarias que lleva asociadas y, por lo tanto, serán en parte responsables de las características organolépticas determinantes de la calidad de un vino blanco.

Las levaduras seleccionadas, para que se las pueda considerar aptas, han de tener una serie de características:

- Fácil adaptabilidad al medio y rápido desarrollo.
- Buena capacidad alcohólica y dinámica fermentativa.
- Bajo nivel productor de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S (propiedades ligadas a características genéticas, al sustrato y a la temperatura de fermentación).
- Predominio biológico frente a otras especies autóctonas.

La levadura más empleada que cumple estos requisitos es la *Saccharomyces cerevisiae*

### OBTENCIÓN DEL VINO BASE

El vino base se obtiene una vez eliminados los restos de levaduras y productos sólidos originados a causa del proceso fermentativo. Esto se consigue tras realizar uno o varios trasiegos, clarificaciones o filtraciones.

Una vez finalizada su elaboración es sometido a una estabilización tartárica, proceso realizado por refrigeración a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , precipitan de esta manera el bitartrato potásico y el tartrato de calcio, a fin de que éste no forme cristales visibles y desmerecedores del vino una vez se encuentra en el mercado.

El vino base es aquel que está dispuesto a ser embotellado y sufrir en su seno una nueva fermentación, para esto la legislación fija, para este vino, unas características analíticas determinadas:

- Grado alcohólico: entre  $9,5^{\circ}$  y  $11,5^{\circ}$ .
- Acidez total (expresada en ácido sulfúrico): entre 3,5 y 6 g/l.
- Extracto seco no reductor: entre 12,5 y 20 g/l.
- Acidez volátil real (expresada en ácido acético): inferior a 0,7 g/l.
- $\text{SO}_2$  libre: inferior a 20 mg/l.
- $\text{SO}_2$  total: inferior a 170 mg/l.

## ELABORACIÓN DEL CAVA

Se denomina **cava** al vino espumoso natural, cuyo proceso de elaboración y crianza, desde la segunda fermentación hasta la eliminación de las lías inclusive, transcurre en la misma botella en que se ha efectuado el tiraje (B.O.E. n° 278 de 20 de noviembre de 1991).

Las principales fases que comprende el proceso de elaboración son las que se describen a continuación:

### **Coupage**

Un vino base monovarietal resulta muy arriesgado por la dificultad de obtener una homogeneidad en la calidad. Por esta causa, el vino suele ser una mezcla de vinos varietales en la proporción correcta, denominados *coupages*, de la cual dependerá el perfecto equilibrio que deben potenciar sus distintas cualidades en un tono común, cuya armonía es la característica esencial de la mezcla para que se transforme en un excelente cava.

### Tiraje

Se conoce como tiraje al llenado de la botella con vino base y la adición de una solución denominada "licor de tiraje". Ésta es una solución que contiene levaduras en proporción adecuada en forma de sacarosa o mosto de uva concentrado rectificado.

El grado alcohólico volumétrico total del vino base no puede aumentar en más de 1,5 por 100 v/v, después de la segunda fermentación.

Las levaduras utilizadas durante esta segunda fermentación deben reunir ciertas características:

- Tener actividad fermentativa a bajas temperaturas, ya que las cavas en las que se sitúan las botellas están a bajas temperaturas.
- Ser resistentes al etanol (10-12°), ya que los vinos base utilizados en la elaboración de vinos espumosos tienen una graduación alcohólica mayor de 9,5° y ésta a su vez aumenta durante la segunda fermentación.
- Ser resistentes a la presión de anhídrido carbónico.
- Tener capacidad de floculación, ya que las levaduras deben depositarse en el cuello de la botella para poder eliminarlas fácilmente.

La levadura más empleada que cumple estos requisitos es la *Saccharomyces bayanus*.

### Rima

Una vez efectuado el tiraje y cerrada herméticamente la botella con un tapón de corcho sujetado con una grapa, o bien, con tapón corona, se almacenan en la cava, en posición horizontal, efectuándose en esta fase la fermentación, toma de espuma y crianza posterior.

El tiempo que se mantiene en esta etapa depende de la demanda del

mercado y de la calidad del cava que se quiere obtener, aunque como mínimo debe de ser de nueve meses.

## **Envejecimiento**

Es la etapa subsiguiente a la fermentación en botella, y que añade una serie de características propias diferenciadoras del cava en frente de cualquier otro tipo de vino.

El envejecimiento del cava se desarrolla durante el contacto, más o menos duradero, con las levaduras en la botella antes de su expulsión de la misma. Durante este periodo se producen una serie de fenómenos, exclusivos de este tipo de vino con intercambios de sustancias propias de las levaduras, las cuales una vez acabada la fermentación y agotadas las posibilidades de supervivencia, primero se mueren y después empiezan a degradarse lentamente, produciendo la **autólisis**, que consiste en la autodestrucción con intervención de enzimas propios que se rompen digiriendo sus paredes celulares.

Todos estos fenómenos son lentos, y nunca llegan a un punto de estabilización; ya que no se tiene que olvidar que el vino es un producto alimentario en continua transformación. No obstante, en función de la duración de este contacto, estos fenómenos exclusivos de esta elaboración darán lugar a productos con características diferenciadoras, y con grados de aceptación diversa en los mercados consumidores.

## **Punta**

Acabado el proceso fermentativo, cada botella es sometida a un proceso de removido para conseguir que todo el sedimento quede perfectamente aglomerado en el cuello de la misma. Mediante técnicas tradicionales, las botellas se colocan en punta en lo que se conoce como pupitres, donde se someten a una inclinación más acentuada progresivamente, hasta quedar prácticamente perpendiculares al suelo y

a un giro de un octavo de vuelta al día durante unos 15 días.

Este procedimiento resulta muy laborioso y en empresas con gran producción ha sido sustituido por sistemas que permiten manipular un gran número de botellas de una sola vez (pirámide octogonal, girasol, etc.), sin que se produzca de esta manera la alteración del producto.

### **Degüelle**

Consiste en la abertura y posterior eliminación de las lías depositadas en el cuello de la botella, quedando el vino perfectamente brillante, sin muestras de ningún sedimento, después de ser realizada esta operación.

Para ello, las botellas se sumergen en un baño frigorífico, generalmente a base de agua glicolada o con cloruro cálcico, de forma que se congela el líquido depositado en el cuello de la botella, que contiene las lías. La botella a continuación se invierte y se le quita el tapón, y por propia presión interna, el depósito congelado se expulsa.

### **Adición del "licor de expedición"**

El cava, una vez efectuado el degüelle, es un vino sin nada de azúcar, con una acidez relativamente alta, ya que no es suavizada por existencia de azúcares y se ve potenciada por el gas carbónico en sobresaturación, cualidades que condicionan sus características organolépticas.

Este motivo y la pérdida de líquido producida durante el degüelle hace que se adicione el denominado licor de expedición, siendo posteriormente tapada con el tapón definitivo. También se compensa la falta de azúcar, existiendo la posibilidad de establecer diferentes tipos de cava, en función del contenido en azúcares.

El licor de expedición puede estar compuesto de vino, destilado de vino,

mosto, sacarosa y aquellas otras materias adicionales que estén autorizadas por los vinos en general.

La incorporación del licor de expedición no puede aumentar el grado alcohólico adquirido en más de 0,5% en volumen.

Una vez adicionado el licor de expedición, se tapa con tapón de corcho, se añade el morrión y el producto ya puede ir destinado al consumidor.

### Características del cava

- Las características analíticas que deben reunir un cava son las siguientes:

Grado alcohólico:	10° - 12°
Acidez total:	3,5 - 6 g/l
Extracto seco no reductor:	12 - 20 g/l
Acidez volátil real:	< 0,8 mg/l
SO <sub>2</sub> libre:	< 20 mg/l
SO <sub>2</sub> total:	< 170 mg/l
Presión de CO <sub>2</sub> :	> 4 atm

- Según sea su contenido en azúcares residuales los distintos tipos de cava se denominan:

Extra brut o Brut Nature:	hasta 6 g/l
Brut:	de 0 a 15 g/l
Extra seco:	entre 12 y 20 g/l
Seco:	entre 17 y 35 g/l
Semi-seco:	entre 33 y 50 g/l
Dulce:	más de 50 g/l

En la Figura 2.1.1., se representa a modo de esquema la elaboración del cava desde la recogida de la uva hasta la etapa final de la elaboración del cava y posterior comercialización.

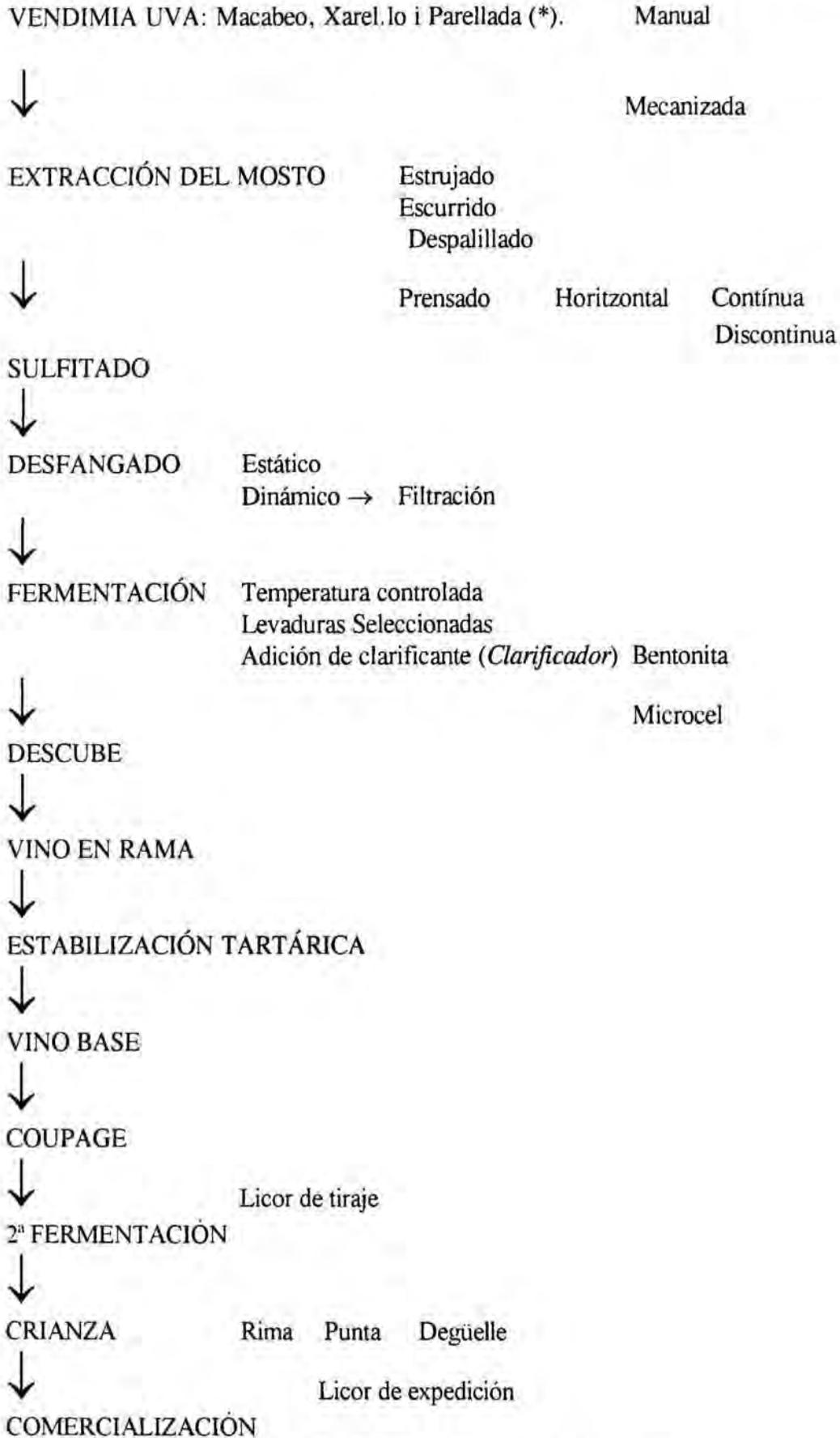


Figura 2.1.1. Esquema de la elaboración del cava.

## 2.2. DENOMINACIÓN DE ORIGEN CONTROLADA: SPUMANTE “TRENTO” O TALENTO

Los vinos italianos se introdujeron de manera importante en los mercados extranjeros después de que se estableciera la Legislación vinícola a principio de los años sesenta. El sistema de *Denominazione di Origine Controllata*, o DOC, se basó aproximadamente en el sistema *d'Appellation Controlée* o AC con algunas modificaciones, de manera que podemos decir que al igual que el sistema AC, la DOC no puede garantizar la calidad, pero establece una serie de condiciones que conducen a la obtención de este objetivo. Se establece el lugar de origen de la materia prima (la uva), las variedades de uva autorizadas, el rendimiento del proceso, el grado alcohólico final, los procesos viticultores y de vinificación, también se establecen especificaciones que pueden llegar a ser bastante precisas: detallando el material en el que se ha de envejecer el vino y la duración del proceso.

En Italia, el concepto de D.O. corresponde a la definición del Acuerdo de Lisboa de 1958 y a la de la O.I.V. de 1979. El artículo 1 de las normas de tutela de las D.O. italianas dice:

“Por denominación de origen de los vinos se entienden los nombre geográficos y las calificaciones geográficas de la correspondiente zona de producción, acompañados o no con los nombres de los *vitignos* u otras indicaciones usadas para designar los vinos originarios y cuyas características dependen esencialmente de los viñedos y de las condiciones naturales del ambiente”.

Esta definición del D.P.R. 930, de 12 de julio de 1963, que actualmente regula el sector, corresponde a la calificación de las D.O.C. italianas, constituyen las base fundamental de la regulación del sector de las D.O. de vinos, aunque reflejen una clasificación anterior a la regulación de la C.E.E. sobre los v.c.p.r.d.

Así pues, no es hasta la ley número 116, de 3 de febrero de 1963, cuando se implantan las bases reales de la disciplina de productos vitivinícolas de origen geográfico.

En Italia, la mayor proporción entre vino DOC y producción total se produce en la región Trentino-Alto Adige (Figura 2.2.1). Estos vinos se exportan en gran cantidad a países de habla germánica, Gran Bretaña y Estados Unidos de América (Sukliffe, 1982).



**Figura 2.2.1.** Localización geográfica del Trentino-Alto Adige (Italia).

Todos los vinos espumosos italianos, ya sean dulces o secos, son conocidos con el nombre de *spumanti*, pero sólo aquellos elaborados con el método clásico, también llamado método *champenoise* en la Champagne (Francia), o tradicional en la región del Cava (España), recibirán el nombre de TALENTO (Figura 2.2.2.).

De manera más concreta, se puede decir que la disciplina de producción para la elaboración del Talento se encuentra regulada en el *Decreto ministero Agricoltura e Foreste* del 9 de julio de 1993, en donde en sus diferentes artículos queda recogida la *Denominazione di origine controllata del vino Spumante "Trento"*:

# TALENTO®



**un nome nuovo nell'enologia italiana**

*Il marchio TALENTO,  
depositato e brevettato*

*identifica uno spumante italiano di qualità  
prodotto con il metodo classico.*

*Potrà essere usato solo dalle 84 aziende associate  
all' ISTITUTO TALENTO METODO CLASSICO*

**ISTITUTO TALENTO METODO CLASSICO**

sede: L.C.I. srl Linea Comunicazione Immagine, via Bagutta 1  
20121 Milano tel. 02/7601.51.12 / fax 02/7601.49.98

Figura 2.2.2. Etiqueta de presentación del Talento.

1. La denominación de origen controlada "Trento" queda reservada al vino espumoso blanco o rosado obtenido según el método clásico, donde la segunda fermentación en botella se efectúa según los requisitos establecidos en el siguiente disciplinario de producción.
2. El vino espumante "Trento" debe ser obtenido sólo a partir de viñedos de las siguientes variedades: *Chardonnay* y/o *Pinot bianco* y/o *Pinot noir* y/o *Pinot Meunier*.
3. La zona de producción de la uva destinada a la elaboración del Talento queda delimitada a algunas zonas de las regiones: Piemonte, Lombardia, Trentino, Alto Adige, Veneto y Friuli (especificadas en el artículo 3) (Figura 2.2.3.).

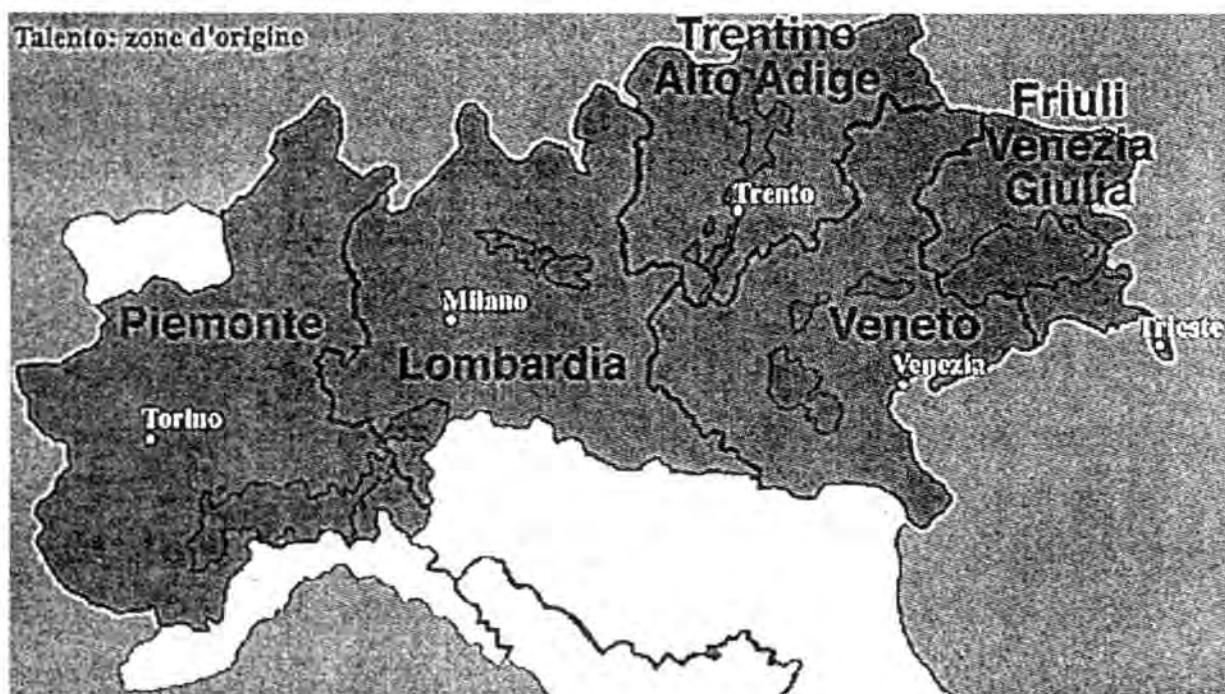


Figura 2.2.3. Zona de producción de la uva destinada a la elaboración del Talento.

4. El sistema de cultivo de la viña y todo con lo que se relacione, debe estar de acuerdo con lo previsto en el disciplinario de producción:

- Las órdenes de instalación, el sistema de poda...deben garantizar la no modificación de las características cualitativas de la uva y del vino.
- Queda prohibida cualquier práctica que suponga un esfuerzo a la planta, todavía se admite la irrigación como práctica de auxilio.
- Las operaciones de recogida de la uva deben ser efectuadas de manera tal de garantizar la entrega de la uva sana e íntegra en el sistema de prensado, por lo que la recolección deberá ser exclusivamente manual.
- Cada hectárea de cultivo de cualquier variedad podrá producir 150 quintales de uva, sólo aceptándose como máximo un 20% de desviación de esta medida en condiciones excepcionales. Sólo el servicio de vigilancia de la provincia autónoma de Trento, con anterioridad a la vendimia podrá modificar estos límites.
- La uva destinada a la producción de espumante debe asegurar al posterior vino base un título alcoholométrico de volumen natural mínimo del 9% y para la tipología "reserva" asegurar un 10%.

5. Las operaciones de vinificación de la uva base para la elaboración de Talento, el tiraje, la obtención de la espuma, y el refinamiento de las características del Talento, deben llevarse a cabo en el territorio detallado en el artículo 3:

- La adición del licor de expedición se llevará a cabo de acuerdo a los límites previstos en la normativa comunitaria y nacional.
- El rendimiento máximo de la uva para transformarla en vino no deberá ser superior al 70%.El vino espumante "Trento" deberá permanecer en botella un período mínimo de 15 meses en contacto con las lías de fermentación.
- Este período transcurre desde el día de embotellamiento y de todas maneras nunca antes de la fecha del 1 de enero del año sucesivo a la recogida de la uva empleada.

6. El Talento destinado al consumo debe responder, según su tipología a las siguientes características:

Blanco:

- Espuma: fina y persistente
- Color: amarillo con más o menos intensidad
- Olor: característico con un delicado olor de levadura
- Título alcohométrico volumétrico mínimo: 11,5%
- Acidez total mínima: 5,5 g/l
- Extracto seco neto mínimo: 16 g/l
- Azúcar máximo: según la normativa de la Unión Europea.

Rosado:

- Espuma: fina y persistente
- Color: rosado más o menos tenue
- Olor: característico con un delicado olor de levadura, a veces afrutado
- gusto: típico, vivaz, armónico, confiriendo cuerpo moderado
- Título alcohométrico volumétrico mínimo: 11,5%
- Acidez total mínima: 5,5 g/l
- Extracto seco neto mínimo: 17 g/l
- Azúcar máximo: según la normativa de la Unión Europea.

Se admite la designación *Rosé*

Reserva:

- Espuma: fina y persistente
- Color: amarillo con un ligera carga dorada
- Olor: característico
- gusto: típico, armónico y lleno
- Título alcohométrico volumétrico mínimo: 12%

- Acidez total mínima: 5,5 g/l
- Extracto seco neto mínimo: 17 g/l
- Azúcar máximo: según la normativa de la Unión Europea para la tipología brut

## 7.

- El vino espumante "Trento", que en la tipología de blanco o rosado haya transcurrido un período de al menos 24 meses de permanencia en botella en contacto con las levaduras, puede llevar inscrita la añada de producción de la uva.
- El vino espumante "Trento", del tipo blanco, que asegure un título alcohométrico volumétrico natural mínimo del 10% y que haya transcurrido al menos 30 meses de permanencia en botella en contacto con las levaduras, puede disponer en su etiqueta la calificación "Riserva", en tal caso es obligatorio especificar en la etiqueta la añada de producción de la uva.
- Para el Talento rosado se admite en alternativa la especificación "Rosé"
- En el etiquetado del espumante, la referencia a la variedad de uva se admite sólo en etiquetas complementarias y en dimensión no superior a aquella utilizada para indicar la denominación de origen.
- En esta misma etiqueta, cuando no se especifica la añada de la vendimia será obligatorio especificar el año de degüelle.
- Se prohíben especificaciones del tipo: Selección, Escogido, Superior o similares. Contrariamente se admiten especificaciones geográficas que hagan referimiento al origen de la uva de procedencia.

8. El vino espumante "Trento", debe ser confeccionado en botellas idóneas para espumante, con tapón de corcho en forma de hongo y llevar inscrita la denominación "Trento". El Talento puede abandonar la zona de producción establecida en el artículo 3, sólo después de haber estado confeccionado para el consumo.

9. Quienquiera que produzca, venda, o distribuya para el consumo, con la denominación de origen controlada "Trento", vinos que no respondan a las condiciones establecidas de la presente disciplinaria será castigado de acuerdo a la norma establecida.

Las propiedades espumosas de un vino espumoso pueden ser impredecibles, sin embargo pueden explicarse según términos clásicos físico químicos, no sólo como respuesta a un ejercicio teórico sino siguiendo el dicho de Kant: "no hay nada tan práctico como una buena teoría" (Casey, 1987).

## 2.3. ESPUMA

La formación y estabilidad de la espuma en un cava después de servirlo en una copa, es una de las propiedades que los elaboradores de vinos espumosos han de considerar con más atención. Podríamos considerar la espuma como la primera característica realmente propia de un cava que, previamente, el consumidor habrá escogido en base a factores externos como la imagen de marca, el impacto publicitario, la forma de la botella, el etiquetado, el precio...

Esta es una propiedad que se manifiesta y que pocas veces pasa desapercibida: queda expuesta a la opinión del gran público que, erróneamente o no, puede prejuzgar la calidad de un determinado producto, y establecer comparaciones entre diferentes cavas en virtud de su mayor o menor capacidad espumosa. De esta manera una propiedad que podría ser considerada secundaria, meramente ornamental, adquiere más notoriedad ante el gran consumidor que otras propiedades técnicamente más importantes pero no detectables a simple vista como podrían ser el gusto o el aroma.

Por lo tanto es de gran interés conocer y controlar, en la medida de lo posible, los factores que pueden incidir en la formación y estabilidad de la espuma.

### Definición

El diccionario nos define la espuma como un agregado de burbujas que se forman en la superficie de un líquido violentamente agitado o en el seno del cual se produce un gas (por ebullición, fermentación, disminución de presión). También como dispersión de un gas en un líquido en el cual la fase dispersa (gas) se agrupa en un conjunto de pequeñas celas o burbujas formadas por una película muy fina de líquido dispersado, su medida depende de la tensión superficial del líquido.

Según Bamforth (1985), las espumas son coloides que comprenden burbujas de gas dispersas en un líquido, la densidad de este sistema se asemeja más a la de un gas que a la de un líquido y contribuyen a una mejor percepción del aroma (Langstaff y Lewis, 1983).

Maujean (1992) la define como una dispersión grosera constituida por una fase continua (líquida o sólida) y de una fase gaseosa discontinua. Esta fase gaseosa puede representar del 50 al 97% del volumen de la dispersión conduciendo a una espuma seca o a una espuma húmeda.

**Espuma húmeda:** En su creación una espuma es generalmente húmeda, es decir, en la cual la fase gaseosa está constituida por burbujas esféricas (conformación de menor energía interfacial). Esta conformación es la prueba de que las burbujas no presentan interacciones entre ellas). Pero las espumas húmedas tienen tendencia a evolucionar hacia espumas secas.

**Espuma seca:** formada por burbujas poliédricas, generalmente dodecaédrica. Ocasionalmente sino ha habido una coalescencia de las burbujas, la espuma seca puede desembocar en espuma sólida.

Las **espumas alimentarias**, según Cheftel et al. (1993), suelen ser dispersiones de burbujas de gas en una fase continua, líquida o semisólida, que contiene un agente tensioactivo soluble. En muchos casos, el gas es aire y en ocasiones CO<sub>2</sub> y la fase continua una disolución o suspensión acuosa de proteínas.

En la espuma, las burbujas de gas se encuentran separadas por una fase continua de finas capas de líquido denominadas **laminillas**. Para formar esta interfase gas/líquido se necesita energía y, para protegerla contra la coalescencia de las burbujas de gas, necesita la presencia de sustancias tensioactivas que rebajen la tensión interfasial (si el gas es aire, la tensión interfasial se corresponde con la tensión superficial de la fase líquida) y forman, entre las burbujas de gas, una barrera elástica (Cheftel et al., 1993).

**La espuma de un cava**, según Comellas *et al.* (1991), se asocia a un aglomerado de pequeñas burbujas constituidas por una película líquida prácticamente esférica que engloba el gas carbónico, producido endógenamente durante la segunda fermentación, que se desprende de la masa líquida y que se acumula sobre la superficie del líquido o mejor dicho en la interfase líquido/aire.

En la formación de espuma de un cava se pueden diferenciar dos etapas:

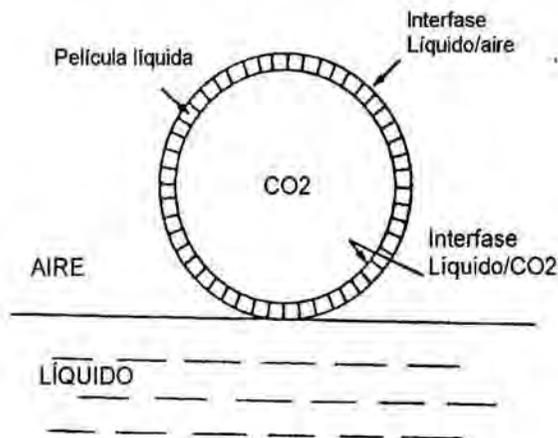
- Una inicial, originada por la repentina descompresión del gas carbónico, al abrir la botella.
- Una segunda fase, que depende de la concentración de CO<sub>2</sub> disuelto, originada por el desprendimiento continuo de pequeñas burbujas que se elevan del fondo de la copa, formando la conocida *corona*.

Para considerar un cava de buena calidad, de aspecto vivo y dinámico, se espera que el *rosario* de burbujas ascendentes, y también la corona formada, se mantengan el máximo tiempo posible.

La burbuja que es la célula unitaria de la espuma, físico-químicamente, Comellas *et al.* (1991), considera burbuja, una película líquida de superficie esférica que engloba el gas carbónico y que se mantiene estable frente al aire. Esta superficie esférica presenta a su vez dos paredes: (figura 2.3.1).

- una interna: interfase líquido/ CO<sub>2</sub>
- otra externa: interfase líquido/aire

Será la resistencia de esta película esférica la que condicionará la estabilidad de la espuma.



**Figura. 2.3.1.:** interfases presentes en una burbuja individual (Comellas *et al.*, 1991).

Para la formación de una burbuja se hace necesario el cumplimiento de dos requisitos:

1. que se forme la película líquida, la cual comportaría un incremento de la superficie libre del líquido, condición relacionada con la tensión superficial, y
2. que esta película líquida mantenga su individualidad ante otras burbujas próximas y favorezca la estructuración de la espuma.

Según esta definición, si hiciéramos burbujear  $\text{CO}_2$  en un líquido puro, como podría ser el agua, se formarían cavidades llenas de gas (no burbujas) que ascenderían a través de la masa de agua por razón de su menor densidad, y que, al llegar a la superficie libre del líquido, se romperían inmediatamente liberando el gas carbónico. Por otro lado, sería suficiente la disolución de un agente tensioactivo en esta misma agua para que se formara una espuma apreciable.

Sin embargo, el fenómeno “efervescencia y espuma” presenta una cierta dificultad:

1. Porque concierne al estudio de sistemas metaestables.
2. Porque la literatura es escasa en lo que concierne a efervescencia y propiedades espumantes de los vinos. Aunque si la hay para cerveza, la cerveza y el vino no están concebidos por la misma propiedad espumante.

3. Porque hasta hace poco no existían aparatos que permitiesen cuantificar de manera objetiva y fiable las propiedades tanto efervescentes como espumantes de un vino elaborado según el método Tradicional. Y aún así tales aparatos presentan ciertas limitaciones.

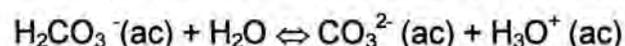
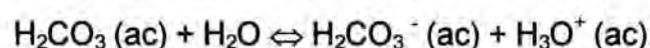
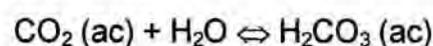
El primer comentario a destacar al abordar el comportamiento de la espuma en vinos espumosos es que hay que compararla con la de la cerveza, dado que en esta última bebida ha sido estudiado más ampliamente. Es de destacar que en un vino espumoso donde el grado alcohólico suele presentar valores alrededor de un 11,5-12 % (v/v) de etanol, los agentes tensioactivos ven obstaculizada su función en la estabilización de la espuma (Jordan y Napper, 1987).

Una amplia revisión sobre la física y la química de la burbuja considerando el fenómeno de la espuma en vinos espumosos fue realizada por Jordan y Napper (1987).

### 2.3.1. SOLUBILIDAD DEL CO<sub>2</sub>

El dióxido de carbono es una molécula de débil momento dipolar debido a su estructura lineal. Puede reaccionar con especies químicas con carácter nucleófilo, immobilizándose y estabilizándose (Maujean, 1989).

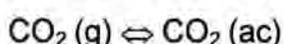
Cuando el CO<sub>2</sub> se encuentra disuelto en agua, tienen lugar los siguientes cambios químicos:



La constante de equilibrio de la primera reacción a 25°C es  $1,6 \times 10^{-3}$ , indicando que la primera reacción se encuentra ampliamente desplazada a la izquierda. Es decir el CO<sub>2</sub> en solución acuosa se encuentra en un 98% como gas disuelto.

El pH de una disolución de CO<sub>2</sub> a 1 atm., como presión parcial de CO<sub>2</sub>, es 3,7. El pH de un vino oscila entre 2,8 y 3,3, debido a la presencia de ácidos orgánicos.

De esta manera la solubilidad del CO<sub>2</sub> puede ser representada por:



Cuando la disolución se encuentra saturada, sucede que se establece un equilibrio entre la presión parcial de CO<sub>2</sub> (g). La constante de equilibrio para la disolución del CO<sub>2</sub> viene dada por la ley de Henry que establece la proporcionalidad entre la presión parcial del CO<sub>2</sub> gaseoso y la concentración molar del CO<sub>2</sub> disuelto:

$$P_{\text{CO}_2} = K_{\text{CO}_2} [\text{CO}_2 (\text{ac})]_s$$

Donde  $K_{\text{CO}_2}$  es la constante de la ley de Henry y la *s* indica saturación. Según la ley de Henry, la solubilidad del CO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la presión del CO<sub>2</sub>, es decir a 6 atm. la solubilidad será 6 veces mayor que a 1 atm. Sin embargo, a presiones elevadas, se observa una desviación negativa de la ley de Henry.

### **Solubilidad del CO<sub>2</sub> en vino**

La solubilidad del CO<sub>2</sub> en una disolución con un 10-13 % de etanol en agua se encuentra disminuida alrededor de un 6 % respecto a una disolución con agua pura (Rossi y Thoukis 1960).

Debido a que la solubilidad del CO<sub>2</sub> disminuye al incrementar el contenido alcohólico, la misma concentración de CO<sub>2</sub> ejercerá una mayor presión parcial en cerveza o en vino espumoso que en bebidas no alcohólicas. Incluso a una misma concentración de CO<sub>2</sub> disuelto, en bebidas no alcohólicas el mínimo tamaño que debe tener una microcavidad para ser capaz de formar una burbuja será de 1,5 a 1.8 veces mayor que en una bebida alcohólica, debido estas diferencias de tensión superficial y solubilidad que provoca el alcohol (Casey, 1995).

Un vino espumoso representa un sistema mucho más complejo que no simplemente una disolución de etanol en agua, en él se encuentran cientos de compuestos disueltos, muchos de los cuales son electrolitos o compuestos polares no

electrolitos. Un gas no polar como el CO<sub>2</sub> debería disminuir su solubilidad en una disolución como ésta. Rossi y Thoukis (1960), confirmaron experimentalmente este hecho en un vino sometido a una presión de 1 atm.

En vinos espumosos, estas observaciones indican que, el CO<sub>2</sub> puede ser considerado esencialmente como un gas disuelto, mientras que se consideran minoritarias las uniones de CO<sub>2</sub> con otras muchas especies ya sean moleculares y/o coloidales, ya que no pueden ser reguladas (Anderson 1959; Würdig y Müller 1979).

Lo dicho hasta ahora explica que la lenta evolución de las burbujas de CO<sub>2</sub> en un vino espumoso no depende en gran medida de la liberación de CO<sub>2</sub> por parte de ciertos compuestos procedentes de la uva o del proceso fermentativo (a los que pudiera estar unido), sino más bien depende de la liberación química de las burbujas por parte de una disolución sobresaturada en presencia de compuestos tensioactivos.

La solubilidad del CO<sub>2</sub> en el vino fue estudiada por Agabalianz en 1954 y estableció la relación que se muestra en la siguiente ecuación:

$$[\text{CO}_2] = P_{20^\circ\text{C}} (0,86 - 0,01 \cdot A) \cdot (1 - 0,00144 \cdot C) \cdot 1,977$$

Donde:

[CO<sub>2</sub>]: es la concentración de dióxido de carbono expresada en gramos/litro

P<sub>20°C</sub>: es la presión atmosférica + la presión interna de la botella a 20°C, expresada en atmósferas

A: es el grado alcohólico del vino

C: es la concentración de azúcares reductores expresada en gramos/litro

De esta ecuación se deduce que la solubilidad del CO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la presión del gas en la botella y esta concentración disminuye si aumenta el grado alcohólico o la concentración de azúcares reductores del vino.

### ***Influencia de la temperatura***

La temperatura es una variable de gran importancia en la solubilidad del CO<sub>2</sub>

relacionándose inversamente entre sí. La solubilidad del  $\text{CO}_2$  decrece a medida que aumenta la temperatura. Empíricamente Lonvaud-Funel y Matsumoto (1979), demostraron este efecto, a modo de ejemplo, en un vino seco con un 11% de alcohol a presión atmosférica, un incremento de temperatura de 0 a 20 °C reduce la solubilidad del  $\text{CO}_2$  de 2,9 a 1,4 g/l.

### ***Influencia de la alta presión***

Según el método tradicional de elaboración de espumosos, el azúcar es adicionado en la botella para propiciar la segunda fermentación y posteriormente llegar a alcanzar presiones entre 5 y 7 atm a 15 °C. Asumiendo que se cumpla la ley de Henry, en una botella a 6 atm. de presión, la cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto debería ser 6 veces superior a la cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto a 1 atm. Según Amerine *et al.*, (1980) en un vino a 15°C y 1 atm., la solubilidad del  $\text{CO}_2$  oscila entre 1,9 y 2,3 g/l. Aplicando la ley de Henry a estos datos, pero a 6 atm y manteniendo 15 °C, la solubilidad del  $\text{CO}_2$  oscilaría entre 11 y 14 g/l.

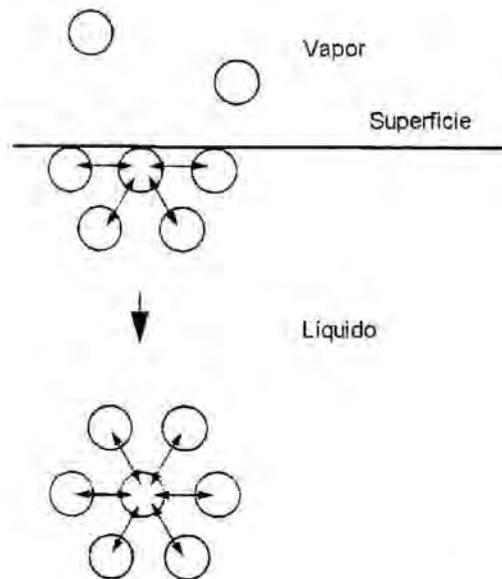
### **2.3.2. TENSIOACTIVOS**

Antes de considerar el proceso que tiene lugar cuando se abre una botella de vino espumoso y se sirve en una copa, definiremos algunos conceptos a partir de la química de tensioactivos en interfases gas/líquido, ya que la química y física de estas superficies influye en gran medida en el posterior comportamiento de la burbuja y la espuma.

La capacidad de los tensioactivos para adsorberse en la interfase líquido/aire conduce a otra propiedad de gran importancia para la formación de la espuma: la disminución de la tensión superficial. Se entiende como tensión superficial "el trabajo necesario para incrementar la unidad de superficie libre de un líquido, en condiciones isotérmicas y reversibles".

Los tensioactivos, al situarse en la interfase líquido/aire, presentan una mayor

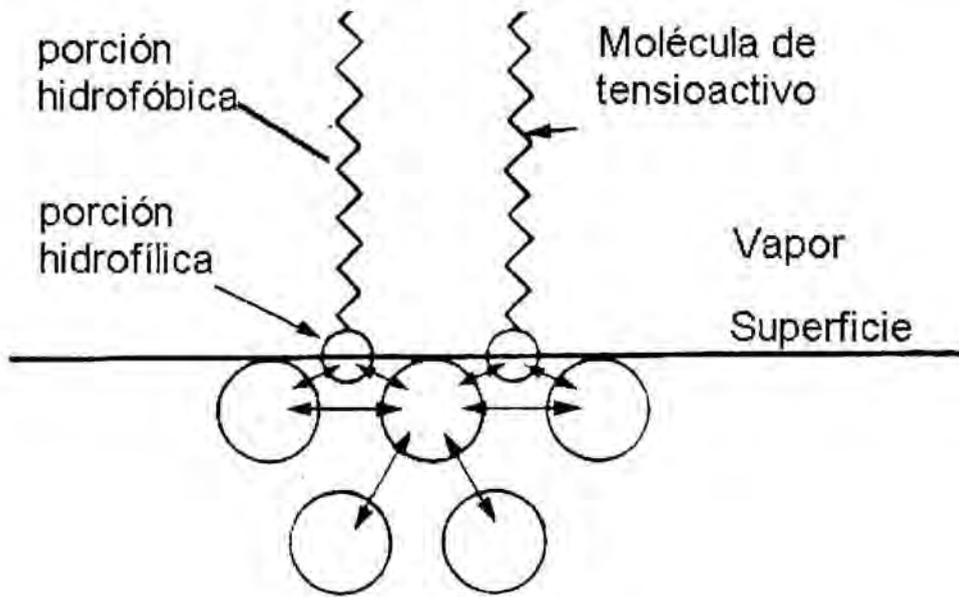
interacción con el aire, debido a la repulsión existente entre el agua y los grupos hidrófobos, lo que hace disminuir la tensión superficial (figura 2.3.2.). Es decir, los tensioactivos, disminuyen la barrera energética que supone la interfase líquido/gas haciendo que se precise un menor trabajo para incrementar la superficie libre del líquido y formar la burbuja.



**Figura 2.3.2.** Fuerzas implicadas en la tensión superficial (Jordan y Napper, 1987).

### Tensión superficial

Existen fuertes fuerzas de van der Waals entre las moléculas en la interfase gas/líquido (en la superficie del líquido) y las moléculas que se encuentran en la masa de este líquido. En los líquidos estas fuerzas son lo suficientemente fuertes como para asegurar que todas las moléculas (excepto aquellas que se encuentren en la fase de vapor) permanezcan unas cerca de las otras. En el interior líquido estas fuerzas se encuentran equilibradas (figura 2.3.3.), sin embargo, en su superficie se pierde la mitad de estas fuerzas atractivas y permanece sólo una fuerza resultante hacia el interior del líquido. Esto significa que para mover una molécula de la superficie es necesario un aporte energético que pueda superar esta fuerza resultante. En la superficie del líquido la energía libre es mayor que en la masa del líquido, por lo que esta energía libre tiende a ser minimizada.



**Figura 2.3.3.** Orientación de los tensioactivos en la interfase líquido/aire e influencia sobre la tensión superficial. (Jordan y Napper, 1978).

Esta energía libre en la superficie puede relacionarse con 2 factores:

1. La tensión superficial (la cual en la mayoría de los líquidos es numéricamente igual a la energía libre de superficie por unidad de área); y
2. El área superficial total.

En la interfase gas/líquido se pueden considerar dos aspectos que reducirían esta energía libre.

1. Si fijamos o mantenemos constante la tensión superficial, el área se minimizará, consecuentemente la burbuja adoptará una forma esférica, en consistencia con el equilibrio de fuerzas que se establece, para un volumen fijo.
2. Si mantenemos constante el área de superficie, la energía libre del sistema puede reducirse adsorbiendo moléculas de tensioactivo en la superficie del líquido.

## Tensioactivos

En soluciones acuosas como es el vino, los tensioactivos son normalmente moléculas que contienen una parte polar o hidrofílica y otra parte apolar o hidrofóbica. Esta dualidad determina una curiosa serie de propiedades, de las cuales señalamos las más implicadas en este tema:

- Absorción y orientación a las interfases, especialmente en la líquido/aire.
- Disminución de la tensión superficial.
- Formación de agregados micelares.

Las moléculas por ellas mismas tienden a colocarse de tal manera que la parte hidrofílica se orienta hacia la masa líquida y la hidrofóbica hacia la fase gaseosa. La existencia del grupo hidrófobo en la molécula de tensioactivo hace que su disolución acuosa conlleve un aumento de la energía libre del sistema y, como todo sistema tiende hacia el estado de mínima energía, el tensioactivo tenderá a adsorberse en la interfase líquido/aire, con el grupo hidrófilo en la fase acuosa y el hidrófobo orientado hacia la fase exterior, el aire. En la figura 2.3.3. podemos observar esquemáticamente esta orientación de los tensioactivos en la interfase líquido/aire. Una orientación de este tipo es energéticamente favorable, ya que reduce la energía libre del sistema, adsorbiéndose los tensioactivos en la interfase. En la superficie del líquido donde se ha modificado el entorno, las moléculas de tensioactivo adsorbidas pueden químicamente interactuar entre ellas u otras moléculas o iones produciendo especies que no podrían ser rápidamente desorbidas y/o modificarían las propiedades de superficie para la difusión de los gases. En un vino coexisten cientos de compuestos, potencialmente tensioactivos, por lo que pueden modificar la burbuja y la espuma, características propias de un vino espumoso.

Un claro ejemplo de la importancia que tienen los tensioactivos se observa cuando se hace borbotear  $\text{CO}_2$  en agua pura: se forman cavidades llenas de gas que se rompen inmediatamente al alcanzar la superficie libre del líquido. Contrariamente si repetimos la experiencia previa disolución de un tensioactivo, observaremos la formación de una espuma ya que las burbujas se mantendrán estables en la superficie

libre del líquido.

La pérdida de CO<sub>2</sub> parece ser que depende en mayor parte de factores externos que de las propiedades individuales de un vino a retener o a liberar este gas (Casey, 1988).

### **2.3.3. PÉRDIDAS DE CO<sub>2</sub> EN UN VINO ESPUMOSO**

#### **Pérdida de CO<sub>2</sub> al abrir la botella**

Cuando abrimos una botella de vivo espumoso, se produce una reducción en la presión de 6 a 1 atm. con la consecuente reducción en la solubilidad del CO<sub>2</sub> que pasa a ser de 14 g/l a 2 g/l, por lo tanto mientras se alcanza el equilibrio se pierden 5 l. del gas diluido. Sin embargo, este equilibrio no se alcanza inmediatamente, un vino espumoso normalmente no se desgasifica en su totalidad, alcanza un estado metaestable, ya que la cinética de difusión hacia la superficie y su posterior pérdida causada por el burbujeo es un proceso lento. El grado de supersaturación es la fuerza conductora de todos estos procesos (Hey y Hilton, 1994).

#### **Pérdida de CO<sub>2</sub> debida a la difusión hacia la superficie**

El CO<sub>2</sub> no puede desgasificarse rápidamente hacia la superficie en su forma molecular CO<sub>2</sub>, ya que el proceso por el cual las moléculas de CO<sub>2</sub> se mueven hacia las cercanías de la superficie es muy lento. De hecho si no hubieran movimientos de la masa de líquido en la botella de vino, una molécula de CO<sub>2</sub> que se encontrara en el centro de una botella de 750 ml tardaría 3 años en llegar a la superficie. A pesar de todo esto, sino existiera paralelamente el proceso de formación de burbujas, éste sería el mecanismo por el cual se perdería el CO<sub>2</sub> de una disolución de vino sobresaturada al abrir una botella de vino (Jordan y Napper, 1987).

Este lento proceso de transporte del CO<sub>2</sub> a la región de superficie, de todas maneras, se vería facilitado por los movimientos de la masa de líquido causados por el

burbujeo, es decir, por las corrientes que se forman debidas al intercambio calórico con el entorno o por la refrigeración en la superficie causada por la evaporación del agua/alcohol..

### **Pérdida de CO<sub>2</sub> debida al burbujeo**

Aunque el término efervescencia en sentido metafórico hace referencia a un comportamiento caprichoso y frívolo (Barthes, 1959), el hecho cierto es que si observamos cuidadosamente el comportamiento de una burbuja individual, éste conlleva sorprendentemente consistencia y regularidad tanto en la frecuencia como en el tamaño como en el orden que ésta adquiere cuando asciende a través de un líquido.

### **2.3.4. FORMACIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS BURBUJAS**

La formación de la burbuja viene inducida principalmente por la presencia de núcleos. Estos núcleos pueden ser microburbujas (nucleación inducida homogénea) o bien, partículas sólidas (nucleación inducida heterogénea).

De esta maneras podemos considerar la existencia de varios procesos que podrían estar involucrados en la formación y crecimiento de las burbujas en vinos espumosos una vez abierta la botella. Realmente ninguno de ellos es conocido con profundidad y entendido en su totalidad. Estos serían:

1. Nucleación homogénea
2. Nucleación heterogénea
3. Crecimiento de microburbujas semiestabilizadas
4. Crecimiento de microburbujas estabilizadas

#### **1. Nucleación homogénea**

Una molécula individual de CO<sub>2</sub> en una disolución saturada de CO<sub>2</sub> no puede actuar como una burbuja embrionaria, ya que para el crecimiento de una burbuja se

requiere un cierto tamaño crítico inicial. Por debajo de este tamaño embrionario de burbuja, el  $\text{CO}_2$  quedará disuelto debido a la alta presión en el interior de la burbuja. Burbujas con radio del orden de pocos nanómetros tienen un exceso de presión del orden de decenas de MPa:

$$P_{\text{ex}} = 2\gamma/r$$

$\gamma$  = Tensión superficial

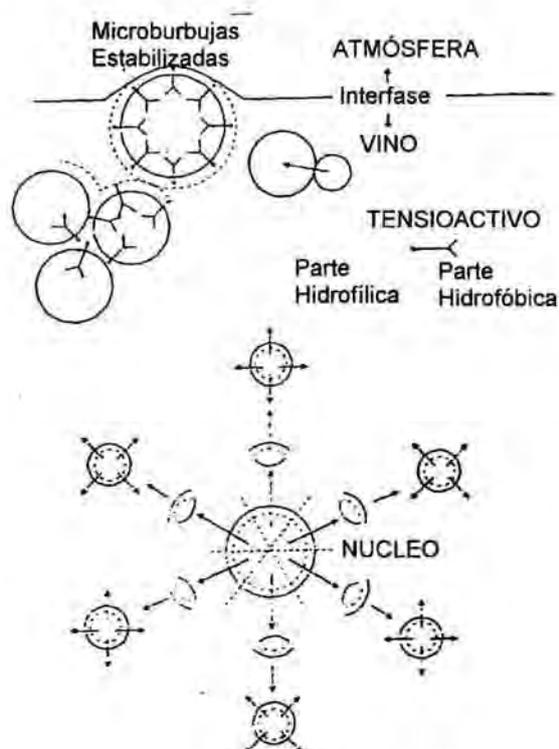
$r$  = radio de burbuja

$P_{\text{ex}}$  = exceso de presión

Para la formación de burbujas que superen este tamaño crítico y no sean redisueltas, es indispensable que la supersaturación crítica sea excedida. Existe una gran barrera energética que debe ser superada para que el proceso empiece, es decir, se debe comunicar una energía libre al sistema para crear una nueva superficie.

En un vino espumoso esta supersaturación crítica es difícil de alcanzar. Quizás las colisiones mecánicas producidas por la liberación explosiva del tapón de la botella podría producir este efecto.

La formación de microburbujas se debería a la agitación que sufren los vinos durante su manipulación y transporte (Würdig y Müller, 1979 citado por Maujean, 1992). La duración de estas microburbujas depende de la importancia y naturaleza de los tensioactivos que se concentran en la superficie de la burbuja y que, por disminución de la tensión superficial, limitan la difusión del  $\text{CO}_2$ . Debido a la disminución de la presión, que se produce al abrir la botella, las microburbujas crecen hasta estallar, lo que proporciona los núcleos necesarios para la creación de nuevas microburbujas que, a su vez, crecerán y estallarán dando lugar a más microburbujas, induciendo la formación encadenada de burbujas (Maujean, 1989 y 1992). En la figura 2.3.4. se representa la formación de burbujas por nucleación homogénea.



**Figura 2.3.4.** Representación de la formación de burbujas por nucleación homogénea.

A nivel molecular, el proceso puede ser descrito de la siguiente manera: el  $\text{CO}_2$  disuelto en la disolución agua/etanol se encuentra probablemente localizado en el volumen libre del líquido, es decir, en el 10% del espacio no ocupado por el líquido en la botella, como si estuviera en una "jaula". Entonces se encuentra contenido por fuertes fuerzas intramoleculares (van der Waals). Al abrir la botella y producirse una oleada de  $\text{CO}_2$  que pasa a su través, decrece la densidad, es decir, el número de moléculas alrededor del  $\text{CO}_2$ , asegurando que algunas moléculas disueltas de dióxido de carbono se desprendan de la disolución. La liberación del dióxido de carbono acumulado puede favorecer la superación del tamaño crítico necesario para la formación de una burbuja y permitir su posterior crecimiento (Bach et al., 1992).

La nucleación de burbujas producidas por este proceso, puede ser llamada nucleación homogénea ya que no precisa la presencia de superficies sólidas microscópicas. Un punto de nucleación homogénea produce una sola burbuja, la

cual, en el caso de una botella de vino espumoso abierto, crece alcanzando la superficie y perdiéndose del sistema. Este hecho contrasta con la nucleación heterogénea donde un punto de nucleación puede continuar produciendo burbujas durante horas (Jordan y Napper, 1987).

Este fenómeno de nucleación inducida homogénea por microburbujas estabilizadas que se generan por agitación es apreciado en las entregas de premios de carreras automovilísticas o en casa del consumidor, sin embargo resulta un problema a nivel de las cadenas de degüelle, donde las botellas debido a la velocidad, se agitan con anterioridad, pudiendo provocar pérdidas de líquido (Bidan et al., 1986; Maujean, 1989).

### **2. Nucleación heterogénea**

Es un proceso importante en la formación de burbujas en los vinos espumosos. Ocurre tan pronto como se establece la supersaturación y no se encuentra obstaculizada por una significativa barrera energética tal y como se encontraba la nucleación homogénea. La nucleación heterogénea se encuentra favorecida por la presencia de superficies microscópicas, ya sean éstas su presencia a un hecho fortuito o a su adición deliberada. Éstas hacen disminuir la barrera de energía libre, condición necesaria para la formación de burbujas. En este sentido en la nucleación heterogénea estas superficies microscópicas actúan como catalizadores que promueven la formación de burbujas de manera continuada.

Una amplia gama de superficies microscópicas pueden ser consideradas como inicio de nucleación: desperfectos, rayas, motas ocasionadas tanto en la botella de vino espumoso como en la copa y sólidos insolubles, pequeñísimas partículas de corcho, polvo, moho, pequeñas partículas provenientes de las lías de fermentación, clarificante pero sobretodo es debida a las microcavidades presentes en los microcristales de bitartrato potásico y a las superficies de la copa, los cuales contienen en su estructura pequeñas acumulaciones de gas (cualquier gas), en el cual podría empezar el crecimiento de una burbuja. Probablemente las acumulaciones de gas se deben a

fuerzas capilares. En el caso de que estas partículas o imperfecciones no contuvieran gas, no actuarían como punto de nucleación (Guggenberger, 1962; Würdig y Müller 1979), es decir, un vino puede contener un sinfín de material suspendido el cual no actuará en el burbujeo, a no ser que contenga gas en su interior.

Para los puntos de nucleación heterogénea en la superficie de una botella o en la copa del vino espumoso, los depósitos de gas atrapado pueden ser de aire que no ha sido expulsado de estas cavidades situadas en los defectos de la botella, durante el embotellado o cuando el vino se vierte en la copa, o puede ser dióxido de carbono generado *in situ* en un lugar de alta energía. Los lugares de alta energía en una superficie sólida constituyen lugares preferenciales para la adsorción de moléculas de gas, ya que la adsorción en estos lugares permite una reducción de la energía libre de superficie que no tendría lugar si se adsorbieran en algún otro sitio.

Como ya ha sido mencionado, los puntos de nucleación heterogénea normalmente causan nucleación repetida y continuada, el denominado rosario de burbujas. Una vez que una burbuja ya se ha desprendido de su punto de nucleación, se forma otra burbuja y así continuamente. Durante el proceso de burbujeo, sin embargo los puntos pueden llegar a inactivarse, lo que podría ser debido a la pérdida del gas atrapado en ese lugar.

Casey (1988) desarrolla una teoría de formación repentina de burbujas a partir de microcavidades, indicando que, para que se formen burbujas por nucleación, las microcavidades deben tener un radio de curvatura como mínimo igual al definido como crítico por la ley de Laplace:

$$P=2*\gamma/Rc$$

Donde:

P= diferencial de presión

$\gamma$ =tensión superficial

Rc=radio crítico

Es decir, un radio tal que la presión de la burbuja impida la difusión y la redisolución del CO<sub>2</sub> en el vino. Por ejemplo, para una presión diferencial de 4 bars y una tensión superficial de 40 mN/M, el radio de la burbuja naciente debe ser superior o igual a 0,2 micrómetros. Además, también es necesario que la superficie de la microcavidad sea de naturaleza lipófila, de tal manera que se mantenga resistente a ser mojado y no se llene de vino. A partir de las microcavidades se forma una burbuja naciente, que va expansionando su volumen hasta que se somete a la fuerza de ascensión gravitacional según la ecuación de STROKE, dejando tras de ella una burbuja en formación.

$$V=2g\rho R^2/g\eta$$

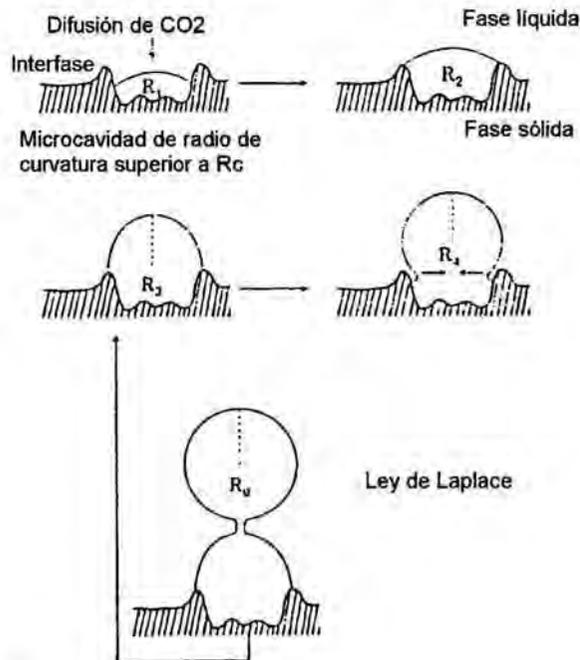
V: velocidad de ascensión de una burbuja

$\rho$ : densidad

$\eta$ : viscosidad

En la figura 2.3.5. se esquematiza el proceso de formación de burbujas por nucleación inducida heterogénea.

FORMACIÓN REPETITIVA DE UNA BURBUJA A PARTIR DE UNA MICROCAVIDAD



**Figura 2.3.5.** Esquema del proceso de formación de burbujas por nucleación inducida heterogénea.

En una completa ausencia de microcavidades, los vinos espumosos a temperatura ambiente podrían requerir presiones alrededor de 1000 atm para que tuviera lugar una espontánea formación de una burbuja (Casey, 1995)

### **3. Crecimiento de microburbujas semiestabilizadas**

Würdig y Müller (1979) basándose en los trabajos publicados por Guggenberger y Kleber (1964), proponían que las burbujas introducidas en un vino espumoso por agitación durante el transporte (o durante el embotellado o proceso de transferencia del vino) pueden llegar a estabilizarse en el vino espumoso. Muchas de las burbujas formadas flotarán en la superficie y se romperán, pero las más pequeñas pueden permanecer dentro del vino en botella cerrada y lentamente disolverse debido al propio exceso de presión. La pérdida del CO<sub>2</sub> de estas burbujas puede estar condicionada por los tensioactivos adsorbidos en la interfase dando lugar a burbujas con una vida media bastante larga, días, semanas....; si cuando se abre la botella, todavía existen, podrán crecer de nuevo. Por cada microburbuja se formará en el vino una sola burbuja, es decir, éstas escaparán rápidamente después de abrir la botella. Este efecto fue observado por Casey (1988), al abrir varias botellas, las cuales previamente habían sido agitadas. Observó el crecimiento de microburbujas semiestabilizadas utilizando un controlador de liberación de presión. Sin embargo, aún hoy día se desconoce si estas microburbujas tienen un periodo de vida largo.

### **4. Crecimiento de microburbujas estabilizadas**

Guggenberger y Kleber (1964) y Würdig y Müller (1979) desarrollaron la "teoría de las microburbujas". Sugirieron que dependiendo de la composición química de un vino espumoso, los agentes tensioactivos rápidamente adsorbidos en la interfase líquido/gas pueden de hecho tanto estabilizar como reducir la burbuja. La reducción de una burbuja, con la consiguiente concentración de sus tensioactivos, puede deberse quizás a la desnaturalización de las proteínas en presencia de iones metálicos, permaneciendo éstos en la capa de superficie debido a la poca habilidad que tienen de disolverse en el volumen de la disolución. Finalmente cuando las burbujas se reducen

suficientemente, los agentes tensioactivos alterados pueden llegar incluso a actuar como membranas impermeables al gas, con pequeñas cantidades de gas atrapado en su interior. Por consiguiente estas burbujas reducidas llegan a ser estables en el vino, considerándose microburbujas estabilizadas. Este hecho fue observado en cervezas por Guggenberger y Kleber (1964).

### **5. Otras fuentes de crecimiento de burbujas**

Cuando el vino espumoso es servido en una copa se pueden observar dos nuevos procesos de formación de burbujas debidos a:

1. El gas atrapado en la superficie no húmeda
2. Las burbujas involucradas en la agitación del vino espumoso

#### ***1. El gas atrapado en la superficie no húmeda***

Cuando el vino espumoso es vertido en una copa, si la superficie de ésta es hidrofóbica, las moléculas de tensioactivo en la superficie del líquido serán atraídas por la superficie de la copa, este hecho es energéticamente ventajoso. Las moléculas en contacto con el gas tendrán tendencia a atrapar aire entre la superficie de esta capa formada y la copa, esto es, la superficie no estará totalmente húmeda. Este gas atrapado podrá actuar como un punto de crecimiento. Las burbujas formadas por este efecto tienden a ser grandes.

#### ***2. Burbujas involucradas en la agitación del vino espumoso***

Cuando las burbujas se forman por la agitación del vino, ya sea al verterlo o al agitarlo en la copa, estas burbujas presentan diferentes tamaños. En una disolución sobresaturada estas burbujas crecen rápidamente dirigiéndose hacia la superficie donde contribuyen a la espuma.

## Crecimiento y tamaño de burbuja

Las burbujas que provienen de la nucleación heterogénea son las que pueden ser observadas y medidas más fácilmente. Su crecimiento y consecuentemente su tamaño en una disolución de vino sobresaturada de  $\text{CO}_2$  se ve afectado por:

1. La proporción de  $\text{CO}_2$  difuso en el lugar, el cual se encuentra relacionado con el grado de sobresaturación (alterado a medida que se pierde el  $\text{CO}_2$  del sistema), la temperatura y la turbulencia del vino.
2. Tensioactivos adsorbidos durante el crecimiento de la superficie de la burbuja, que influirán en el grado de difusión de la burbuja, es decir, pueden impedir la entrada de gas en la burbuja.
3. La naturaleza de la burbuja una vez separada de su punto de nucleación. La burbuja se separará de su punto de formación en el momento en que sea capaz de flotar, y este hecho se verá influenciado obviamente por la naturaleza específica del punto.

Estas observaciones indican que el tamaño de burbuja dependerá del lugar dónde se forma. También es posible que muchas microburbujas crezcan de un punto de nucleación y que exista coalescencia de estas burbujas antes de que se rompan en la superficie.

Las burbujas formadas en un punto de nucleación, continuarán creciendo, atravesarán toda la disolución sobresaturada de  $\text{CO}_2$  hasta alcanzar la superficie. Cuanto más pequeña sea la burbuja, tardará más tiempo en alcanzar la superficie y consecuentemente dispondrá de más tiempo para crecer, este estado de crecimiento tiende a conferir a la burbuja un tamaño más homogéneo. Codrington (1985) midió el tamaño de una burbuja formada por nucleación heterogénea estableciéndolo dentro de un intervalo entre 30 y 120 micrones.

Las burbujas producidas por agitación o aquellas que se producen por microburbujas semiestables se encuentran sometidas a la influencia del mismo crecimiento que las producidas por los puntos heterogéneos después de su separación. Las burbujas de gas son retenidas en los puntos no húmedos de la superficie de una copa de vino espumoso creciendo por difusión hasta alcanzar un tamaño lo suficientemente grande que les permita flotar. Estas burbujas a menudo se caracterizan por ser bastante grandes.

### **Tiempo de retención del CO<sub>2</sub>**

El tiempo de retención del CO<sub>2</sub> para un grado de sobresaturación dado, está condicionándose encuentra influido por el número de puntos de nucleación y por los factores que influyen en el grado de crecimiento de nuevas burbujas individuales.

### **2.3.5. FENÓMENOS QUE TIENEN LUGAR AL ABRIR UNA BOTELLA DE VINO ESPUMOSO**

Mientras el vino espumoso permanece en botella cerrada, no se aprecia efervescencia debido a que la presión parcial del CO<sub>2</sub> en el líquido permanece en equilibrio con la presión de vapor; sin embargo, al abrir la botella y romper este equilibrio pueden tener lugar diversos fenómenos:

#### **1. Comportamiento normal**

Si la botella ha sido enfriada, sin agitar y el tapón de corcho extraído cuidadosamente, inicialmente debería haber un escape de gas y un inmediato burbujeo que no causaría una excesiva espumación.

El vino debería continuar burbujeando con finas burbujas provenientes de los puntos de nucleación de la superficie de la botella. Cuando se libera la presión y el vino deriva hacia una condición sobresaturada metaestable, los puntos iniciales de burbujeo son en su gran mayoría puntos de nucleación heterogénea, aunque también puede

observarse alguna contribución de las microburbujas semiestabilizadas, las cuales crecen y se disipan rápidamente.

Las burbujas son emitidas de forma continua principalmente a partir de puntos de nucleación de la superficie de la botella, algunos de ellos, una vez formados, pueden desprenderse de la botella y alcanzar la masa líquida.

## 2. Explosión y derrame de vino espumoso

Este hecho puede ser debido a dos efectos:

**Primer tipo.** En ocasiones, este hecho se debe al excesivo número de puntos de nucleación heterogénea, debido a la mala calidad del vidrio de la botella, aunque cabría recordar que no todas las partículas actuarán como puntos de nucleación.

Este elevado número de puntos de nucleación produce tal cantidad de burbujas que forman la espuma, que no tienen tiempo de colapsarse antes de que la espuma se vierta de la botella. Un aumento en la temperatura, incrementará este efecto.

Si agitamos la botella, este efecto se deberá además al crecimiento de microburbujas semiestabilizadas. Este tipo de “explosión” en el vino puede verse reducido, si dejamos reposar previamente la botella durante un tiempo suficiente.

**Segundo tipo.** Fue descrito por Würdig y Müller (1979), cuando se extrae el tapón de corcho, el vino permanece opaco y uno o dos segundos más tarde explota, ocasionando la pérdida de vino. Este efecto que también fue observado en cervezas por Guggenberger y Kleber (1964), se explica en términos de microburbujas estabilizadas. Cuando se produce la liberación de presión al extraer el tapón de corcho, la presión de la microburbujas estabilizadas es mayor que la presión en su entorno lo que provoca que exploten, ya que la película que las engloba no es muy rígida. Esta explosión también crea una nueva interfase gas/líquido, a través de la cual el CO<sub>2</sub> puede difundirse y crecer. El crecimiento ocurre rápidamente, en una primera etapa, ya que el

CO<sub>2</sub> que se encuentra disuelto en las cercanías difunde rápidamente hacia la burbuja, pero posteriormente este CO<sub>2</sub> se agota o reduce. La difusión de las moléculas de CO<sub>2</sub> a través de grandes distancias sigue una cinética muy lenta.

Estas burbujas necesitan de 1 ó 2 segundos para alcanzar un tamaño suficiente (de 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-3</sup> cm.) y comenzar la ascensión. Este rosario de burbujas favorece el contacto de la burbuja con la disolución rica en CO<sub>2</sub>. De esta manera las burbujas aumentan de tamaño hasta llegar a verterse de la botella.

### **3. Burbuja y espuma cuando se vierte el vino espumoso en una copa**

De una burbuja se espera que sea de tamaño pequeño y que ascienda lentamente hacia la superficie y esto depende en gran parte de la superficie de la copa, de la concentración de CO<sub>2</sub> y de la temperatura y profundidad del líquido (Casey, 1995).

Cuando un vino espumoso es vertido en una copa limpia, libre de tensioactivos, idealmente tienen lugar los siguientes fenómenos:

1. Tiene lugar una rápida y enérgica evolución de las burbujas de CO<sub>2</sub> formadas a partir de varios puntos de nucleación heterogénea.
2. La espuma, que durante el vertido puede formar una capa del orden de varios centímetros de espesor, rápidamente colapsa en una fina capa de espuma hasta observarse solamente la denominada corona de espuma. Esta corona se alimenta de rosarios de burbujas provocados por nucleación heterogénea que al ascender verticalmente hacia la superficie se desplazan hacia el borde de la copa alimentando esta corona. Esta corona podría permanecer hasta más de una hora.

Si explicamos este efecto en términos físicos previamente definidos, observamos:

1. El crecimiento de las primeras burbujas formadas al verter el vino espumoso

es debido al aire atrapado por la superficie del líquido durante el vertido en la copa. Estas burbujas crecen y alcanzan la superficie.

2. El crecimiento de estas burbujas libremente formadas da lugar a un tipo de burbujas no persistentes ya que el aire queda retenido en la superficie todavía no húmeda de la copa.
3. Nucleación heterogénea a partir de determinados puntos de la superficie de la copa donde se ha servido el vino espumoso.

Después de la esta primera espuma formada no persistente tiene lugar el burbujeo a partir de los puntos de nucleación heterogénea, principalmente sobre la superficie de la copa, pero también a partir de otras diminutas partículas presentes en la masa de líquido. Este burbujeo puede permanecer hasta incluso horas.

Antes de abordar el tema de la espuma propiamente (considerada como el segundo fenómeno formado a partir de las burbujas), la corona de espuma y el movimiento de las burbujas a través de la superficie, se hace necesario mencionar las propiedades de esta espuma.

La elevada espuma que se forma tras el vertido en la copa, esta sujeta a un rápido y violento colapso, debido a la combinación de varios efectos:

1. Reducción del grosor laminar de cada burbuja debido al drenaje gravitacional y al efecto de succión del margen.
2. El colapso de la espuma causado por la difusión del  $\text{CO}_2$  de burbuja a burbuja, causa una nueva disposición y mecanismos de colisión. La difusión del  $\text{CO}_2$  a la atmósfera también contribuye a la desaparición de burbujas.
3. La evaporación del alcohol de una gran superficie de área como pueden ser la película de la burbuja, hace establecer diferentes gradientes de tensión superficial en la película lo cual favorece la ruptura de la burbuja y el colapso de la espuma.

Tras el colapso inicial de la espuma, cuando la espuma se reduce a pocos mm. el proceso se establece más lento, quizás debido al efecto de capilaridad con la superficie o quizás también debido a que esta destrucción de la espuma alcanza un equilibrio con el burbujeo proveniente de la parte inferior del líquido. El movimiento de las burbujas hacia los bordes de la copa, donde se forma la corona de espuma, puede ser explicado en parte por el gradiente de tensión superficial que se establece en la superficie del líquido debida a la evaporación del etanol y de los compuestos volátiles de elevada concentración en el vino (Tuinier et al., 1996).

Las moléculas de etanol, las cuales en la superficie están constantemente en evaporación, tienden a ser reemplazadas por el etanol de la masa del líquido. Sin embargo en las cercanías del menisco de vino (que abarca aproximadamente un 5 % de la superficie), esta reposición del etanol se ve obstaculizada. Esto significa que la concentración superficial de etanol en esta área se encuentra disminuida (con la consiguiente subida en tensión superficial), de esta manera también se establece un gradiente de tensión superficial entre el centro de la superficie de la copa y su circunferencia. Para restablecer este gradiente, es decir, para reducir la tensión superficial en el menisco, la mayor concentración de etanol en el centro de la copa deberá redistribuirse hacia la circunferencia, de forma que cualquier burbuja que emerja en el centro de la copa será desplazada hacia los bordes de la copa. De esta manera la corona de espuma se va alimentando, sino también acabaría colapsándose.

La simetría de la corona de espuma puede verse alterada por efectos térmicos o tensioactivos extraños debidos a la suciedad de la copa o por movimiento.

### **2.3.6. FACTORES QUE ESTABILIZAN Y DESESTABILIZAN LA ESPUMA**

Para que tenga lugar la formación de una burbuja es necesario que se forme la película líquida que englobe al CO<sub>2</sub>, lo que supone un incremento de la superficie libre del líquido (condición relacionada con la tensión superficial), pero para poder observar la formación de la espuma es condición indispensable que la película líquida mantenga su individualidad frente a otras burbujas vecinas, posibilitando la estructuración de esta

espuma (Comellas *et al.*, 1991).

La burbuja, considerada la unidad de la espuma, es una película líquida de espesor variable. Existen fenómenos físicos que provocan una disminución de esta película y consecuentemente desestabilizan la espuma; y existen otros fenómenos físicos que impiden la reducción de la película, estabilizándola.

La espuma formada cuando se vierte un vino espumoso en una copa se produce por agregación de burbujas de CO<sub>2</sub>, recubriéndose cada una de ellas por una película de líquido. Esta película líquida fundamentalmente está formada por una disolución de agua/etanol, donde se encuentran disueltos una gran diversidad de compuestos químicos incluyendo los compuestos tensioactivos.

La espuma, que puede relacionarse con una gruesa dispersión de CO<sub>2</sub> en un líquido es, en volumen, una gran cantidad de gas. Inicialmente, la espuma se conoce como una espuma húmeda y comprende películas de líquido o laminillas de grosor variable entre 1000 y 2000 nm, siendo las burbujas independientes unas de otras y manteniendo su forma esférica, ya que ésta es la única que garantiza la mínima área para un volumen dado. Incluso mientras tiene lugar el vertido del vino espumoso coinciden simultáneamente fenómenos de coalescencia y colapso. Son varios los efectos contribuyen a esta desestabilización.

## 1. DESESTABILIZACIÓN DE LA ESPUMA

### • Efecto gravitacional o drenaje del líquido

Es el trasvase del líquido que forma parte de la espuma hacia la fase continua a consecuencia de la gravedad, de las diferencias de presión y/o de la evaporación. La presión interna de las burbujas, **P**, descrita por Cheffel *et al.* (1993), la da la ecuación de presión capilar de Laplace:

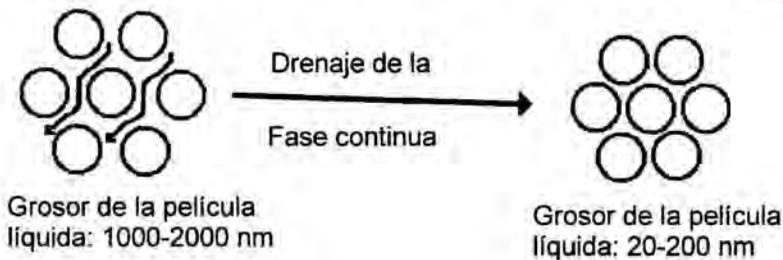
$$P = P_{atm} + \frac{2\gamma}{R}$$

**Patm:** Presión atmosférica. Expresada en Pascales (Pa)

$\gamma$ : Tensión interfasial. Expresada en Newton (N) /metro (m)

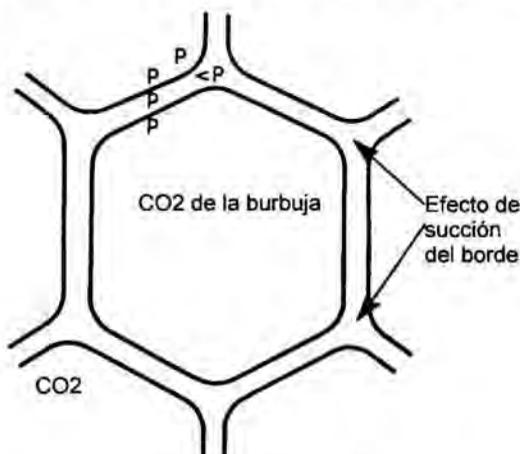
**R:** Radio de curvatura de las burbujas. Expresada en metros

Las tensiones interfasiales bajas y los diámetros de burbuja grandes tienden a disminuir la presión interna y consecuentemente el drenaje. Éste se produce durante la formación de la espuma y su persistencia se ve favorecida por índices elevados de expansión de espuma. Así mismo, el tiempo es el responsable de la reducción del grosor y de la resistencia de las paredes de las burbujas haciéndolas más frágiles, este motivo, principalmente se encuentra influido por la viscosidad (Robillard *et al.*,1993). El drenaje disminuye cuando la fase líquida es más viscosa (figura 2.3.6).



**Figura 2.3.6. Efecto gravitacional del drenaje**

Inicialmente, la coalescencia y el colapso tienen lugar simplemente debido al efecto gravitacional del drenaje del líquido de las laminillas, haciendo que éstas sean cada vez más finas. Este drenaje contribuye significativamente a la distorsión de la forma de las burbujas, pasando de la forma esférica a la poliédrica (figura 2.3.7.).

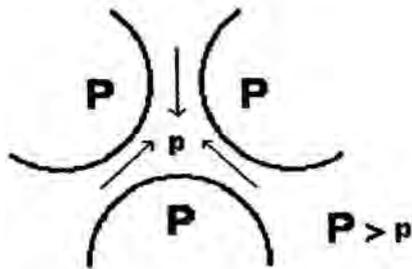


**Figura 2.3.7. Distorsión de la forma de la burbujas de la la forma esférica a la poliédrica.**

- Efecto *plateau*, de linde, ventosa o de succión del margen

Una vez ya se han empezado a formar las estructuras poliédricas, tiene lugar otro efecto que da lugar a la misma consecuencia negativa: reducción del grosor de la laminilla.

Es debido a la débil presión que se produce en el punto de encuentro de tres burbujas, produciéndose una aspiración del líquido que constituye la pared de la burbuja. Consecuentemente se reduce el grosor de la película líquida (Maujean, 1992) (figura 2.3.8.).



**Figura 2.3.8.** Efecto *Plateau*, de linde, de ventosa o de succión del margen.

La presión en este punto de encuentro entre 3 células poliédricas es menor que en el canal, en la laminilla o dentro de la célula, haciendo que el líquido drene hacia este lugar de mínima presión. Este hecho produce el debilitamiento de la laminilla que pasará a un espesor de entre 20 y 200 nm. La espuma formada, cuando se produce el efecto ventosa, se denomina espuma seca.

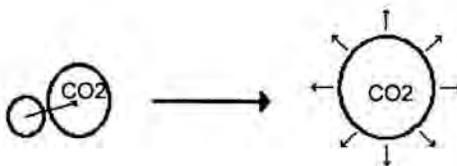
En este estadio, la estabilidad de la espuma depende de la resistencia de estas delgadas laminillas a posteriores reducciones de grosor por las colisiones al azar, pudiendo ser causadas por evaporación, movimientos mecánicos, térmicos o cambios químicos que impactarían en la espuma provocando el colapso.

Si esta reducción del grosor alcanza niveles inferiores entre 5 y 10 nm. (en

ausencia de factores estabilizadores), las burbujas de  $\text{CO}_2$ , interaccionarán entre ellas debido a las fuerzas de van der Waals provocando su coalescencia. De hecho, la espuma es raramente, si la hay, termodinámicamente estable, mejor dicho, sería **metaestable**, su aparente estabilidad se debería a la lenta cinética de destrucción por la que se gobierna.

• **Difusión de  $\text{CO}_2$  entre burbujas (*desproporción o maduración de Ostwald*)**

Consiste en el transporte neto de materia desde las burbujas pequeñas a las de mayor tamaño, de esta manera las grandes crecen y las pequeñas se disuelven (Alain, 1985; Markworth, 1985). Se debe a la solubilidad del gas en la fase acuosa (interburbuja) por la diferencia de presión entre burbujas de diferente tamaño. La magnitud de este fenómeno variará principalmente, en concordancia con la solubilidad del gas y el grosor de la pared de burbuja (Robillard *et al.*, 1993), anteriormente denominada laminilla. También produce reducción de la estabilidad y del volumen de espuma (figura 2.3.9.).



**Figura 2.3.9.** Difusión de  $\text{CO}_2$  entre burbujas.

Éste puede ser un proceso rápido incluso sin tener lugar la coalescencia. Como hemos explicado anteriormente, una burbuja en un líquido, tiene un exceso de presión ( $P_{ex}=2\gamma/r$ ), de esta manera el exceso de presión del dióxido de carbono en una burbuja pequeña es mayor que en una burbuja de mayor tamaño, pertenecientes ambas a la misma espuma. Las moléculas de dióxido de carbono en una burbuja pequeña, pueden reducir su energía libre migrando hacia una burbuja mayor. Este hecho tiene lugar por migración del  $\text{CO}_2$  a través de las laminillas. En este proceso, las moléculas de  $\text{CO}_2$  son de nuevo liberadas en forma de gas. El grado de difusión de un gas a través de una película líquida se encuentra inversamente relacionado con el grosor de la película. El

tiempo necesario para que una molécula de  $\text{CO}_2$  pase a través de una película líquida de 100 nm es del orden de 1 microsegundo.

Otro factor que afecta al transferimiento de masa entre burbujas es la naturaleza de la película, en la interfase burbuja/líquido. Por supuesto, cuanto mayor sea el crecimiento de las burbujas grandes a expensas de las pequeñas, el grupo de burbujas que formarán la espuma tomará una nueva disposición, lo que junto con la posibilidad de colisiones mecánicas, iniciarán la destrucción de la espuma.

- **Difusión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera. Coalescencia**

Es la ruptura de las laminillas líquidas que separan las burbujas de gas dependiente del grosor de la película. Este fenómeno comporta la distribución del volumen de la burbuja que irá aumentando, produciendo burbujas grandes y finalmente el colapso de la espuma, con la consecuente reducción del volumen total de espuma.

La difusión del  $\text{CO}_2$  por encima de la superficie de la espuma, es decir a la atmósfera, causará considerables pérdidas de espuma. Cuando la espuma ya ha descendido en la copa, la presión parcial de  $\text{CO}_2$  en la superficie de la espuma decrece debido a la densidad del gas, este hecho reduce el grado de difusión desde las burbujas a la atmósfera y convella falta de finura y elegancia. Según Cheftel et al. (1993), una distribución uniforme de burbujas pequeñas, normalmente, proporciona cuerpo, suavidad y ligereza al alimento y aumenta la dispersión y perceptibilidad de los aromas.

- **Agentes antiespumantes o inhibidores**

Volviendo a los factores desestabilizantes, deberíamos anotar que ciertos compuestos químicos son capaces de prevenir la formación de espuma. Su mecanismo de actuación será por adsorción en la película, impidiendo la adsorción de los compuestos que estabilizarán la espuma. Son inhibidores por si mismos, poseen una estructura química incapaz de conferir estabilidad a la espuma. Como resultado, cuando

se produce la reducción en el grosor de la película aleatoriamente, los agentes tensioactivos son incapaces de reparar este daño, por difusión sobre el área debilitada, de este modo no pueden reparar la inestabilidad. Un ejemplo de esta hecho podría ser la inclusión de un lípido en una proteína estabilizadora de la espuma.

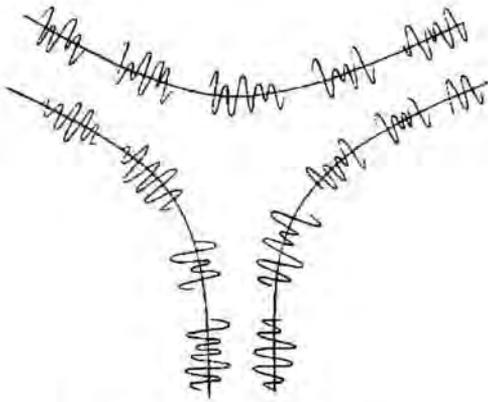
Todos estos efectos desestabilizadores actúan en un líquido puro, reduciendo la vida media de las burbujas a pocos segundos. Sin embargo, en el caso de un vino espumoso donde coexisten tensioactivos, cuando el grosor de las laminillas se ve reducido a valores de entre 20 a 200 nm. por efectos gravitacionales o de ventosa, tienen lugar los factores estabilizadores de la espuma.

## 2. ESTABILIZACIÓN DE LA ESPUMA

Los factores estabilizadores de la espuma tienen lugar gracias a la adsorción de agentes tensioactivos en la interfase gas/líquido. Es decir, tal adsorción puede prevenir o minimizar futuras reducciones en el grosor de la laminilla confiriendo resistencia a esta película. Este hecho se consigue reduciendo la permeabilidad del CO<sub>2</sub> a través de la superficie de la burbuja. Tal estabilidad, es conferida a la espuma por varios mecanismos o por combinación de ellos. Estos mecanismos proporcionan una superación de la barrera energética contra la coalescencia de las burbujas y resistencia a las colisiones. Los mecanismos más importantes serían repulsión estérica, repulsión de la bicapa y efecto de la viscoelasticidad. Algunos de estos efectos consideran también el efecto Gibbs y el efecto Marangoni, que a continuación explicamos:

### • Repulsión estérica

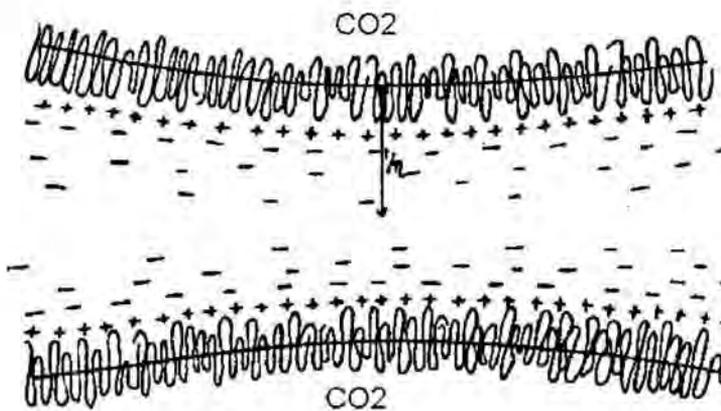
Los tensioactivos poliméricos, como las proteínas, pueden conferir estabilidad mediante mecanismos estéricos (figura 2.3.10.). Las cadenas de polímeros hidrofóbicos, incluso si poseen carga, cuando se anclan en la laminilla, crean repulsiones entre ellas. Esta repulsión, si es mayor que las fuerzas atractivas entre burbujas, confiere estabilidad a la espuma.



**Figura 2.3.10.** Repulsión estérica.

### • Repulsión de la bicapa

Muchos agentes tensioactivos naturales, poseen carga eléctrica. Estas cargas inducen a la formación de una bicapa (figura 2.3.11). Los iones de carga opuesta a la de las moléculas adsorbidas en la laminilla, se concentran delante de ella formando esta bicapa, reduciendo la energía del sistema. La colisión de estos iones con el solvente propicia la distribución de la bicapa. Cuando las burbujas interactúan a través de sus películas, las fuerzas atractivas que inducen la coalescencia son opuestas a las interacciones repulsivas provocadas por la bicapa eléctrica. El grosor de la bicapa dependerá de la fuerza iónica del sistema.



**Figura 2.3.11.** Repulsión de la bicapa.

Valores de electrolito en agua 1:1

Concentración (M)	Grosor de la bicapa (nm)
$10^{-5}$	100
$10^{-4}$	30
$10^{-3}$	10

Estos valores son del mismo orden de magnitud que las laminillas que forman la espuma estable. La presencia de electrolitos, incluso en baja concentración, puede claramente influenciar en la estabilidad de esta espuma. Cuanta mayor concentración de electrolitos mayor inestabilidad. Ya que la fuerza iónica en vinos espumosos es moderadamente alta, éste efecto es poco probable que confiera estabilidad a la espuma.

• **Efecto viscoelástico o viscosidad de la película líquida**

Cuanto mayor sea la viscosidad de la película más débiles serán los efectos desestabilizantes del drenaje y del efecto *Plateau*. El grosor de la película líquida no disminuirá tan fácilmente y consecuentemente también se reducirá el efecto desestabilizante de la desproporción o maduración de Ostwald. Además, una viscosidad elevada minimiza los efectos destructivos de los choques entre burbujas (Kinsella, 1981).

Este efecto probablemente es el que confiere mayor estabilidad a la espuma de los vinos espumosos, proporcionando burbujas resistentes a la ruptura. Una elevada viscosidad de la laminilla de la burbuja tiene lugar cuando se adsorben moléculas tensioactivas, las cuales producen repulsivos mecanismos ya sean estéricos o electrostáticos, estas moléculas tensioactivas tienen coeficientes de difusión bajos ya sea dentro o fuera de la películas, este sería el caso de aquellas moléculas de peso molecular elevado, es decir moléculas simplemente voluminosas. Cuando las moléculas químicamente interaccionan entre sí con un determinado grado de cohesión, confieren a la película de la burbuja una estructura rígida.

Tales interacciones pueden observarse tanto entre moléculas tensioactivas entre sí, como serían las proteínas de un vino, o interaccionando con moléculas no tensioactivas como los iones metálicos. Películas de este tipo pueden reducir el grado de drenaje del líquido, impidiendo el transporte de  $\text{CO}_2$  desde las burbujas más pequeñas a las más grandes y más importante aún, disminuir el efecto de la colisión entre burbujas, que producirá la coalescencia. Una alta viscosidad asociada a una elevada elasticidad de la laminilla, significará un atenuamiento al efecto producido por una colisión, incluso disipará tal efecto, ayudando con una respuesta elástica (figura 2.3.12.). Este efecto favorecerá la estabilidad de la espuma.

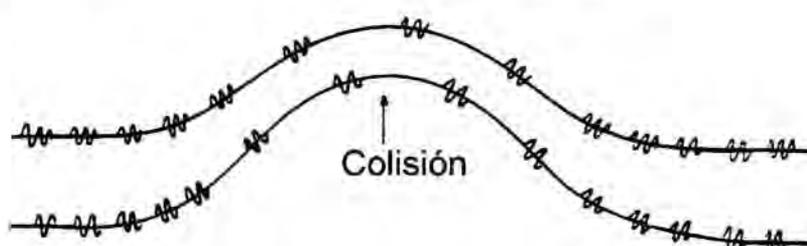


Figura 2.3.12. Efecto viscoelástico o viscosidad de la bicapa

#### • Efecto Gibbs

El tensioactivo se concentra en la interfase gas/líquido, reduciendo la tensión superficial. Este hecho induce a la formación de una doble capa de tensioactivo aire-líquido-gas, que confiere elasticidad a la película líquida que forma la burbuja, proporcionándole el poder de retracción cuando sea sometida a un estiramiento por la acción de fuerzas externas. Con este efecto se disminuye la posibilidad de ruptura (Poré, 1988; Maujean, 1989, 1992) (figura 2.3.13.).

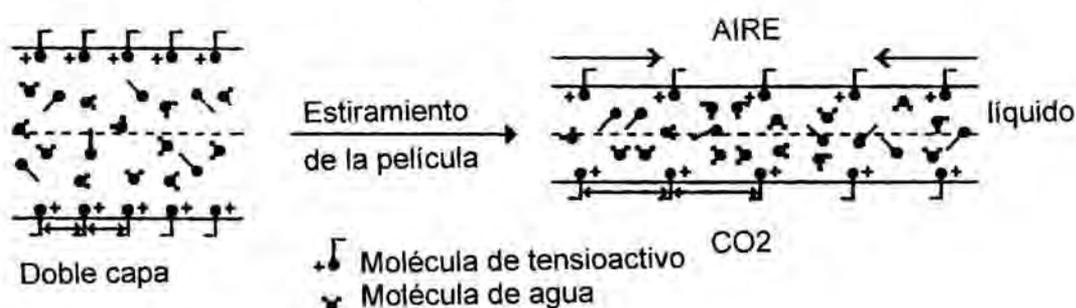
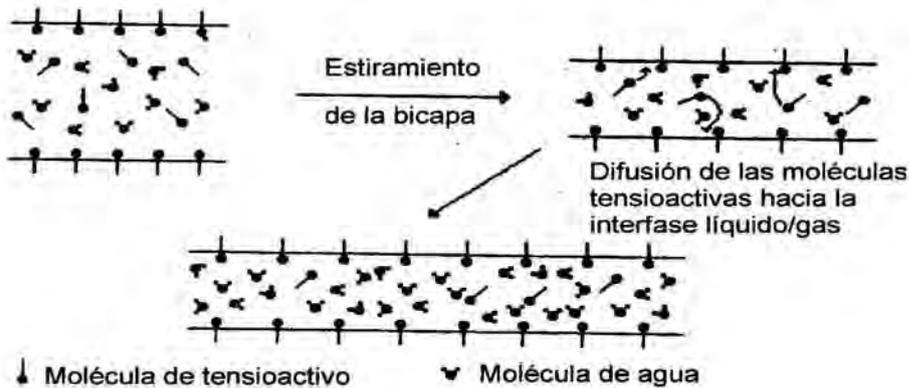


Figura 2.3.13. Efecto Gibbs.

- **Efecto Marangoni**

Es la migración de las moléculas tensioactivas, particularmente macromoléculas, del líquido subyacente hacia la fase líquido/gas de la burbuja. Es un efecto transitorio que se suma al efecto Gibbs. Un estiramiento de la película conlleva un aumento de la tensión superficial, pero debido a la difusión de moléculas tensioactivas hacia esta interfase, los niveles de tensión superficial disminuirán hasta llegar a los niveles previstos por el efecto Gibbs (Maujean, 1989, 1992). El efecto Marangoni aumenta la resistencia de la película líquida, evitando de este modo su destrucción (Kinsella, 1981) (figura 2.3.14.).



**Figura 2.3.14.** Efecto Marangoni.

- **Mejoras en la estabilidad de la espuma debidas a la presencia de polímeros de elevado peso molecular**

Polímeros y coloides de elevado peso molecular, como podrían ser proteínas, polisacáridos o glicoproteínas, tienen un importante papel en la espuma por conferir viscosidad al medio y no necesariamente se relacionan con la actividad superficial, de esta manera proporcionan fineza y persistencia (Feuillat, 1987). El drenaje que se produce en la primera fase de la formación de la espuma debido a los efectos gravitacionales y de ventosa conlleva un flujo a través de capilares. Si el vino espumoso tiene un alto contenido en coloides, este flujo puede verse más restringido, ya que será más viscoso (Dickinson, 1994). La lenta pérdida de líquido de la película de la burbuja hará aumentar la vida ésta, confiriendo estabilidad a la espuma (Jordan y Napper, 1987).

## 2.4. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESPUMOSAS

Para determinar y medir el poder espumante, obviamente, se ha de formar espuma y en la bibliografía consultada, cuando habla de espuma y poder espumoso básicamente relacionan poder espumante con concentración de proteínas. De esta manera casi todos los métodos de determinación de espuma descritos en este apartado están definidos basándose en soluciones de proteínas.

El primer problema que se plantea cuando se estudia el comportamiento espumoso de las proteínas es la variabilidad de los resultados obtenidos en diferentes trabajos. Esto podría ser debido a que los resultados dependerán del equipo utilizado y de las condiciones en las que se realicen las pruebas. Por lo que la comparación de las proteínas exige, normalizar los procedimientos y la inclusión de una proteína patrón. El patrón más frecuente es la clara de huevo (la albúmina) debido a sus excelentes propiedades espumosas, que muchos autores han comparado con otras proteínas (German *et al.*, 1985; Blade y Boulton, 1988; Arteaga y Nakai, 1993; Waniska y Kinsella, 1979; Kitabatake y Doi, 1988; Phillips *et al.*, 1987).

En la actualidad existen muchos métodos para medir las propiedades espumosas de disoluciones de proteínas con aplicación en investigación o industria alimentaria. Son muchos los autores que describen como estas propiedades espumosas de las proteínas se encuentran marcadamente influidas por las condiciones de preparación, medida, etc., (Eldridge *et al.*, 1963; Yasumatsu *et al.*, 1972; McKeller y Stadelman, 1955; Kinsella, 1976). La comparación de resultados entre diferentes laboratorios se encuentra dificultada por la diversidad de métodos utilizados (Waniska y Kinsella, 1979). Phillips *et al.* (1987) y se hace necesario el uso de un método estandarizado para medir la incorporación de aire en estas soluciones de proteínas y su estabilidad.

A lo largo de los años, son muchos los parámetros que se han utilizado para determinar el poder espumoso de diferentes tipos de alimentos, dependiendo de los aparatos de medida utilizados y la diferencia esencial entre unos y otros, depende del procedimiento o sistema de obtención de la espuma (Phillips *et al.*, 1987, 1990):

- a ) batida (*whipping*)
- b ) agitación (*shaking*)
- c ) liberación de presión
- d ) burbujeo (*sparging o injection*)

A estos métodos, habríamos de sumar el descrito por Kato *et al.* (1985) que determinan el poder espumoso por conductimetría eléctrica de la espuma producida inmediatamente después de introducir aire en, una solución de proteínas, durante 15 segundos.

En el cuadro 2.4.1. se encuentran sintetizadas las principales características de los 4 tipos de métodos, principalmente aplicados a soluciones de proteínas. En este cuadro, sólo se hace referencia a las características respecto a la **formación de la espuma**, que es dónde habría una mayor discrepancia y no en la estabilidad.

La **estabilidad de la espuma** en todos ellos viene determinada por el volumen de líquido drenado (reducción del volumen) durante un tiempo determinado y a una temperatura constante o viceversa: tiempo necesario para un drenaje o para un colapso total o semitotal (Eldridge *et al.*, 1963; McKeller y Stadelman, 1955; Mita *et al.*, 1977; German *et al.* 1985; Phillips *et al.* 1987; Maeda *et al.* 1991)

Todos tienen ventajas y inconvenientes, pero el hecho que determina el uso de uno u otro, es el tipo de espuma a analizar y el tipo de alimento como materia prima.

	PRINCIPIO de FUNCIONAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PARÁMETROS	AUTORES
<b>BATIDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· La introducción de aire en la solución se efectúa aplicando una fuerza mecánica y una acción de vaivén intensa</li> <li>· sirve para cantidades de proteína del orden del 3 al 40 %</li> <li>· es un sistema continuo, produce muchas burbujas (mucha formación de espuma) de baja densidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· es el más común para determinar espumas de soluciones de proteínas o de productos alimentarios</li> <li>· produce una dispersión del gas uniforme</li> <li>· es capaz de diferenciar las espumas (<math>p &lt; 0.05</math>) producidas por diferentes proteínas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· laboriosa preparación de la muestra: la proteína se disuelve con agua bidestilada mezclando durante 1h, se analiza el sobrenadante. La [proteína] se determina secando la muestra hasta peso constante a 100°C.</li> <li>· se necesita más volumen de muestra que por el método de burbujeo y una elevada concentración de proteína (hasta al 40%) ya que ordinariamente la adsorción de las proteínas en la interfase gas/líquido se encuentra dificultada</li> <li>· es el método que necesita más concentración de proteína para determinación de la capacidad espumosa</li> <li>· la gran tensión mecánica afecta a la formación de burbujas y a la coalescencia</li> <li>· se tiene que evitar que se produzca una agregación-coagulación de las proteínas en la interfase gas/líquido porque estas proteínas insolubilizadas no se adsorberán adecuadamente produciendo desestabilizaciones de la espuma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· mide el incremento del volumen de espuma por gravimetría y/o viscosidad</li> <li>· <b>Poder espumante</b>= 100(G/l) G: volumen de la fase gaseosa de la espuma L: volumen de fase líquida de la espuma, conociendo el peso de la espuma y la densidad del líquido. G+L sería el volumen total de espuma</li> <li>· % <b>overrun</b>= 100·100ml de solución de proteína-ml de espuma producida /ml de espuma producida</li> <li>· <b>densidad de espuma</b> (después de batir durante un cierto tiempo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Eldridge et al. (1963); McKeller y Stadelman (1955); Maeda et al. (1991); Poole et al. (1987); Kitabatake y Doi (1988) Arteaga y Nakai (1993)</li> <li>· método: Townsend y Nakai (1983); Phillips et al. (1987)</li> <li>· Halling (1981)</li> </ul>
<b>AGITACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· agitación rápida horizontal</li> <li>· sirve para cantidades de proteína del orden del 1%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· es una variación del método de batida descrito anteriormente, que utilizan otros autores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· igual preparación de la muestra que por el método de batida</li> <li>· tanto en el método de batida como en el de agitación, es difícil, pero importantísimo fijar las condiciones de tiempo e intensidad de batida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Volumen de espuma y Capacidad espumosa. Fg:</b> volumen total de gas incluido en la espuma formada (por 15 ml de disolución) <math>Fg = [(6,4Q)/Q] \cdot (15-P)</math></li> <li>· P: volumen que queda cuando sacamos la espuma</li> <li>· Q: espuma formada, (volumen de gas en la espuma/volumen total de espuma)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Yasumatsu et al. (1972); Graham y Phillips (1979 a,b,c); Maeda et al. (1991)</li> </ul>

**Cuadro 2.4.1a.** Métodos de determinación de las propiedades espumosas, a partir de los cuales, posteriormente, se han diseñado métodos concretos para la determinación de la capacidad espumosa de productos de vinificación.

Continuación del Cuadro 2.4.1a

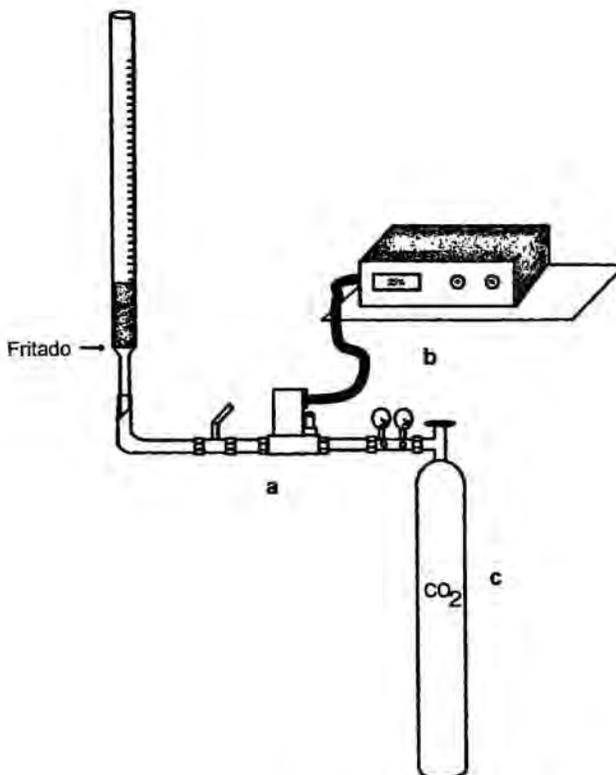
	PRINCIPIO de FUNCIONAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PARÁMETROS	AUTORES
<b>LIBERACIÓN DE PRESIÓN</b>	· liberando repentinamente la presión de una disolución previamente presurizada	· se ha podido aplicar para evaluar la cinética de desprendimiento de CO <sub>2</sub> de una botella de vino espumoso (descrito en la página 22)	· se utiliza para emulsiones (la diferencia con las espumas está en la fracción de volumen ocupada por la fase dispersa (gas) que en las espumas oscila dentro de límites mucho más amplios)	· incremento porcentual de volumen	· (aplicado en vino espumoso): Casey (1987, 1988); Gomerieux (1989); Pueyo (1994)
<b>BURBUJEO</b>	· la espuma se produce haciendo burbujear el gas através de un dispersor poroso. La emulsión gaseosa inicial se rompe, por ascensión de las burbujas y drenaje de la fase acuosa. Se separa una capa superior de verdadera espuma	· es capaz de producir espuma a partir de cantidades muy bajas de proteínas (0.01-2%) · produce poca cantidad de espuma pero de elevada densidad	· si se inyecta una gran cantidad de gas, puede convertirse en espuma la totalidad del líquido · la capacidad espumosa depende de la densidad de espuma producida	· <b>Capacidad espumante</b> = volumen de gas de la espuma (vol. máximo) / volumen de gas burbujeadado (flujo) · <b>E</b> = 100 · volumen de espuma / volumen de líquido inicial · Potencia espumosa ( <b>Fp</b> ) = gas retenido en la espuma / volumen de líquido en la espuma	· Buckingham (1970); Mangan (1958); Cumper (1953); Mita <i>et al.</i> (1977) · Robillard <i>et al.</i> (1993)

**Cuadro 2.4.1b.** Métodos de determinación de las propiedades espumosas, a partir de los cuales, posteriormente, se han diseñado métodos concretos para la determinación de la capacidad espumosa de productos de vinificación.

## 2.4.1. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESPUMOSAS EN PRODUCTOS DE VINIFICACIÓN

### A. Medida de la capacidad de formación de espuma de un vino.

Método descrito por Edwards *et al.* (1982), (figura 2.4.1.). Consiste en la utilización de una columna de vidrio graduada, en la que se introduce la muestra que se ha de analizar y por su parte inferior se hace pasar un flujo de  $\text{CO}_2$  constante y conocido. Se cuantifica el volumen de líquido mantenido en la espuma, por diferencia entre el volumen total y el volumen de líquido remanente no mezclado con la espuma. Este método es utilizado por Molan *et al.* (1982), Comellas *et al.* (1991) y por Pueyo (1994). Anteriormente Waniska y Kinsella (1979) ya habían propuesto un método parecido (para soluciones de proteínas) y basado en el método de Rudin (1957), también utilizado por Slack y Bamforth (1983) en cervezas.

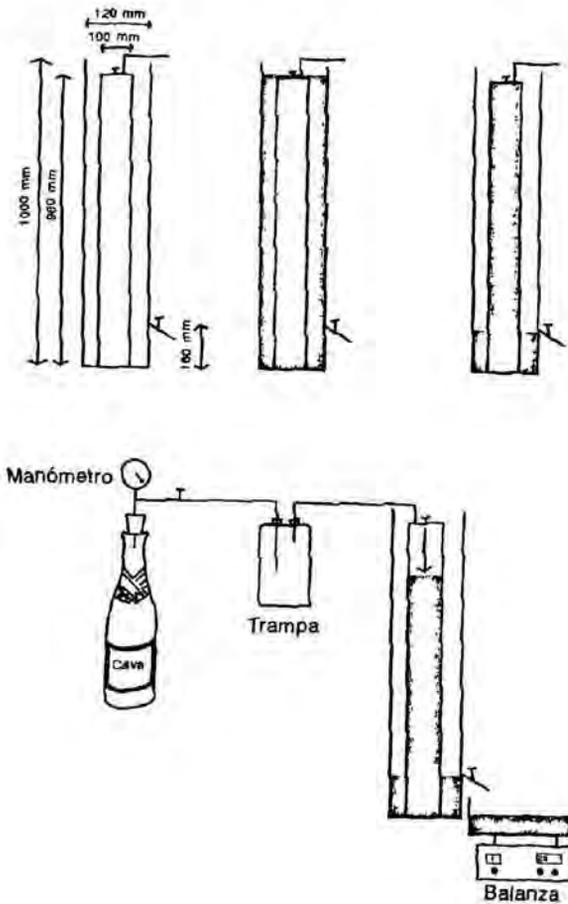


**Figura 2.4.1.** Esquema del aparato utilizado para la medida de la capacidad espumosa y de la persistencia de la espuma, descrito por Edwards *et al.* (1982)

a: medidor de masa; b: controlador de flujo; c: bombona de  $\text{CO}_2$

## B. Evaluación de la cinética de desprendimiento del CO<sub>2</sub> de una botella de vino espumoso.

Método descrito por Maujean *et al.* (1988), consiste en la medida de la masa de una disolución ácida desplazada por el CO<sub>2</sub> que se desprende de una botella con el transcurso del tiempo. Primero se desprende el CO<sub>2</sub> libre o espontáneo y después, por agitación el CO<sub>2</sub> que denominan provocado. En un vino de buena calidad espumosa el CO<sub>2</sub> tardará más en desprenderse que en otro de menor calidad de espuma. Con este método además de la calidad espumosa, es posible medir el volumen total de CO<sub>2</sub>, utilizado por Gomerieux (1989) y Pueyo (1994), (figura 2.4.2.)

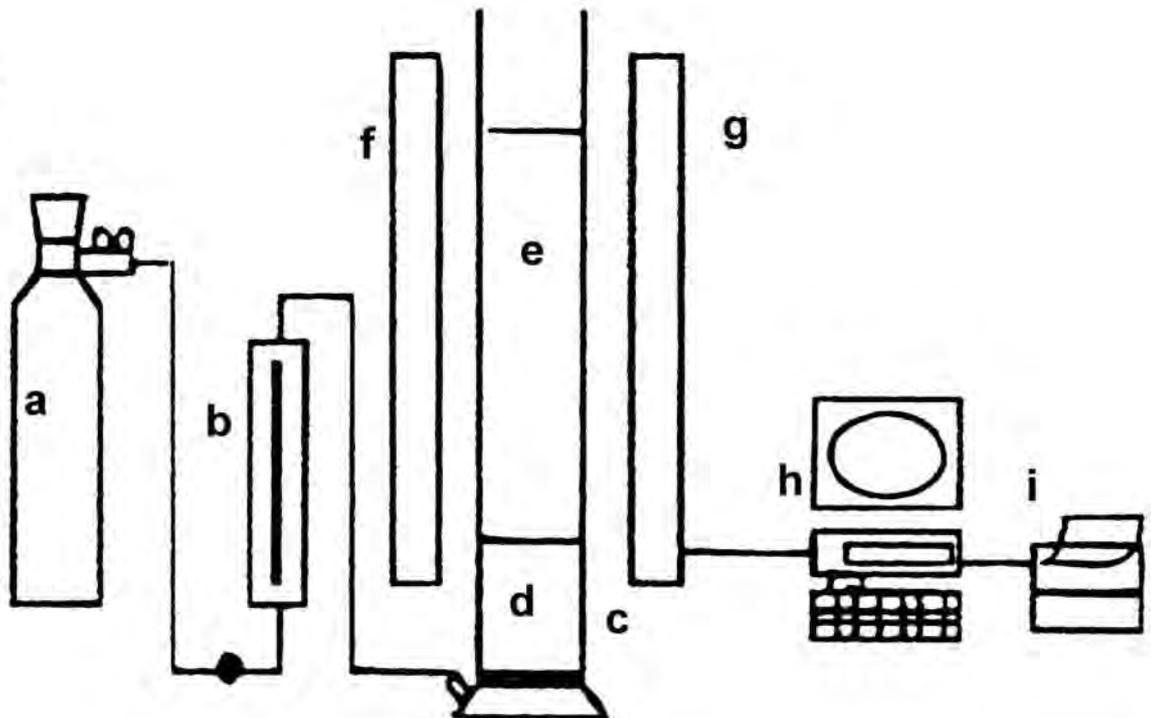


**Figura 2.4.2.** Esquema de aparato utilizado para a la medida del volumen total de CO<sub>2</sub> de los vinos escamosos y de su velocidad de desprendimiento, al abrir la botella.

Maujean *et al.* (1990) constatan la falta de técnicas de medida fiables para determinar rigurosa y comparativamente, entre diferentes laboratorios, las propiedades espumosas de los vinos. Remarca la diferencia que existe con la cerveza, ya que en esta la efervescencia es destructiva para la permanencia de espuma, al contrario que en un vino, donde la ausencia de efervescencia, excluye la presencia perdurable de la corona de espuma y propone un aparato de medida: EL MOSALUX, su principio de funcionamiento deriva del de Rudin (1957) y del de Edwards *et al.*, (1982), que permite medir las propiedades de espumabilidad, permanencia y estabilidad de la espuma, de una forma ESTANDARIZADA.

### C. MOSALUX (Maujean *et al.*, 1990).

Utilizado por Hardy (1990); Poinsaut (1991); Brissonnet y Maujean (1991, 1993); Robillard *et al.* (1993); Marchal *et al.* (1993); Malvy *et al.* (1994), (figura 2.4.3.).



**Figura 2.4.3.** Esquema del Mosalux: a: dióxido de carbono; b: controlador de flujo; c: vidrio frito; d: muestra a analizar; e: espuma; f: emisor luz infrarroja; g: receptor de luz infrarroja; h: ordenador; i: impresora

Está constituido por los siguientes elementos:

- Un módulo de medida con:
  - probeta de 40 mm de diámetro y 430 mm de altura equipada en su parte inferior con un disco de vidrio fritado y un pequeño tubo lateral debajo el disco poroso que permitirá inyectar gas carbónico, en el líquido que se ha de examinar.
  - emisor de luz infrarroja
  - receptor fotoeléctrico para medir la altura de la espuma
  - aforador de bolas para regular el flujo
- Un microordenador compatible IBM
- Una impresora de cuatro colores

### ***Principio de funcionamiento***

Se inyecta gas carbónico en la base de la probeta, que contiene 100 ml de la muestra que se ha de analizar (mosto, vino o cava). El gas carbónico, liberado a una presión y flujo constante, produce espuma, su altura varía en función de la capacidad espumosa del vino. La altura de la espuma, que es medida de manera continua gracias al sistema emisor-receptor, es inversamente proporcional a la señal de 0-10 V que emite el receptor, de acuerdo con la interrupción por la espuma del haz luminoso incidente. La señal de salida es captada por el microordenador que transforma la intensidad de la señal en mm, almacena los datos y representa una curva representativa del poder espumoso de la muestra. Esta curva, representa la evolución de la altura de la espuma provocada a lo largo del tiempo. Nos permite observar como, en primer lugar, la espuma se eleva de la probeta hasta a una altura máxima (HM), después baja hasta a estabilizarse formando una meseta con una altura constante (HS). Cuando se llega a este punto, se cierra la entrada del gas carbónico y después se mide el tiempo necesario para que la espuma desaparezca completamente (TS). Que traducidos en lenguaje visual para el consumidor representarían (en la figura 2.4.4.).

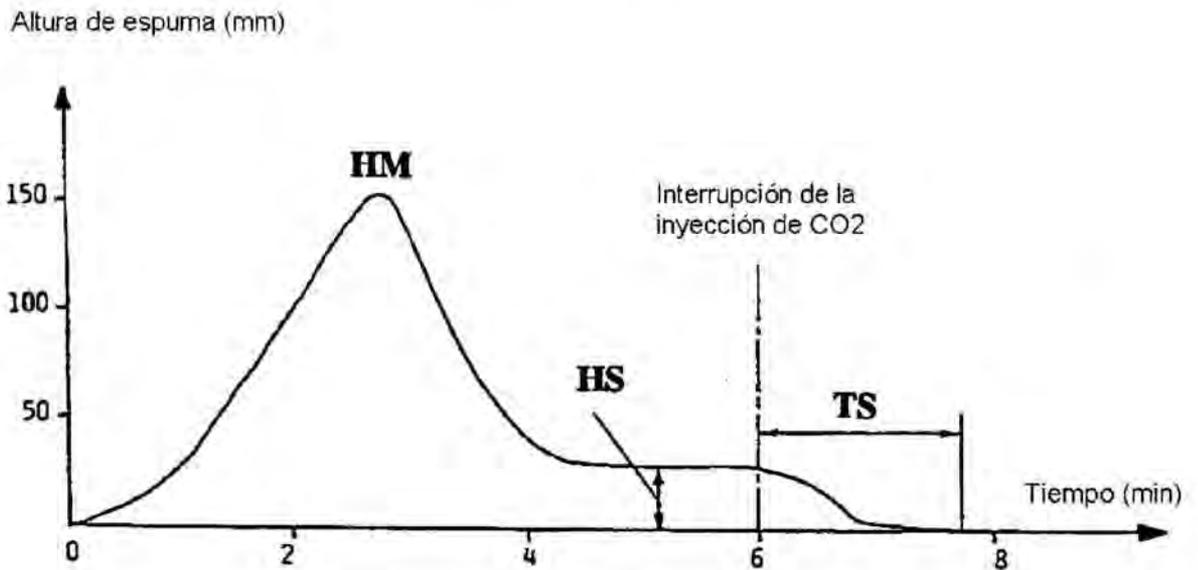


Figura 2.4.4. Representación del perfil de un Mosalux de un vino base

<p><b>HM:</b> Altura máxima de espuma, expresada en mm. Representa la <b>espumabilidad de un vino producida después de verterlo en una copa</b></p>
<p>· <b>HS:</b> Altura en la estabilidad, expresada en mm, es decir la altura constante de la espuma en régimen estacionario de efervescencia. Representa la <b>permanencia de la corona de espuma</b></p>
<p>· <b>TS:</b> Tiempo necesario para la desaparición total de la espuma, expresado en segundos. Representa el tiempo de <b>estabilidad de la corona de espuma</b></p>

### Modificaciones del Mosalux propuestas por Robillard *et al.*, 1993

Robillard *et al.*, (1993) señalan que el Mosalux, aunque es el único método registrado, y que proporciona medidas normalizadas de las propiedades espumantes, en ocasiones puede presentar algunos inconvenientes como falta de reproducibilidad y presencia de "artefactos".

De esta manera y utilizando el Mosalux, Robillard *et al.*, (1993) proponen los parámetros siguientes:

**E:** expansión de la espuma, expresada en (mm/ml). Es el coeficiente entre la altura máxima de espuma formada y el volumen inicial de líquido.

En este experimento E no representa la máxima expansión de la espuma (tomado como valor absoluto) pero si la máxima expansión de un vino espumoso sometido a unas condiciones estándares, es decir, utilizando el Mosalux con un flujo de gas de 20 l/h y una presión de 300 kPa, después de 80 segundos de inyección de CO<sub>2</sub>. La elección de este tiempo fue un hecho experimental con el que los autores conseguían buenos valores de reproducibilidad y elevadas alturas de espuma.

Con estas mismas condiciones los autores medían:

**L<sub>F</sub>** : promedio de vida media de la espuma un vez finalizada la inyección de CO<sub>2</sub>, expresada en segundos. Se calcula dividiendo el área debajo de la curva alcanzada después de los 80 segundos de inyección de gas a 20 L/h de flujo y una presión de 300 kPa, entre la altura máxima alcanzada en estos 80 segundos.

Para la determinación del Coeficiente de Bikerman los autores, utilizan el mismo sistema propuesto por Maujean *et al.* (1990), pero con un flujo de gas de 10 l/h y una presión de 200 kPa.

**S** : coeficiente de Bikerman expresado en segundos) y definido como:  $S \text{ (seg.)} = F_v / Q$  (volumen de espuma formada) / Q (flujo de gas a presión constante). Representa la vida media de las burbujas en condiciones estacionarias, durante la inyección de CO<sub>2</sub>, es decir, cuando existe un equilibrio entre la espuma que se forma y la espuma que se destruye.

S, es independiente de la presión de gas y de la porosidad del vidrio de frita.

Parámetros propuesto por Maujean <i>et al.</i> (1990)	Parámetros propuestos por Robillard <i>et al.</i> (1993)
HM	E
HS	S
TS	L <sub>F</sub>

Sin embargo, las modificaciones del método de Maujean *et al.* (1990) realizadas por Robillard *et al.* (1993) fueron evaluadas por Gallard *et al.*, (1997) llegando a la conclusión de que:

HM, E y L<sub>F</sub> estaban positivamente relacionados entre ellos ( $r < 0,9$ ), por lo que E y L<sub>F</sub> no proporcionaban una información adicional a la espumabilidad definida por Maujean *et al.* (1990) como HM. Además los de E en muestras con poca espumabilidad eran de poca fiabilidad y en muestras con una alta espumabilidad, la E era menos capaz de discriminar propiedades espumantes que HM. Contrariamente la TS no presentaba ninguna relación predictiva con los otros parámetros de espuma, por lo que podía utilizarse como otro parámetro de espuma. Estos autores concluyen que sin embargo es preferible utilizar el Coeficiente de Bikerman en vez de HS, ya que éste parámetro es independiente del aparato de medida utilizado, por lo tanto sería de utilidad a la hora de comparar resultados obtenidos con diferentes equipos de medida.

#### D. Método de panorámica visual.

Análisis de la imagen para el estudio de la estabilidad de la espuma de cava descrito por Machet *et al.* (1994) y utilizado por Viaux *et al.* (1994). Consta de un sistema de 3 cámaras de vídeo, tal y como se representan en la figura 2.4.5. Este método proporciona 3 parámetros:

**HFT:** (*hole formation time*) representa la aparición de la corona de espuma (cámara 1). Nos proporciona información de la anchura de la corona y del tamaño y el número de burbujas en la superficie.

**H<sub>20</sub>:** (cámaras 2 y 3). Es la altura de la espuma después de 20 seg. de haber depositado el cava

**H<sub>300</sub>:** (cámara 2), es la altura de la espuma después de 5 min. de verter el cava

Las dos últimas determinaciones indican la estabilidad de la corona de espuma. La precisión del método según sus autores es muy satisfactoria (coeficiente de variación por debajo del 5 % para  $n=10$ ).

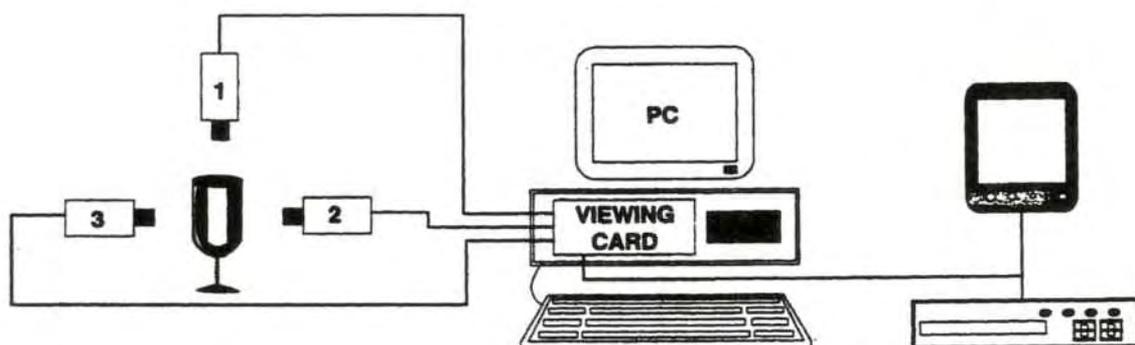
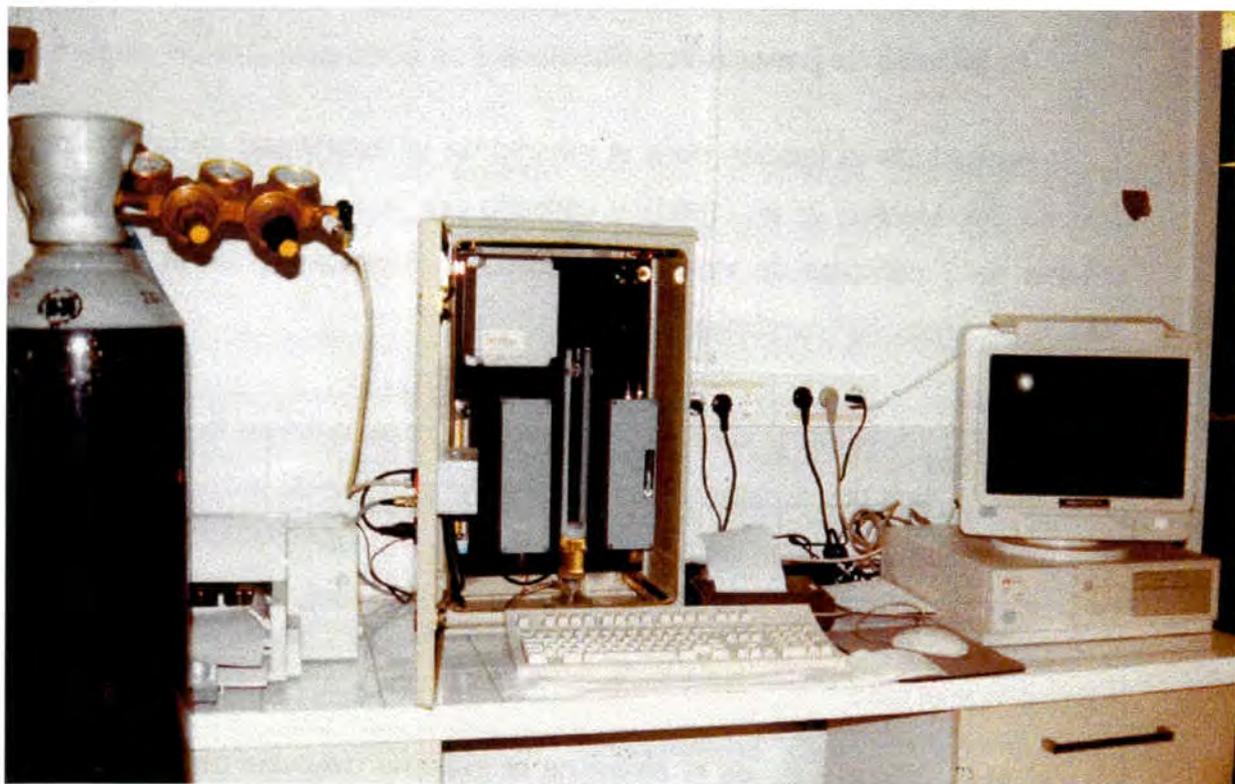


Figura 2.4.5. Equipo de panorámica visual (Viaux *et al.*, 1994).



Fotografía 2.4.1. MOSALUX.

## 2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y COMPUESTOS QUÍMICOS RELACIONADOS CON LA CAPACIDAD ESPUMANTE

En mezclas complejas como podrían ser considerados los vinos y los espumosos, el comportamiento de la espuma es el resultado de las interacciones entre diversos compuestos espumantes positivos o tensioactivos (Dussaud *et al.*, 1994; Pueyo *et al.*, 1995). Este hecho favorece la posibilidad de que ocurran efectos sinérgicos entre tales compuestos, los cuales podrían formar parte de moléculas más complejas, incluso pudiéndose modificar sus propiedades tensioactivas (Pueyo *et al.*, 1995). De acuerdo con Viaux *et al.* (1994) en un vino hay un balance entre los constituyentes que actúan favoreciendo la espuma y los que la desfavorecen. La espuma no es sólo debida a la presencia y/o ausencia de ciertos compuestos, está además condicionada por un balance entre un mayor o menor número de compuestos de diversa estructura química (Bamforth, 1985; Brissonnet y Maujean, 1991). Además la composición química de cada vino en particular podría ser un factor añadido, que podría dificultar la interpretación de los resultados (Brissonnet y Maujean, 1993).

A la hora de diseñar diferentes experimentos para determinar qué parámetros están implicados en la formación y retención de la espuma, hay autores (Robillard *et al.*, 1993) que se plantean un primer estudio considerando soluciones hidro-alcohólicas (mezcla de etanol y agua bidestilada, a pH de 6,5) y soluciones modelo de vino base (KCl, CaCl<sub>2</sub> y MgCl<sub>2</sub> disueltos en agua bidestilada, añadiendo etanol, ácido tartárico, ácido láctico y glicerol y ajustando el pH hasta 3,0) para compararlas posteriormente con muestras de vino natural. A partir de este estudio llegan a la conclusión de que los responsables de las propiedades espumantes, en primer lugar, son en general partículas y macromoléculas. Pero además, también demuestran que la vida media de las burbujas, representada por el coeficiente de Bikerman, (Bikerman, 1938), es la misma para un vino base natural y una disolución modelo de vino base y diferente para una disolución hidro-alcohólica, hecho que verifica claramente que los compuestos mayoritarios (ácido tartárico, glicerol...) influyen en el comportamiento de la espuma.

### 2.5.1. PARÁMETROS FÍSICOS

La importancia de los parámetros físicos en el estudio de la espuma se debe a que son consecuencia de la composición química del vino. Sin embargo, todos estos parámetros físicos son de gran importancia al considerar el fenómeno de la efervescencia tal y como se ha explicado en el apartado 2.3.

#### 2.5.1.1. Viscosidad

Para considerar la relación espuma-viscosidad, lo realmente importante a tener en cuenta es la viscosidad superficial (medida con un viscosímetro de superficie) que según Maeda *et al.* (1991) se considera diferente de la viscosidad de todo el volumen de la disolución aunque ambas se encuentran relacionadas. Esta viscosidad superficial es la que se encuentra directamente relacionada con la viscosidad de la superficie de la pared de la burbuja después de la formación de la espuma, que es la que en último término afectará a las propiedades espumantes (Bourne, 1982). La viscosidad superficial, en la cerveza es la principal propiedad física que controla la estabilidad de la espuma y algunas macromoléculas podrían formar parte de esta interacción dinámica (Maeda *et al.*, 1991).

La viscosidad superficial de la pared de burbuja depende de la fuerza de las interacciones proteína-proteína y proteína-agua (Cheftel *et al.*, 1993). Esta viscosidad es la que conferirá estabilidad a la burbuja, debido a que es el reflejo de las fuerzas intermoleculares cohesivas que confieren un cierto grado de elasticidad.

Según Ronteltap (1989) y Marchal *et al.* (1996), incrementos de la viscosidad superficial reducen la proporción de líquido drenado, con el consecuente aumento de la estabilidad de la espuma (Brissonnet y Maujean, 1991).

En este sentido cabe recordar que el efecto de la viscoelasticidad citado en el apartado 2.3.6., es el efecto de mayor importancia a la hora del estudio de los factores

estabilizadores (Bamforth 1985; Jordan y Napper, 1987; Maujean 1992; Casey 1995).

### 2.5.1.2. Tensión Superficial

La tensión superficial del líquido tal y como se ha descrito ampliamente en el apartado 2.3.2., se encuentra íntimamente relacionada con el fenómeno efervescente y formación de burbujas.

Los agentes tensioactivos estabilizan el CO<sub>2</sub> porque disminuyen la tensión superficial del líquido y son capaces de formar agregados micelares que pueden encapsular en su interior el CO<sub>2</sub> (Comelles *et al.*, 1991). También los mismos autores observan que considerando las tensiones superficiales de diversos vinos y cavas, sorprendentemente todos tenían la tensión superficial entre 45 y 48 mN/m y sin embargo experimentalmente se observaban diferencias notables en sus respectivas propiedades espumosas. La explicación de este hecho, según los mismos autores, se debía a la presencia de etanol en los vinos, que reducía su tensión superficial a pesar de que su molécula presenta un pequeño grupo hidrófobo que le impide desarrollar otras propiedades propias de los tensioactivos como podría ser la micelización. La variación de la tensión superficial en función de la concentración de etanol, lleva a que para unos porcentajes de etanol del orden de 11-13%, se llega a los valores de tensión superficial anteriormente citados. En este caso puede decirse que el efecto del medio solvente predomina sobre las características tensioactivas de los compuestos de los diferentes vinos y cavas.

Bartsch (1924), cita que la propiedad de producir espuma de las disoluciones habría de coincidir o ir a la par con la tensión superficial y Bikerman (1973), observa que las soluciones con capacidad de formación de espuma generalmente tienen la tensión superficial baja. Pero contrariamente Sasaki (1938) comenta el hecho de que soluciones con un bajo equilibrio de tensión superficial no siempre se corresponde con el poder espumante más elevado.

Kitabatake y Doi (1988) establecen la correlación entre tensión superficial y capacidad de producir espuma relacionando ésta última con agentes tensioactivos de bajo peso molecular. Los mismos autores describen como las proteínas se adsorben en la interfase gas/líquido y la estabilizan cuando la tensión superficial es baja, aunque ésta *per se* disminuye con el tiempo. Sobre este hecho señalan que no todas las proteínas se comportan de la misma manera y dependerá del tipo o de una concentración limitante de proteínas (McClements *et al.*, 1993).

### **2.5.1.3. Energía libre**

La formación de espuma implica un gasto de energía para vencer la tensión superficial (Bikerman, 1973). Las burbujas han de vencer la presión que ejerce el peso del líquido sobre ellas hasta llegar a la superficie y después vencer la presión atmosférica para mantenerse estables en el tiempo. El CO<sub>2</sub> se desprende de una disolución cuando su presión parcial supera la atmosférica, esto sucede cuando se rompe la hermeticidad del sistema vino/CO<sub>2</sub> dentro de la botella. La intensidad de la desgasificación depende de la presión de CO<sub>2</sub> en la botella y del grado de solubilización del CO<sub>2</sub> en el vino (Agabalianz, 1963).

### **2.5.1.4. Temperatura**

La temperatura del líquido juega un importante papel en la solubilidad del CO<sub>2</sub> (tal y como se ha comentado en el apartado 2.3.1.), además influye en el tamaño y velocidad de ascensión de la burbuja (Casey, 1995).

El efecto de la temperatura en los vinos, según Blade y Boulton (1988), podría influir en la precipitación de coloides solubles y complejos, que podrían interferir en la estabilidad de proteínas, tal y como sucede cuando éstas se encuentran en solución (Bazinet *et al.*, 1997).

Cuanto mayor sea la temperatura, para conseguir una aceptable cabeza de espuma en cervezas, se necesitará menos CO<sub>2</sub> disuelto (Pierce, 1978), en el mismo sentido, para una misma cantidad de CO<sub>2</sub>, cuanto mayor sea la temperatura, mayor será esta cabeza de espuma (Ullmann y Pfenninger, 1977).

Mitra y Dungan (1997) en un estudio sobre soluciones modelo de proteínas observan que un aumento de la temperatura viene acompañado por una disminución de la viscosidad intrínseca, que sugiere una deshidratación de las micelas a elevadas temperaturas.

### 2.5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Todos los factores físicos, citados anteriormente, son los responsables de la velocidad de desprendimiento de las burbujas. Una espuma será más estable cuando esta velocidad sea menor, pero la mayoría de estos parámetros físicos dependen de la composición química del vino, sobretodo y según Roberts (1977) y Bramforth (1985) en estudios realizados en cervezas, depende de la composición de coloides glucídicos, polifenoles, proteínas, péptidos, lípidos y iones metálicos.

La persistencia de la espuma dependerá en parte de la frecuencia y tamaño de las burbujas que alcancen la superficie del líquido, este hecho como se ha comentado en el apartado 2.3. depende de numerosos factores extrínsecos, sin embargo la composición química del vino espumoso también tiene un papel importante en todo este efecto (Casey, 1988).

La estabilidad de la espuma no es sólo debida a la presencia y/o ausencia de ciertos compuestos, sino que además viene determinada por el balance (en mayor o menor medida) de una serie de compuestos de diversa estructura química (Bamforth, 1985; Brissonnet y Maujean, 1991). En este sentido Jordan y Napper (1987) constatan que en ocasiones los estudios se centran sobre qué clase de compuestos influyen sobre el tamaño

y estabilidad de la espuma y si éstos afectan o no. Sin embargo, los mismos autores se preguntan si el comportamiento de la espuma puede deberse a una clase de compuestos tensioactivos o a un sutil balance de efectos entre varios de estos compuestos.

Todavía se desconoce si una cantidad dada de compuestos espumantes positivos puede ser compensada por un aumento en los compuestos antiespumantes, o si por el contrario se necesitan unos niveles mínimos de cada uno de ellos (Bamforth, 1985).

La cerveza, tal y como hemos comentado anteriormente, es la bebida sobre la que se ha estudiado con mayor profundidad el fenómeno de la espuma y su estabilidad. Esta información es de gran utilidad y aunque obviamente tiene algunos paralelismos comparándola con vinos espumosos se hace necesario tomar ciertas precauciones. En un vino espumoso no se espera encontrar una cabeza de espuma como sería bien apreciada en una cerveza, y contrariamente la apreciada corona de espuma en un vino espumoso sería considerada insuficiente en una cerveza. Esto nos podría indicar que ciertos compuestos tensioactivos, que los elaboradores de cervezas consideran insuficientemente espumosos podrían ser bastante adecuados para un vino. Además como a nivel molecular no se conoce con detalle qué compuestos pudieran conferir estabilidad a la espuma ya sea de cerveza o vino, sería posible que algunas conclusiones esbozadas sobre la habilidad que tendrían determinados compuestos en cervezas que también existieran en vinos, nos llevaran a conclusiones erróneas, ya que estos compuestos no serían activos independientemente de otros tensioactivos que se consideran exclusivos de la cerveza (Jordan y Napper, 1987).

Ciertos compuestos, cuya implicación en la espuma de vinos y cervezas se ha demostrado, presentan concentraciones bastante diferentes en una u otra bebida. Esta diversa concentración pudiera afectar de manera decisiva. Por ejemplo, en vino blanco, los niveles de proteínas pudieran encontrarse en un intervalo entre 10-800 mg/l (Somers y Ziemelis, 1973; Villettaz y Amado, 1981; Lee, 1986, Murphey *et al.*, 1989), y sin embargo en cervezas encontramos concentraciones de hasta 2700 mg/l (Slack y Bamforth, 1983).

Otra importante consideración, es la gran diferencia de concentración de etanol entre ambas bebidas, ésta más alta concentración en vino influenciará decisivamente en el comportamiento de los tensioactivos, haciendo difíciles las comparaciones (Jordan y Napper, 1987).

Según Bull (1947); Graham y Phillips (1979 a,b,c) y Kinsella (1981) un compuesto para ser espumante necesita:

- Llegar rápidamente a la interfase gas/líquido
- Reducir la tensión superficial
- Estabilizar las nuevas superficies de las burbujas, reduciendo las perturbaciones físicas
- Ser un perfecto anfifílico: soluble, pequeño y flexible

### 2.5.1. PARÁMETROS GENERALES:

#### **Grado alcohólico**

Un contenido en etanol del 11% en agua disminuye la tensión superficial respecto al agua pura de  $72\text{mJ/m}^2$  a  $53\text{mJ/m}^2$ , es decir la interacción agua/etanol conlleva una reducción de la tensión superficial (Jordan y Napper, 1987).

La HM de un vino es superior a la de un vino espumoso, presentando una reducción alrededor del 6% cada vez que el grado alcohólico aumenta en un 1,3% (Maujean *et al.*, 1990). Tanto la HM como la TS de un vino adicionado con un 1,3% de alcohol es inferior a la HM y TS del vino sin adicionar. Por lo que la adición de alcohol reduce tanto la HM como la TS.

Sin embargo, al considerar la TS de un vino respecto a la TS de un vino espumoso se observa contrariamente un aumento, este hecho según los mismos autores podría ser debido a la presencia de otros compuestos que se forman durante la segunda fermentación en botella.

Las cervezas sin alcohol, presentan menos espuma y ésta es menos estable en el tiempo así como la adición de etanol a estas cervezas hace aumentar tanto la espumabilidad como su estabilidad (Bamforth, 1985, 1989). Una solución espumosa de proteínas aumenta su espumabilidad al aumentar en 1% su cantidad de alcohol, sin embargo si aumentamos en exceso esta cantidad de alcohol, la espumabilidad se vuelve a reducir. La presencia de un 1-3% de etanol en cervezas sería la que proporcionaría una mayor espumabilidad. Pierce (1978) sugería que este efecto era debido a que el etanol reducía la solubilidad del CO<sub>2</sub>. Pero esto también puede ser debido al efecto de reducción de la tensión superficial que tiene el etanol, o a través de las interacciones del etanol con polipéptidos (Bumbullis y Schügerl, 1979). El etanol parece ser que aumenta la viscosidad de la masa de líquido de la cerveza así como reduce la tensión superficial aumentando la viscosidad de la espuma (Bamforth, 1985).

Esto nos llevaría a pensar que las mismas proteínas que en cervezas favorecerían la espumabilidad, en un vino espumoso, con un grado alcohólico mayor, serían menos efectivas.

Ahmed y Dickinson (1990), en un estudio sobre el efecto del etanol en bebidas alcohólicas, estudiaron la vida máxima de la espuma en dos bebidas de contenido etanólico bien diferenciado como podía ser el whisky y la cerveza sin alcohol, tales autores observaron que para bebidas de grado alcohólico elevado, la vida máxima de la espuma se alcanzaba con niveles de grado alcohólico de 40, y para las cervezas "sin", aquellas que contenían un grado alcohólico de 0,8.

El contenido de alcohol en el vino se encuentra influido por diversos factores:

características de la uva, tipo de levadura, temperatura de fermentación, cantidad de azúcar en el mosto de origen, operaciones tecnológicas, etc.

Según Blade y Boulton (1988) y haciendo referencia a la posible relación del etanol en el proceso de adsorción de proteínas por parte de la bentonita, describen como el etanol puede desplazar las moléculas de agua del entramado de la bentonita y favorecer el intercambio catiónico bentonita-proteínas aumentando la adsorción (con la consecuente reducción de proteínas), los mismos autores continúan diciendo que este efecto, en un estudio experimental, sólo se observa a dosis de etanol del 13% (v/v) pero que a dosis de 7 y de 10% de etanol no se observan diferencias significativas en la adsorción .

Robillard *et al.* (1993) postulan que a concentraciones muy elevadas de alcohol se impide la adsorción de partículas en la interfase gas/líquido, lo que interferiría en la estabilidad de espuma. En este sentido Dussaud *et al.* (1994) observan que en un medio con un elevado contenido de etanol, como podría ser un vino espumoso en comparación con la cerveza, el etanol es el principal compuesto químico que gobierna la interfase gas/líquida y consecuentemente el comportamiento de la espuma. Cuando la concentración de etanol es elevada los lípidos presentan un menor carácter tensioactivo, tiene lugar una competición a nivel de adsorción en la laminilla de la burbuja entre las moléculas de etanol y los lípidos, contrariamente cuando esta concentración de etanol es baja, otros tensioactivos podrían ser más activos y favorecer que los lípidos destruyeran más fácilmente la espuma (Dussaud *et al.*, 1994).

Por otra parte y corroborando las aportaciones anteriores, Molan *et al.* (1982), mide la capacidad de producir espuma de un vino en el cual se añaden diferentes cantidades de etanol, y llega a la conclusión de que la máxima capacidad espumante se consigue a niveles de etanol del 5%, pero a medida que aumentan estos niveles el poder espumante decrece, cosa que coincide con los resultados de Bumbullis y Schügerl (1979) cuando estudian el poder espumante de soluciones de suero de albúmina bovina a bajas concentraciones de etanol.

### pH

El pH interfiere en la adsorción bentonita-proteínas (de mecanismo intercambio catiónico) por competición de los  $H^+$ , a pH ácidos la protonación de las proteínas aumenta aunque este hecho sería de difícil cuantificación a pH entre 3 y 4. De esta manera el intercambio dependerá de la concentración de cationes en disolución y de la preferencia de la bentonita por estos cationes (Blade y Boulton, 1988). Los mismos autores continúan especificando que este efecto no es significativo a pH entre 3,2 y 3,8 pero a pHs a partir de 3,8 aumenta significativamente la adsorción a causa de una disminución en la competición entre  $H^+$  y proteínas, aunque la carga global de las proteínas sea menos positiva.

### SO<sub>2</sub> total

El sulfuroso se combina con los grupos carbonilo de diversas sustancias orgánicas presentes en el vino (acetaldehído, glucosa, cetoácidos...), formando los correspondientes compuestos bisulfíticos. El contenido máximo de sulfuroso para vinos base destinados a la elaboración de cava es de 140 mg/l (B.O.E. n° 278 de 20 de noviembre de 1991).

Brenne y Bernstein (1975) observaron el efecto negativo de los sulfitos en la espuma de cerveza. Sin embargo Maujean *et al.* (1990) observaron que el SO<sub>2</sub> no presentaba efecto alguno sobre HM o HS, pero contrariamente adicionando de 60 a 80 mg/l de SO<sub>2</sub> a un vino base mejoraba la TS, pero presentaba una espuma de menor calidad, los autores atribuían este hecho al efecto desnaturalizante de las proteínas por parte del SO<sub>2</sub>, rompiendo los puentes disulfuro. En cambio, Pueyo *et al.* (1995) observan que la altura de espuma en cavas se encuentra negativamente correlacionada con el contenido de SO<sub>2</sub>.

### Acidez total

La concentración de ácidos en el vino puede variar dependiendo de las variedades,

condiciones climáticas y proceso enológico utilizado (fermentación maloláctica, estabilización por frío...), aunque se considera aceptable una acidez total comprendida entre valores de 6 y 9 g/l expresada en ácido tartárico (B.O.E. n° 189 de 8 de Agosto de 1972, García, 1981).

Los valores de la acidez total en el mosto y cava, según están correlacionados inversamente con el tiempo de permanencia de la espuma (Pueyo, 1994).

### 2.5.2.3. ÁCIDOS ORGÁNICOS, AZÚCARES REDUCTORES Y GLICEROL

Brissonnet y Maujean (1991) observaron que los ácidos orgánicos no tienen efecto sobre la calidad de la espuma. Pero Robillard *et al.* (1993) contrariamente demuestran, comparando una disolución modelo de vino base con una disolución hidro-alcohólica, que los ácidos orgánicos y el glicerol sí que tienen influencia en el comportamiento de la espuma.

La presencia de ácidos orgánicos tiene un importante papel en el pH del vino y tal y como observaron Jordan y Napper (1987), se hace necesaria su consideración a la hora de abordar el estudio de la solubilidad del CO<sub>2</sub> en el vino.

Esta influencia de los ácidos orgánicos también podría relacionarse de forma indirecta con las proteínas, en la medida que los ácidos de un vino modifican el pH y, por tanto, pueden variar la hidrofobicidad de las proteínas.

#### **Ácido Cítrico**

Santamaría (1995) encuentra correlaciones positivas entre el ácido cítrico y la espumabilidad, tanto para vinos como para mostos; podría pensarse una posible relación indirecta debida a la propiedad del ácido cítrico de unirse con gran afinidad al Fe<sup>+3</sup> y este a su vez encontrarse relacionado con la capacidad espumante, formando un complejo

soluble muy estable.

### **Ácido Tartárico**

Es específico de la uva y del vino. Es el más importante de los ácidos fijos del vino y el más resistente a la acción de las bacterias. Cuando la uva tiene poca acidez se permite adicionarlo al mosto. Al comparar una solución modelo con una hidroalcohólica Robillard *et al.* (1993) señala que este ácido influye en el comportamiento de la espuma. Esto concuerda con el hecho de que el ácido tartárico es un reductor de la tensión superficial (Bosch *et al.*, 1989). Pueyo *et al.* (1995) observaron que la altura de espuma se encontraba directamente correlacionada con el contenido en ácido tartárico.

### **Ácido Galacturónico**

La denominación usual de pectinas sólo se aplica a las substancias pécticas ácidas (Brillouet *et al.*, 1989). Los componentes monosacáridicos principales de las substancias pécticas neutras y ácidas son, según Usseglio-Tomasset (1976) y Brillouet *et al.* (1989): arabinosa, galactosa, ácido galacturónico y ramnosa.

Según Ribereau-Gayon (1989), los principales coloides naturales de la uva (pectinas) desaparecen durante la fermentación del alcohol, debido a su hidrolización por la acción de los enzimas pectinolíticos. Los vinos procedentes de vendimias botríticas son de difícil clarificación (por sedimentación espontánea o por filtración) viéndose aumentada la degradación enzimática de la pectina (Castino, 1989) y consecuentemente aumentando el contenido en ácido galacturónico.

Dicho esto podremos suponer que la degradación enzimática de la pectina, considerada por Gomerieux (1989) como favorecedora de la espuma, provocará un aumento de ácido galacturónico. De esta manera, contenidos elevados de ácido galacturónico podrían ser el síntoma de un pobre poder espumante.

### **Ácidos Málico y Láctico, fermentación maloláctica**

En el vino, estos dos ácidos suelen estar inversamente correlacionados debido a la fermentación maloláctica, que básicamente consiste en la transformación de ácido málico en ácido láctico concediendo suavidad al paladar.

Pueyo (1994) estudia la correlación entre estos ácidos y la capacidad espumante de mostos y vinos. Para el ácido málico encuentra una correlación positiva entre su contenido y altura de espuma. En concordancia con este resultado, niveles elevados de ácido láctico, relacionados inversamente con los del ácido málico, se corresponden con una disminución de la altura de espuma. En definitiva, el fenómeno maloláctico no estaría recomendado para la formación de espuma.

Contrariamente, Robillard *et al.* (1993), creen que la fermentación maloláctica, sí que tiene una influencia positiva en la capacidad espumante del vino, no por una acción directa de estos dos ácidos sobre la espuma sino, probablemente debido a las partículas obtenidas de las paredes de las bacterias malolácticas, siendo ellas las responsables de este efecto positivo en la espuma.

### **Glucosa y Fructosa**

Según Pueyo *et al.* (1995) en vinos el contenido en glucosa se encuentra positivamente correlacionado con la altura de espuma.

### **Glicerol**

Se forma directamente a partir de los hidratos de carbono por acción de las levaduras. La producción de glicerina se encuentra afectada por la concentración de azúcares, temperatura de fermentación, pH, tipo de levadura y cantidad de oxígeno presente (Amerine y Ough, 1974).

Brissonnet y Maujean (1993) demuestran que los compuestos mayoritarios de un vino (ácido tartárico, glicerol..) influyen en el comportamiento de la espuma, al comparar una vino modelo con una solución hidroalcohólica.

### 2.5.2.3. IONES METÁLICOS

La estabilidad de la espuma en cervezas parece mejorar con la presencia de iones metálicos como el  $\text{Fe}^{+3}$  y el  $\text{Ni}^{+2}$  (Roberts *et al.*, 1978; Bamforth, 1985), dado que pueden estar implicados en los enlaces entre proteínas a nivel de la pared de la burbuja, reduciendo la solubilidad de esta proteína y aumentando la rigidez de la pared (por el efecto de la viscoelasticidad descrito en el apartado 2.3.6).

Maujean *et al.* (1990) observaron que tanto el hierro como el cobre aumentaban la HS y la TS.

Brissonnet y Maujean (1991) confirman que el hierro contribuye en la formación de la espuma. En un estudio efectuado añadiendo diferentes concentraciones de hierro en muestras de vino y midiendo posteriormente sus propiedades espumantes con el Mosalux, observan que se produce un enriquecimiento de hierro en la espuma del 14%; en cambio en el Cobre no se observa la acción espumante positiva. A pesar de ello, justificaron este hecho en base a las muy bajas concentraciones de cobre en vinos, por lo que su migración hacia la espuma se podría dar en concentraciones por debajo del nivel de sensibilidad de los métodos analíticos utilizados.

Phillips *et al.* (1987) verifican que el sulfato de cobre mejora la estabilidad de la espuma del huevo fresco ( $P < 0,05$ ) pero reduce la formación ( $P < 0,05$ ), en los 5-10 primeros minutos, utilizando el método de batida.

La influencia de cationes como el hierro y el cobre sobre la estabilidad de la espuma se podría deber a la capacidad de estos metales para formar enlaces cruzados e

interaccionar con moléculas de proteínas de las paredes de las burbujas; este efecto reticulante tendría como consecuencia el aumento de la rigidez del líquido que se encuentra entre las burbujas, cosa que confiere una mayor estabilidad a la espuma (Bamforth, 1985). Sin embargo, Ohshima y Yohki (1985) consideran que el poder reticulante se debe a la unión de los cationes divalentes a los lípidos que forman las películas de las interfases líquido/gas; estas interacciones producen un incremento de la tensión superficial, al aumentar las fuerzas de cohesión entre las moléculas de la superficie de las películas.

Togunkov *et al.* (1980) vieron que el  $\text{Ca}^{+2}$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  pueden tener un efecto negativo en la estabilidad de la espuma de vinos jóvenes. Sin embargo, en vinos espumosos, Codrington (1985) observó que añadiendo  $\text{Mg}^{+2}$  se mejoraba la proporción de espuma y la retención del  $\text{CO}_2$ .

Maujean *et al.* (1990) pudieron ver que tanto el  $\text{Ca}^{+2}$  como el  $\text{Mg}^{+2}$  aumentaban la efervescencia espontánea, pero reducían la HS y la TS y sin embargo no se apreciaban diferencias en la HM.

#### 2.5.2.4. POLISACÁRIDOS

Los polisacáridos presentes en el vino pueden proceder de la uva y de la cesión por las levaduras ya sea durante la fermentación o a lo largo del envejecimiento en contacto con las lías (Castino y Delfini, 1986; Llaubères *et al.* 1987; Feuillat *et al.* 1988; Saulnier *et al.*, 1991). También éstos pueden proceder de alteraciones de la uva, como las provocadas por el hongo *Botrytis cinerea* (Ribèreau-Gayon, 1960; Dubourdieu, 1978; Castino, 1984, 1989). Según Marchal *et al.* (1993) vendimias con *Botrytis* pueden provocar un aumento de los coloides mucilaginosos, lo que comporta que el estado sanitario de la uva sea de gran importancia a la hora de considerar los polisacáridos y su posible relación con la espuma.

A lo largo de la vinificación el contenido en polisacáridos se reduce sensiblemente

pasando de 60-440 mg/l en mostos a 10-120 mg/l en vinos (Tusseau y Van Laer, 1993).

Los polisacáridos son carbohidratos de elevado peso molecular. Se pueden considerar como polímeros de condensación, en los que los monosacáridos o sus derivados (ácidos urónicos y aminoazúcares), se encuentran unidos glicosídicamente (Danishefsky, 1970).

Podemos encontrar dos tipos de polisacáridos:

- Polisacáridos neutros: Aquellos constituidos por glucosa, galactosa, manosa, arabinosa, xilosa y ramnosa y fucosa (Wucherpfennig y Dietrich, 1983). En vinos blancos su concentración varía entre 170 y 970 mg/l (Villettaz y Amado, 1981; Wucherpfennig y Dietrich, 1983; Segarra *et al.*, 1995). La autólisis de las levaduras también hace incrementar su contenido (Lubbers *et al.*, 1994), contribuyendo a una mejora tanto en la finura como en la persistencia de las burbujas (Charpentier y Boiuin, 1997).

- Polisacáridos ácidos o pectinas: formados por ácido galacturónico y glucurónico

Los polisacáridos suelen estar formando complejos con las proteínas (Usseglio-Tomasset y Di Stefano, 1977; Castino, 1989; Brillouet *et al.*, 1991) en los que la fracción proteica sería el componente minoritario con menos de un 10-15%. En los vinos espumosos, las mayores proporciones de azúcares de los polisacáridos corresponden a manosa (43%) y glucosa (31%). Según Waters *et al.* (1994), las manoproteínas están constituidas por un 98 % de manosa y un 2 % de glucosa. Roberts (1977) describe como los polisacáridos se encuentran unidos a las proteínas, siendo estas glicoproteínas las que podrían considerarse como componentes espumosos positivos, ya que contribuyen al aumento de la viscosidad en la cerveza, dan cohesión a las burbujas e impiden la redisolución de las moléculas tensioactivas de la película de la burbuja (Bamforth, 1985; Fishman *et al.*, 1991).

Según Jordan y Napper (1987) la parte proteica se inseriría en la laminilla de la

burbuja mientras que la porción polisacáridica permanecería en la fase líquida (entre burbujas) debido a su carácter hidrofílico. Tales polisacáridos incrementarían la viscosidad de las laminillas, contrarrestando el drenaje y el efecto ventosa, contribuyendo a la estabilidad.

Pero contrariamente, Brissonnet y Maujean (1991), dicen que la única cosa probada es que tanto las proteínas como los polisacáridos son responsables de la constitución de la espuma, pero se desconoce el efecto de su posible unión.

La estabilidad de la espuma en cavas según Pueyo *et al.* (1995) se encuentra favorecida por el contenido de xilosa de los polisacáridos.

Durante la permanencia del vino espumoso en botella y a consecuencia del largo período de contacto con las levaduras, existe un intercambio de compuestos, entre los cuales aquellos de tipo coloidal tienen una especial importancia (Parenthoen y Feuillat, 1978; Colagrande *et al.*, 1987; Feuillat *et al.*, 1988; Martí y de la Torre, 1989; Feuillat *et al.* 1989)

#### 2.5.2.5. COMPUESTOS NITROGENADOS

La cantidad de nitrógeno en uva y mosto se encuentra influenciada por numerosos factores tales como: el clima, número de horas de insolación, variedad de uva.. La cantidad de aminoácidos en el mosto también se encuentra influenciada por el clima específico de cada campaña, su contenido aumenta, en condiciones climáticas más frías y húmedas.

Según Vine (1993) la infestación por el hongo *Botrytis* puede llegar a reducir a la mitad el contenido de proteínas, aminoácidos y nitrógeno amónico libre.

Otros factores importantes que modifican los compuestos nitrogenados son las operaciones tecnológicas de tipo pre-fermentativo: tipo de prensa, desfangado, agente clarificante utilizado...

El metabolismo de los compuestos nitrogenados da lugar a productos de degradación que influyen sobre la calidad organoléptica del vino, ya que la desaminación de los aminoácidos produce alfa y ceto ácidos o alcoholes superiores.

### **Proteínas**

De entre todos los compuestos nitrogenados, las proteínas se consideran las más relacionadas con la espuma, debido, probablemente, a muchas de sus características físico-químicas: por sus propiedades tensioactivas, por ser macromoléculas... siendo muchos los autores que han estudiado y relacionado la función de las proteínas en la capacidad espumante (Keshavaraz y Nakai, 1979; Kato y Nakai, 1980; Nakai, 1983; Townsend y Nakai, 1983; Shimizu *et al.*, 1983; Kinsella, 1984; Regenstein y Regenstein, 1984; Nakai y Li-Chan, 1988; Kinsella y Whitehead, 1989; Patel y Kilara, 1990; Brissonnet y Maujean, 1991; Malvy, 1994).

Los estudios que determinan la relación proteínas-espuma en productos de vinificación son relativamente recientes. Contrariamente, esta relación ha estado ampliamente estudiada en soluciones modelo de proteínas y en espumas alimentarias en general y particularmente en la industria de la cerveza. Por lo que, nos hemos visto obligados a hacer un estudio bibliográfico, para centrar el tema, con todas estas aportaciones.

El primer problema planteado al estudiar el comportamiento espumante de las proteínas, es la variabilidad de los resultados obtenidos en los diferentes trabajos. Debido a que los resultados dependen del equipo utilizado y de las condiciones en que se efectúan las pruebas. Por lo que en primer lugar, la comparación de las propiedades espumosas de las proteínas exige, normalizar los procedimientos e incluir una proteína patrón. El patrón más frecuentemente utilizado es la clara de huevo (la albúmina) por sus excelentes propiedades espumantes, que muchos autores han comparado con otras proteínas

(German *et al.*, 1985; Blade y Boulton, 1988; Arteaga y Nakai, 1993; Waniska y Kinsella, 1979; Kitabatake y Doi, 1988; Phillips *et al.*, 1987).

Las proteínas actuarían en la espuma a dos niveles: serían importantes en la espumabilidad por sus propiedades de superficie y ayudan en la estabilidad, aumentando la resistencia de la película de la burbuja debido a su elasticidad (Prins, 1989; Damodaran, 1990).

La formación de espuma depende de la habilidad de las proteínas de formar rápidamente una película interfasial gas/líquido, que debe ser capaz de atrapar y retener aire. La película de proteínas que se forma alrededor del gas debería ser suficientemente fuerte para retener la mezcla y soportar los movimientos mecánicos durante la formación de este fenómeno (Kinsella, 1984; Graham y Phillips, 1979a,b,c).

Antes de poder predecir cuáles serán las propiedades espumantes óptimas de las proteínas en general, debemos conocer sus propiedades moleculares intrínsecas que favorecerán una buena espumabilidad (Kinsella, 1981):

- Secuencia de aminoácidos y disposición
- Peso molecular, conformación y flexibilidad
- Polaridad
- Carga iónica
- Hidrofobicidad

En el proceso de formación de espuma, la implicación de las proteínas la podríamos ordenar cronológicamente en 3 fases:

**Primera:** las proteínas globulares solubles se difunden hacia la interfase gas/líquido y reducen la tensión superficial.

**Segunda:** puede existir un desdoblamiento de los polipéptidos cuando se produce la reorientación (partes polares hacia la fase acuosa, partes apolares hacia la fase

gaseosa).

**Tercera:** para formar la superficie continua de la burbuja son necesarias las interacciones entre los polipéptidos, este proceso podría ir acompañado de una desnaturalización o de una coagulación.

Esta capacidad de las proteínas de reducir la tensión superficial para favorecer la formación de espuma, determina su habilidad de alcanzar, adsorber y desplegarse rápidamente en la interfase gas/líquido (dependiendo de su coeficiente de difusión).

- Solubilidad (apartado A)
- Grado de difusión y adsorción en la interfase gas/líquido de la burbuja (apartado B)
- Propiedades Moleculares (apartado C):
  - carga iónica
  - grado de desdoblamiento
  - hidrofobicidadreorientación de los polipéptidosasociación de los polipéptidos para facilitar la formación de una interfase viscosa y elásticabalance de las atracciones y repulsiones intramoleculares.
  - tendencia a agregarse sin llegar a coagular

Todos estos factores están influidos por: la medida, la composición, la estructura, el empaquetamiento, la rigidez y las fuerzas intramoleculares (la carga iónica) de las proteínas. Pero también hay otros factores que influyen, como: los iones, el pH, la temperatura, la agitación y la presencia de otros compuestos (lípidos, tensioactivos, azúcares...)

**Cuadro 2.5.1.** Características que han de poseer las proteínas para incidir en la formación y estabilidad de la espuma (Kinsella, 1981).

Tanto la solubilidad como el grado de difusión y adsorción a la interfase gas/líquido de la burbuja se encuentran intrínsecamente relacionados con las propiedades moleculares de las proteínas por lo que resulta difícil su separación en apartados aislados. Algunas de las propiedades moleculares, como son la carga iónica y la hidrofobicidad, merecen una especial atención en los próximos párrafos (A y B).

### A. SOLUBILIDAD

Las propiedades espumantes de las proteínas se manifiestan cuando éstas se encuentran en disolución. De esta manera, aquellas condiciones que favorezcan su solubilidad favorecerán su poder espumante. Una de estas condiciones será la **carga iónica** neta de la proteína influida por su punto isoeléctrico (PI), es de esperar que serán más solubles las proteínas cargadas que las neutras (con una carga iónica neta mínima). Brissonnet y Maujean (1993), en un estudio sobre la caracterización de las proteínas de los vinos base de *Champagne*, que se encuentran en una concentración comprendida entre 5 a 10 mg/l, explican que cuando el pH de un vino se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas del vino (3,5-4,4), se minimiza su carga iónica neta, empieza a disminuir su solubilidad y se reduce el poder espumante tal y como hemos explicado anteriormente. Pero hay autores que observan todo lo contrario, que las proteínas con carga neta mínima (cuando el pH del medio se asemeja al PI de las proteínas) presenten una espuma más estable y las condiciones que minimizan la carga tienden a incrementar significativamente la espumabilidad y la estabilidad de la espuma resultante (Cumper, 1953; Joly, 1972; Macritchie, 1978; Poole *et al.* 1987; Phillips, 1981). En cervezas, las proteínas que presentan mejores espumas son aquellas que tienen el punto isoeléctrico parecido al pH de la cerveza y con una elevada hidrofobicidad (Yokoi *et al.*, 1989; Maeda *et al.*, 1991).

Considerando el vino, la conveniencia de encontrar a las proteínas cargadas positivamente también favorecería su migración hacia la interfase gas/líquido estabilizando la burbuja (Robillard *et al.*, 1993). hecho que se vería facilitado ya que los PIs de las proteínas del vino acostumbra a ser superiores al pH del vino.

Aunque estas condiciones (concentración de  $H^+$  elevada a pHs ácidos) favorezcan la espuma, cuando el vino es clarificado con bentonita, podría darse una reacción paralela competitiva, entre las proteínas y los  $H^+$  ya que este clarificante actúa por un mecanismo de intercambio catiónico (Blade y Boulton, 1988). Esto significará que cuando las proteínas se encuentren cargadas positivamente esta adsorción se verá favorecida, aumentando su clarificación y consecuentemente reduciendo el contenido proteico. Este hecho significará una condición adversa para la espuma.

Por lo tanto cabe señalar que es importante considerar la hidrofobicidad de las proteínas para poder determinar las propiedades espumantes.

#### **B. GRADO DE DIFUSIÓN Y ADSORCIÓN EN LA INTERFASE GAS/LÍQUIDO DE LA BURBUJA**

Las proteínas anfifílicas con carácter hidrofóbico son las que muestran capacidad para difundirse y adsorberse rápida y totalmente en la interfase (reduciendo la tensión superficial y facilitando la formación de espuma) la dan (Kato *et al.*, 1985; Shimizu *et al.*, 1983; Lee y Kim, 1987; Kitabatake y Doi, 1988). Esta **hidrofobicidad** es la propiedad más importante a la hora de predecir las propiedades espumantes; una elevada hidrofobicidad será síntoma de una posible óptima espuma (Townsend y Nakai, 1983; Yokoi *et al.*, 1989; Maeda *et al.*, 1991) encontrándose ambas claramente correlacionadas (Kato y Nakai, 1980; Keshavaraz y Nakai, 1979). Este hecho ya fue observado por Slack y Bamforth (1983) en cervezas y por Dittrich y Wenzel (1976) y Eschenbruch y Molan (1982) en vinos durante la fermentación.

Las proteínas hidrofóbicas tienen más tendencia a adsorberse en la interfase líquido/ $CO_2$  que a permanecer en la fase agua/alcohol (Jordan y Napper, 1987).

Comparando las proteínas que se encuentran en la espuma, extraída directamente

de un vino base con las que se encuentran en el vino residual después de la extracción, éstas sólo se diferencian por su carácter hidrófobo y no se observan diferencias de peso molecular ni de punto isoeléctrico (Brissonnet y Maujean, 1991).

### **C. PROPIEDADES MOLECULARES DE PROTEÍNAS:**

#### ***Grado de desdoblamiento de las proteínas***

Intentar establecer una relación entre la estructura de las proteínas y su capacidad para producir espuma es un tema ampliamente discutible. Las proteínas de la uva son bastante complejas y se ignora cuál es su estructura exacta. Entre diferentes variedades de uva encontramos variaciones significativas tanto en cantidad como en estructura (Plank y Zent, 1993; Pueyo *et al.*, 1993).

La estructura y la conformación particular de las proteínas afecta a las propiedades físicas de la película de la burbuja (fuerza, viscoelasticidad y capacidad de unión al agua) una vez ya formada. Hay autores que incluso relacionan estas propiedades físicas con la estructura secundaria y terciaria propia de las proteínas (Mita *et al.*, 1977; Graham y Phillips, 1979a,b,c; Phillips *et al.*, 1995).

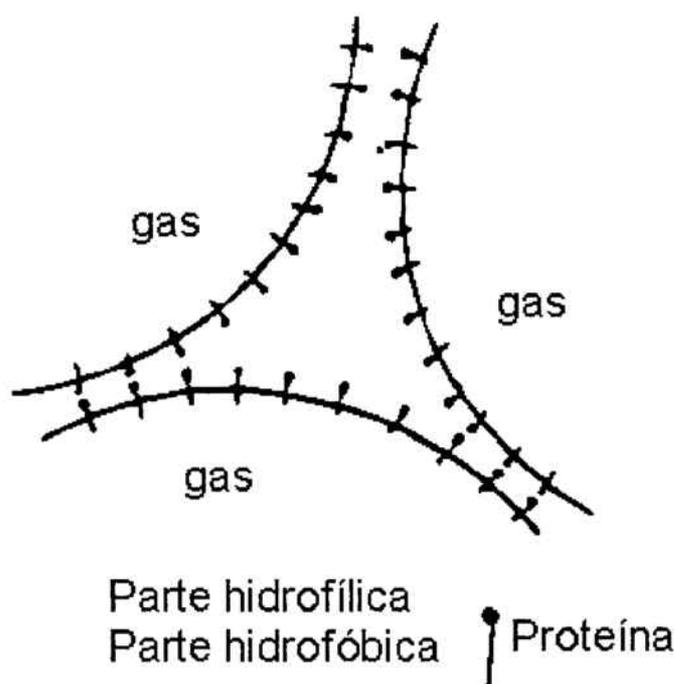
Paradójicamente, hay estudios que asocian las propiedades espumantes con el desdoblamiento y la flexibilidad de las proteínas al llegar a la interfase gas/líquido (Graham y Phillips, 1979 a,b,c), lo que comportaría la pérdida de la estructura secundaria y terciaria original. Estos resultados apuntarían a pensar que las proteínas ideales para la espuma serían aquellas que fueran pequeñas, muy flexibles y con una significativa superficie hidrofóbica expuesta (Halling, 1981).

La predicción del comportamiento de la espuma, a través de la estructura de las proteínas, consiste en reconciliar cada uno de los diferentes fenómenos físicos con la conformación que adopta una determinada proteína en la interfase gas/líquido, hecho que

involucra tanto a parámetros termodinámicos como cinéticos (German *et al.*, 1985). De esta manera la paradoja creada respecto el desdoblamiento de las proteínas y su estructura secundaria o terciaria a la interfase sólo se explica considerando el establecimiento de un balance a la hora de la formación y estabilización de la película de la burbuja dónde son de vital importancia las fuerzas y las proporciones moleculares (Kinsella, 1981).

### ***Reorientación de las proteínas***

Les proteínas son agentes de superficie que pueden estabilizar la espuma, instalándose en la corona blanca, colocando la parte hidrofóbica hacia la parte gaseosa de la burbuja y la parte hidrofílica hacia la fase acuosa de la disolución, según el modelo de bicapa propuesto por Gibbs (Figura 2.5.1.) (Brissonnet y Maujean, 1991); de esta manera y por norma general, en la formación y estabilidad de la espuma tendrán más importancia las proteínas hidrófobas que las hidrofílicas (tal y como hemos comentado en el apartado anterior).



**Figura 2.5.1.** Modelo de bicapa propuesto por Gibbs.

***Asociación de las proteínas para facilitar la formación de una interfase viscosa y elástica. Balance de las atracciones y repulsiones intramoleculares. Tendencia a agregarse sin llegar a coagular***

Cuando las proteínas alcanzan la interfase gas/líquido tienen habilidad para unirse a una matriz multimolecular formando películas de superficie las cuales retardan la coalescencia y el colapso de las burbujas, favoreciendo la estabilidad de la espuma (Graham y Phillips, 1979a,b,c; German *et al.*, 1985).

La superficie neta de la burbuja se recubre rápidamente por una fina monocapa de proteínas, después se le van asociando y adsorbiendo más proteínas, evitando la destrucción de la integridad de la superficie de la burbuja por interacciones repulsivas o evitando la vuelta a la fase acuosa, este hecho requiere una tendencia a unirse a las superficies hidrofóbicas.

Cuando las interacciones proteína-proteína se potencian se forman películas adsorbidas de mayor grosor que pueden favorecer la estabilidad de la espuma, esta situación se ve potenciada con el envejecimiento de la disolución proteica (Halling, 1981).

***Concentración proteica***

Un aumento en la concentración proteica del alimento produce burbujas más pequeñas y espumas más rígidas (Halling, 1981). La potencia espumante ( $F_p$ , descrita en el cuadro 2.4.1b.) aumenta con la concentración proteica de la fase líquida, hasta conseguir unos valores máximos (Kitabatake y Doi, 1982).

Contrariamente, hay autores que observando las espumas de los alimentos afirman que los compuestos proteicos han de estar presentes a niveles relativamente bajos (Cumper, 1953; Halling, 1981; Kinsella, 1981).

De todas maneras Maujean *et al.* (1990) después de analizar 31 vinos base destinados a la elaboración de cava no establece ninguna correlación entre concentración de proteínas y estabilidad (TS). Y sí que encuentra relación con la espumabilidad (HM) y con la permanencia de la corona de espuma (HS), determinando todos los parámetros de espuma con el aparato de medida Mosalux.

### ***Peso molecular de proteínas***

El comportamiento de la espuma está determinado por la totalidad de moléculas de un elevado peso molecular y no por una proteína específica (Hollemans, 1989). Según Yokoi *et al.* (1989) y Maeda *et al.* (1991) las proteínas con un papel relevante en la formación de la espuma en cervezas son aquellas con un peso molecular aproximado de 40.000 daltons. Si consideramos la estabilidad, Roberts *et al.* (1978); Sharpe *et al.* (1981) Lomath (1984) y Bamforth (1985) aseguran que las proteínas indicadoras de una buena estabilidad de espuma son aquellas con un peso molecular superior a 5.000 daltons. Respecto a las proteínas de menor peso molecular, mientras Atkinson (1982) observó que podían tener un efecto perjudicial en la estabilidad de la espuma ya que podrían desplazar de la laminilla de la burbuja a otras moléculas más relevantes, Lomath (1984), observó que tales proteínas, con un peso molecular inferior a 5000 daltons no actuaban como desestabilizadoras.

Según Pueyo *et al.* (1995), en un estudio con variedades de uva Macabeo, Xarel.lo y Parellada, describe que las proteínas de mosto y vino tienen pesos moleculares comprendidos entre 25.000 y 67.000 daltons. También comentan que todas las bandas proteicas detectadas en su estudio son glicoproteínas y que los compuestos determinados con el método de Bradford en sus muestras, corresponden a péptidos de peso molecular comprendido entre 3.000 y 10.000 daltons.

Según estos resultados, las proteínas que nosotros estamos considerando (determinadas por el método de Bradford), no corresponderían a las proteínas con un papel

importante a la hora de caracterizar la formación de espuma pero según las aportaciones de Yokoi *et al.* (1989) y Maeda *et al.* (1991) comentadas anteriormente, sí para predecir la estabilidad de esta espuma según Roberts *et al.* (1978); Sharpe *et al.* (1981) y Bamforth (1985).

Respecto a considerar cuál sería el efecto de una posible **hidrólisis** de estas **proteínas** en la capacidad espumante hay dos teorías al respecto. Según Poole *et al.* (1987) la hidrólisis de proteínas causaría reducción de la capacidad espumosa (considerando una disolución de albúmina y clupeína como enzima pectolítico). Pero según Adler-Nisan y Serj-Olsen (1979) y Grunden *et al.* (1974) una hidrólisis parcial de estas proteínas casi no reduciría la estabilidad de la espuma.

Pero también sería importante considerar la **polimerización de las proteínas**, dado que Joly (1972) observa que incrementan la viscosidad, por lo que podría favorecer las propiedades espumantes.

### **Aminoácidos**

Gomerieux (1989) analizando la espuma producida en un vino observa que hay un ligero paso preferencial a la espuma de ciertos aminoácidos, especialmente de prolina, alanina y lisina, lo que haría suponer que estos aminoácidos se encontrarían relacionados con el fenómeno de la espuma.

Pueyo (1994) correlaciona ( $r = -0,67$ ) el sumatorio de aminoácidos (considerando la prolina) del vino con la espumabilidad en los vinos

### 2.5.2.6. LÍPIDOS

Los lípidos son una amplia gama de compuestos, que la bibliografía describe tanto negativos para la espuma (Roberts *et al.*, 1978; Sharpe *et al.*, 1981; Jackson, 1981;

Bamforth, 1985) como positivos (Roberts *et al.*, 1978; Dubinchuk *et al.*, 1980). En una disolución agua/etanol, los lípidos insolubles formarán una película hasta alcanzar una determinada concentración que les permita formar una micela, la cual será totalmente soluble en agua. Roberts *et al.* (1978) proponen que cuando los lípidos se encuentran en cantidad de trazas, los podemos encontrar de dos formas diversas en la película de la burbuja:

Primero podrían existir independientemente de los tensioactivos mayoritarios, las proteínas, agrupándose en la laminilla en forma micelar. Este hecho destruirá la uniformidad de la laminilla ya que reduce su elasticidad y la hace más susceptible a la ruptura debida a posibles choques. En segundo lugar, los autores proponen que los lípidos tensioactivos pueden distribuirse por si solos incluso en asociación con otros agentes espumantes, por ejemplo, uniéndose a polipéptidos, modificando sus propiedades espumantes, es decir, podrían tanto favorecer como reducir la estabilidad de la espuma formada. Sin embargo, la asociación lípido/proteína en cerveza es diferente a la asociación lípido/proteína en vino debido a la disparidad de grado alcohólico que presentan ambas bebidas.

En cervezas, los ácidos grasos de cadena corta (C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>) que son liberados por las levaduras durante la fermentación, podrían dañar la espuma, sin embargo su efecto sería menos dañino que el que provocarían los ácidos grasos de cadena larga aunque se encontraran en cantidad de trazas (Roberts, 1977). Bamforth y Jackson (1983) observaron que algunos ácidos grasos de cadena corta (cáprico y láurico) tenían un pequeño efecto en la estabilidad de la espuma, mientras que el triglicérido tripalmitina reducían tal estabilidad.

En vinos espumosos elaborados con el método tradicional, los lípidos son producidos tanto en la primera como en la segunda fermentación, además la autólisis de la levadura también es una fuente de lípidos. Chen *et al.* (1980), estudiando la autólisis de las levaduras de la cerveza, observaron que los ácidos grasos liberados correspondían a aquellos de cadena desde C<sub>8</sub> hasta C<sub>24</sub>, y que la cantidad total de tales ácidos grasos era

de 285 microgramos/l en condiciones de temperatura a 25°C.

Pueyo *et al.* (1995), en un estudio con vinos base y cavas, observaron que en vinos el ácido linoleico estaba positivamente correlacionado con la estabilidad de la espuma, mientras que en cavas era la  $\gamma$ -butirolactona, en cuanto a la altura de la espuma de los cavas, ésta estaba positivamente correlacionada con el ácido palmítico.

El C<sub>8</sub> y el C<sub>10</sub> son los ácidos grasos representativos del *champagne* (Ferrari *et al.*, 1987; Maujean *et al.*, 1990), tras un año de envejecimiento en contacto con las lías de fermentación su concentración decrece y ésta podría ser la causa de que con el envejecimiento se observe una disminución de la espumabilidad y un aumento de la estabilidad.

El C<sub>8</sub>, según Maujean *et al.* (1990) tiene poca repercusión sobre la altura de espuma (HM), aumenta la permanencia (HS) y su efecto sobre la estabilidad (TS), varía en función de la concentración: entre 0,5 y 1,5 mg/l la favorecen, mientras que en concentración entre 2 y 2,5 mg/l la reducen.

Respecto el C<sub>10</sub>, según los mismos autores, observaron que tampoco presentaba una influencia significativa sobre la HM, sin embargo aumentaba la permanencia de la espuma (HS) y reducía la estabilidad (TS) .

Brissonnet y Maujean (1991) puntualizaron que su influencia en la formación y estabilidad de la espuma dependía de su peso molecular.

Sin embargo, al considerar la influencia de los lípidos no sólo es importante considerar su presencia sino también su estado físico, la interacción con otros compuestos (Dubreil *et al.*, 1997) y la presencia de alcohol ya que éste modifica en gran medida sus propiedades tensioactivas. El efecto negativo de los lípidos puede estar enmascarado por una alta concentración de etanol (Dussaud *et al.*, 1994).

### 2.5.2.7. PERFIL FENÓLICO

El contenido de los compuestos fenólicos en uva, mosto y vino se encuentra afectado por numerosos factores. Las condiciones de vinificación pueden hacer variar en gran medida la concentración de pfenoles en el vino dependiendo del tiempo de contacto del mosto con las partes sólidas de la uva (Peri y Pompei, 1971; Du Plesis, 1983; de Castro, 1985), la cantidad de SO<sub>2</sub> utilizado durante la vinificación, la clarificación, el pH del mosto, condiciones de fermentación, estabilización, envejecimiento y duración de los tratamientos (Marghieri *et al.*, 1978; Bourzeix, 1982; Bourzeix *et al.*, 1986). La elección de la presión de extracción del mosto, define la cantidad de fenoles extraídos y condiciona la calidad del mosto (Díaz, 1991; Singleton y Trousdale, 1983; De Castro, 1985). En mosto, los resultados obtenidos por Peri y Pompei (1971), demuestran que a medida que aumenta la presión de prensado se produce un aumento de todos los compuestos fenólicos.

Pueyo (1994) observa una correlación negativa, ( $r=-0,57$ ), entre el contenido de polifenoles totales, determinados por el método de Folín (Singleton y Rossi, 1965), y la altura de espuma en vinos.

Según Beart *et al.* (1985) los polifenoles interaccionan con *proteínas* (mediante un mecanismo pH dependiente) formando complejos reversibles con interacciones de puentes de hidrógeno y interacciones hidrofóbicas, y con *polisacáridos* (mediante un mecanismo pH independiente). Estos compuestos podrían aportar viscosidad tal y como hemos descrito anteriormente cuando relacionábamos la polimerización de proteínas con un aumento en la viscosidad.

La interacción de las proteínas con compuestos fenólicos ha estado sugerida como causa de resistencia a la hidrólisis proteolítica (Heatherbell *et al.*, 1984), es decir, que los polifenoles protegieran a las proteínas de la hidrólisis favoreciendo una posible acción espumosa. Así mismo Waters *et al.* (1992) no creen que sea la causa de tal protección, aunque destacan la importancia de los compuestos fenólicos en la degradación enzimática

de las proteínas del vino y en otros aspectos de la estabilidad proteica.

Cada uno de los compuestos fenólicos puede comportarse de manera diferente según su estructura química. Por este motivo es interesante conocer el posible efecto individual de estos compuestos en la capacidad espumante aunque en la bibliografía consultada no hemos encontrado referencias individuales directamente relacionadas.

McManus *et al.* (1985), para la cerveza, opina que tanto proteínas, como polisacáridos y polifenoles, conforman un grupo de compuestos que podría tener importancia en la espuma, pero debido a las interacciones que se producen entre ellos, es difícil evaluar la acción aislada de cada uno de ellos.

#### 2.5.2.8. COMPUESTOS DE ELEVADA VOLATILIDAD

En alcoholes superiores, cuanto mayor sea la cadena de carbono, mayor serán sus propiedades tensioactivas (Jordan y Napper, 1987). En un vino, los alcoholes superiores mayoritarios son aquellos de cadena más corta de C<sub>3</sub> a C<sub>6</sub> (Amerine y Ough, 1974), los cuales pudieran no influir en gran medida sobre las propiedades tensioactivas.

El 2-Feniletanol, que pudiera estar en concentraciones por encima de los 130 mg/mL, se ha observado que produce una buena estabilidad en la espuma de cerveza y ayuda a la retención del CO<sub>2</sub> (Codrington, 1985). En el estudio de Pueyo *et al.* (1995) sobre la capacidad espumante de las variedades de uva blancas Macabeo, Xarel.lo y Parellada, observa que el diacetato está correlacionado negativamente con la espumabilidad y que el acetaldehído lo está positivamente, con el tiempo de estabilidad.

## 2.6. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE UN VINO

La calidad final de un vino y consecuentemente su composición, depende de un gran número de factores, tal y como se representan en la figura 2.6.1., que se podrían agrupar en tres grandes grupos según Jackson y Lombard, 1993:.

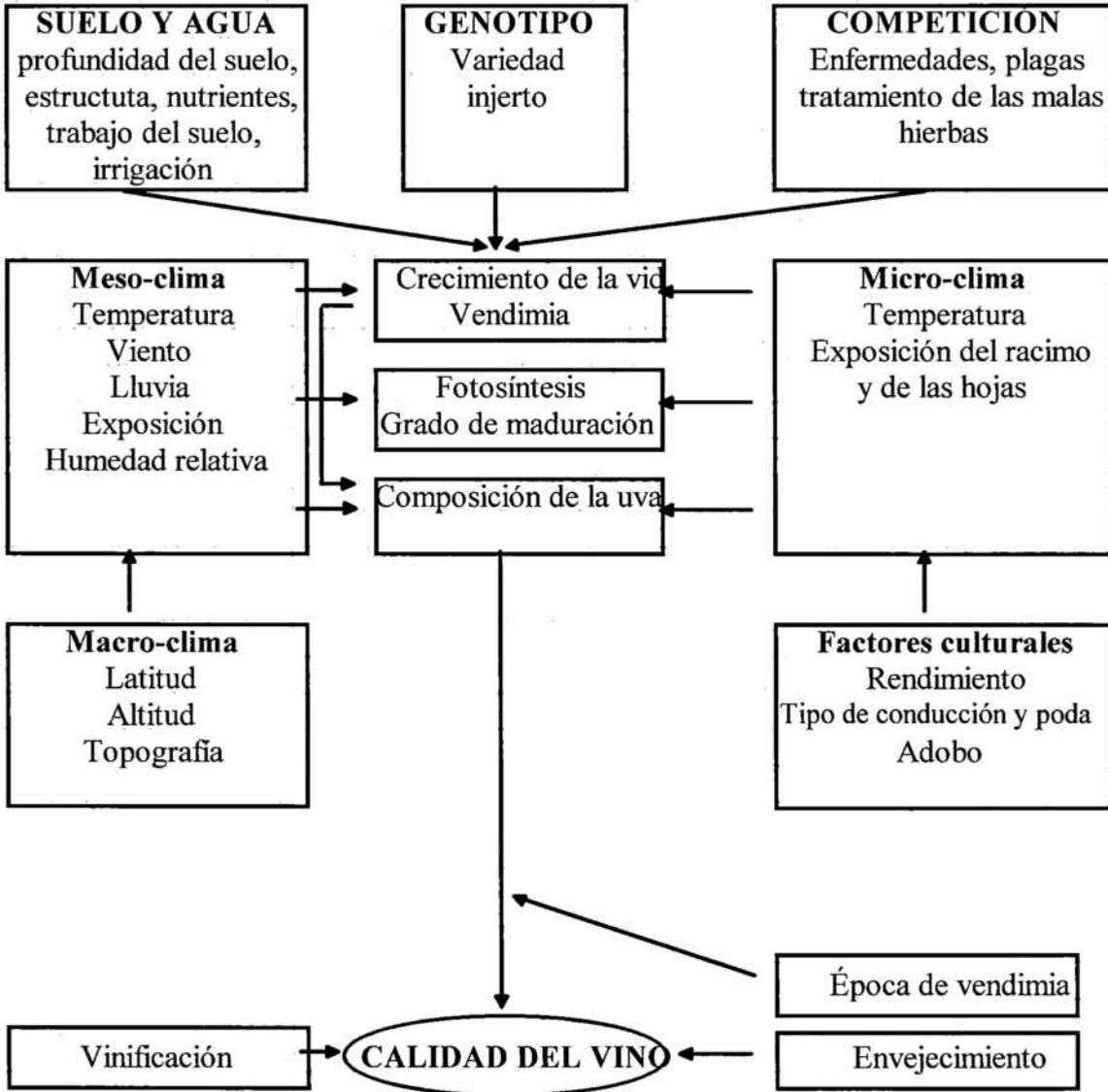


Figura 2.6.1 Factores que determinan la calidad de un vino (Jackson y Lombard, 1993)

1. Materia prima del cual procede, es decir la UVA (variedad, estado sanitario, grado de maduración, etc...)

2. Delimitación del área geográfica, denominación de origen, que es el factor de un ECOSISTEMA VITIVINÍCOLA concreto.

3. Técnicas de elaboración utilizadas en la bodega, VINIFICACIÓN o TECNOLOGÍA

### 1. LA UVA

La calidad de un vino depende fundamentalmente de la calidad de la materia prima de la que procede: la uva. Ésta a su vez viene determinada por el estado sanitario y por el grado de maduración (García-Escudero, 1995)

#### Composición de la uva

La uva contiene gran cantidad de compuestos que no se distribuyen uniformemente por todas las partes de la baya. La clasificación de estos compuestos en orden decreciente sería: agua y otras sustancias inorgánicas, hidratos de carbono, ácidos, fenoles, compuestos nitrogenados, terpenos, ácidos grasos y otras sustancias lipídicas, compuestos volátiles aromáticos y vitaminas (Bulton *et al.*, 1997). Algunas de estas sustancias, si bien se encuentran en niveles de trazas son importantes por el carácter que confieren al producto resultante: el vino. La composición de la uva en el momento de la vendimia y las variaciones que se producen en los momentos siguientes, afectan a la composición del vino y por lo tanto a su calidad.

#### Variedad

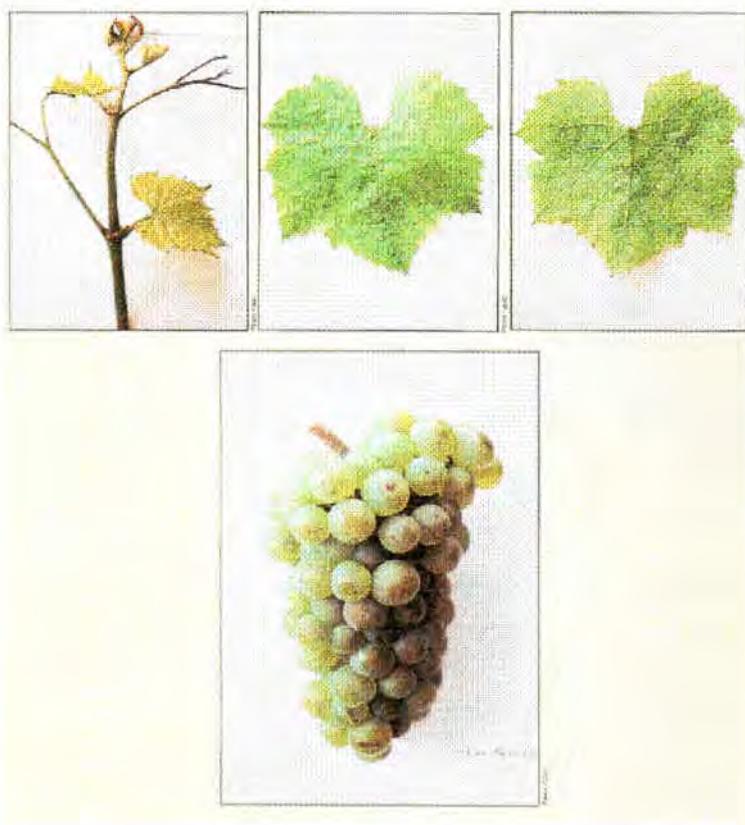
Según García-Escudero (1995), la variedad constituye el principal componente de la calidad, sobretodo en aquellas situaciones en donde el clima o el suelo actúan como factores limitantes. Cada variedad está dotada de una carga

genética que se traducirá en unas características físicas, químicas y sensoriales que determinan las peculiaridades del vino obtenido. En nuestro estudio las variedades analizadas son las variedades blancas de la Denominación de origen Penedès: Macabeo, Xarel.lo, Parellada y Chardonnay. Y, la variedad tinta Pinot noir. A continuación comentaremos las principales características de estas variedades.

Variedades blancas por orden de recolección:

#### CHARDONNAY:

Es la variedad blanca más cultivada a nivel mundial, Francia (de donde es originaria), Italia y Estados Unidos, para obtener los vinos blancos de máxima calidad. Tiene una gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas y de suelo, hecho que la hace cultivable en todas las zonas vitivinícolas del mundo (Fotografía 2.6.1.).



**Fotografía 2.6.1. Variedad CHARDONNAY.**

El grano es pequeño y la piel no es muy fuerte. Madura en seguida, a finales de Agosto principio de Septiembre. Debido a su época de brotación se ve muy afectado por las heladas de primavera. Es sensible al mildío, y muy sensible al oídio y a la botritis.

Su rendimiento es bajo y produce un vino equilibrado, de extraordinaria finura, muy aromático y de buena graduación.

### MACABEO:

Variedad blanca denominada Viura fuera de Cataluña. Se tiene que cultivar en suelos fértiles y frescos, pero se adapta bien a todas las condiciones climáticas y de altitud (Fotografía 2.6.2.).



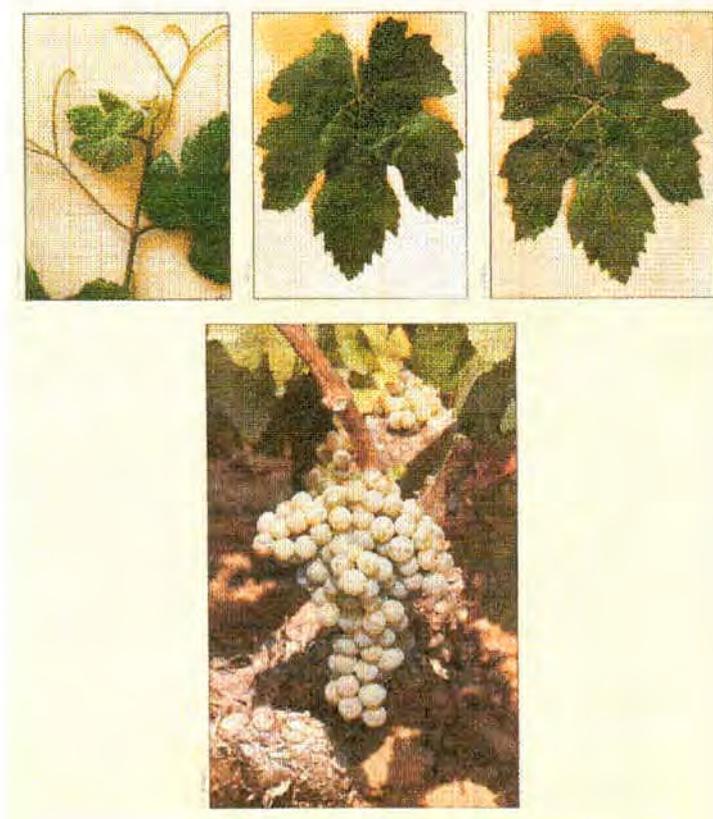
**Fotografía 2.6.2. Variedad MACABEO.**

El racimo es grande y compacto. El grano de uva es redondo y de piel fina, que lo hace sensible a los ataques de Botritis y de mildio, sensible al gusano de la uva, al oídio y a las heladas de primavera.

Es una vid muy productiva que produce un vino de calidad, afrutado, ligero y equilibrado, de moderada graduación alcohólica: 10-11 % v/v.

#### XAREL.LO:

Se adapta bien en la mayoría de suelos siempre y cuando se encuentren situados entre el nivel del mar y unos 400 m de altitud. El grano de uva es redondo y de piel fuerte. Madura en la segunda quincena de Septiembre. Es sensible a las heladas de primavera, al mildio, poco sensible al oídio y a la botritis (Fotografía 2.6.3.).

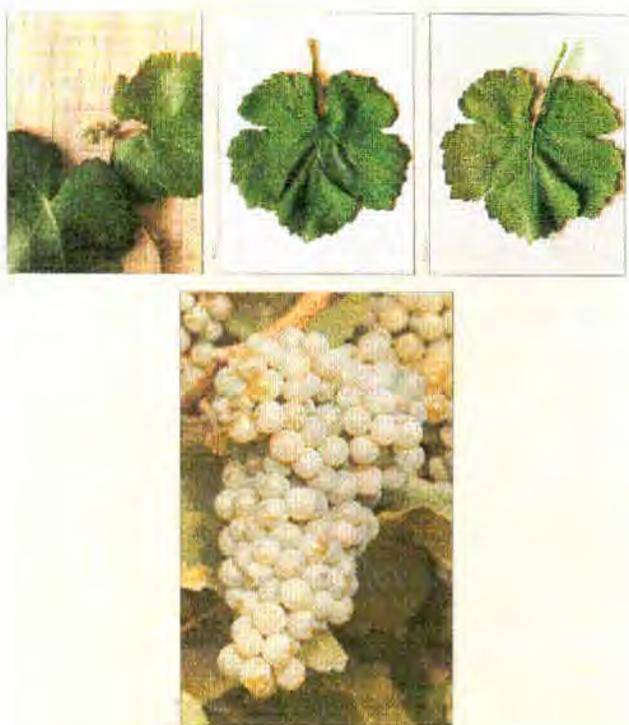


**Fotografía 2.6.3. Variedad XAREL.LO.**

Su rendimiento puede ser variable según las condiciones climáticas en el momento de la floración y según el grado de selección del material vegetativo utilizado. Produce un vino consistente, equilibrado, un poco ácido que se utiliza en la elaboración de vinos espumosos de cava y vinos secos de mesa. Produce vinos con una graduación alcohólica de 11-12 % v/v.

### PARELLADA:

Se adapta bien a toda clase de suelos. Pero aún así se tiene que cultivar a más de 200 m de altitud. Es una variedad poco vigorosa. El racimo es muy grande y un poco compacto si la producción es elevada. El grano de uva es medio tirando a grande y la piel es dura, hecho que la hace más resistente a los ataques por botritis. Es poco sensible al oídio y al mildio y sensible al gusano de la uva y a las heladas de primavera. Produce vinos de poca graduación (9-10 % v/v), afrutados, frescos, jóvenes, ligeros y aromáticos. Es la base para la obtención de buenos vinos espumosos de cava (Fotografía 2.6.4.).

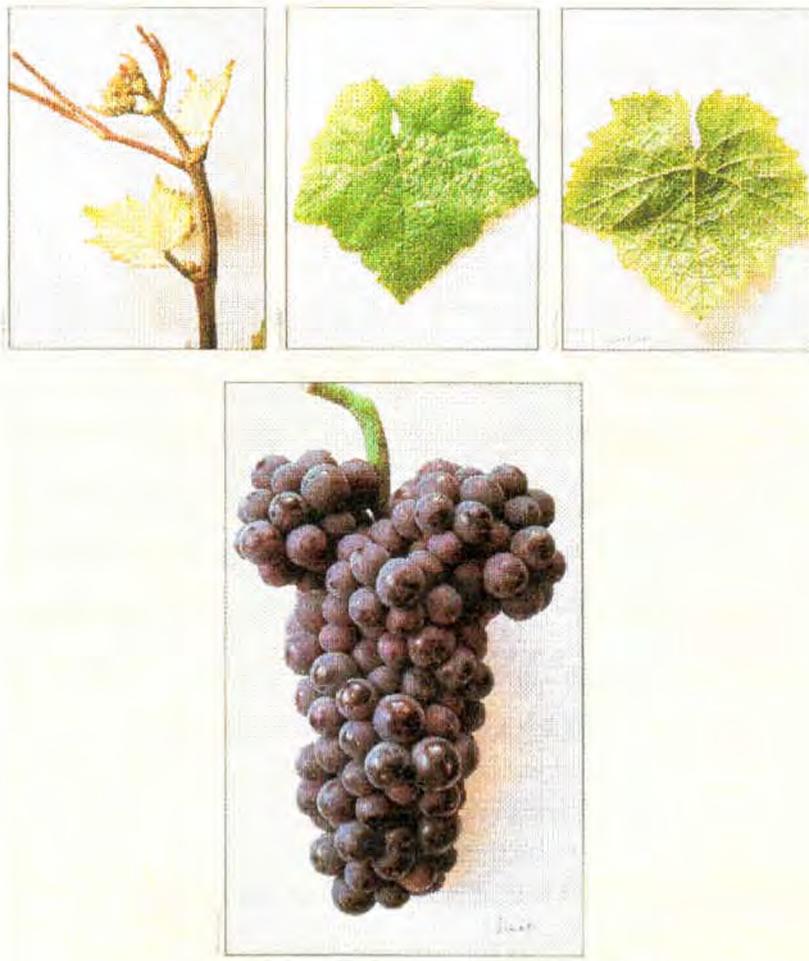


**Fotografía 2.6.4. Variedad PARELLADA.**

Variedad tinta:

## PINOT NOIR

Sus granos forman racimos compactos de bayas pequeñas, esféricas o ligeramente ovoides y azuladas, con un espeso hollejo muy rico en materia colorante, pulpa escasa y jugo casi incoloro. Es una variedad de poca fertilidad, que se adapta bien a las heladas; pero es fácilmente atacada por la botritis, el mildio y el oidio ya que sus granos estallan fácilmente, y tiene una tendencia vigorizante, que le hace producir racimos de segunda floración que alteran su normal maduración. Es sensible a las enfermedades: mildio, oidio y podredumbre gris (con diferencias entre clones) (Fotografía 2.6.5.).



**Fotografía 2.6.5. Variedad PINOR NOIR.**

Es empleada por las más grandes firmas de la Champagne en los coupages de algunos de sus mejores espumosos, cuando se vinifica en blanco.

En Francia, el pinot ocupa el duodécimo lugar, con 17.000 ha que se reparten entre Borgoña (8.500 ha), la Champagne (7.500 ha), Alsacia, Jura y Valle del Loira. En Alemania se cultivan 3160 ha, principalmente en los valles del Rin y del Ahr. Abunda bastante en Suiza germánica y en el Valais, con un total de 3.000 ha. Se encuentra también en el norte y sur de Italia, así como en Cerdeña, Austria, Hungría, Checoslovaquia, Bulgaria, Rumanía, Georgia y Azerbaiján, donde se emplea para producir vinos tintos de calidad o, a veces, espumosos. En España se cultiva en pequeña escala en el Penedès. En América se encuentra en Chile, Argentina, Uruguay y California (3.000 ha). En el conjunto del mundo alcanza una extensión total de 30.000 ha. (Fotografía 2.6.5.).

### **Fotografía 2.6.5. Variedad PINOR NOIR.**

## **2. ECOSISTEMA VITIVINÍCOLA**

Los factores ambientales (luminosidad, temperatura ambiental y disponibilidad del agua por parte de la vid), la composición del suelo y las técnicas de cultivo inciden directamente sobre la calidad de la uva. Las técnicas de cultivo incluyen la poda, el abono, mantenimiento del suelo y los tratamientos fitosanitarios. El objetivo de las técnicas de cultivo es conseguir una maduración adecuada asegurando: un buen nivel de azúcar, disminución adecuada de la acidez, acumulación de compuestos fenólicos, aparición de sustancias aromáticas y desaparición de gustos y olores herbáceos desagradables.

## 2.6.1. FACTORES QUE AFECTAN A LA ESPUMA DE UN VINO

### 2.6.1.1. VARIABLES NATURALES

Las variables naturales tienen su importancia en el poder espumante de los vinos base, no de una manera directa, sino indirectamente por su influencia sobre la futura composición química del vino, la cual incidirá directamente sobre el poder espumante, como se destaca en el apartado 2.5. En la bibliografía consultada no hemos encontrado referencias directas de estas variables con el poder espumante de los cavas. Por este motivo, nos hemos visto obligados a consultar fuentes bibliográficas sobre espuma de alimentos en general o de otras bebidas ya sea la cerveza, en particular.

Respecto a la variable **variedad** y considerando las tres variedades estudiadas en este trabajo, Macabeo, Xarel.lo y Parellada, Pueyo (1994), destaca la variedad Xarel.lo como la que presenta mejores propiedades espumantes respecto a las otras dos. Esta variable influirá directamente sobre la composición del vino e indirectamente sobre la espuma. Según este autor, es la variedad Xarel.lo la que presenta concentraciones de nitrógeno total, proteínas, polipéptidos y aminoácidos más elevadas.

Es difícil demostrar experimentalmente la relación entre **clima** y calidad, ya que el clima no es una variable uniforme, conlleva muchas variables asociadas: temperatura media, diferentes temperaturas diurnas y nocturnas, nivel y distribución de la lluvia, humedad, viento, presión atmosférica, etc. Respecto al factor agua disponible (lluvia e irrigación), hay claras evidencias de su influencia en la calidad final del vino. Seguin (1983) señala que un aporte insuficiente de agua es tan perjudicial como un aporte excesivo, así mismo un exceso de pluviosidad puede provocar un retraso en la maduración de la uva (Alleweldt *et al.*, 1984).

**Estado fitosanitario de la uva:** El hongo *Botrytis cinerea* o la podredumbre gris es la alteración más común en la uva blanca, ocasiona alteraciones en la composición química del mosto como aumento en la concentración de azúcares, acidez, glicerol y

flavor. De Castro (1984) y Hidalgo (1986), destacan la importancia del estado sanitario de la uva en el momento de la vendimia.

Relacionando el estado fitosanitario y la variedad de uva, de Castro (1990) destaca la gran susceptibilidad de la uva de las variedades Macabeo y Xarel.lo al ataque de *Botrytis*, lo que da lugar a glucanos (Dubourdieu *et al.*, 1980, 1981a). El hongo degrada la pectina, hace aumentar el contenido de ácido galacturónico, y sintetiza polisacáridos diferentes de los que tiene la uva (Dubourdieu *et al.*, 1981a,b). De la misma manera también puede llegar a reducir a la mitad el contenido de proteínas, aminoácidos y el nitrógeno amónico libre de la uva (Vine, 1993). En el apartado 2.5.2. se ha visto la importancia de los polisacáridos y del material nitrogenado en el proceso espumante.

Tiene que existir un perfecto equilibrio entre **el suelo** y el clima. El efecto del terreno sobre la composición de la uva y la calidad del vino es difícil de evaluar y mucho más, si consideramos las futuras capacidades espumantes que de ella se derivarán. El tipo de suelo de la viña puede afectar: la capacidad humectante (Aljibury, 1975), la riqueza de nutrientes (Allen *et al.*, 1991), el microclima (Alleweldt *et al.*, 1984), y el crecimiento de las raíces (Alleweldt *et al.*, 1982)

### 2.6.1.2. VARIABLES TECNOLÓGICAS

La utilización de diferentes técnicas de vinificación pueden mejorar tanto la burbuja como la espuma. Presumiblemente estas técnicas alteran el balance de los compuestos tensioactivos en el sentido de mejorar los efectos deseados.

En este trabajo hemos considerado la variable **bodega elaboradora de cava**, aunque esta variable incluye todas las otras variables tecnológicas expuestas a continuación y que son propias del *modus operandi* de cada empresa o cooperativa de la zona.

Brissonnet y Maujean (1991), en un estudio para identificar los compuestos espumantes positivos, descartan el análisis de diferentes tipos de vinos, de procedencia diversa, porque consideran este factor una fuente de información que daría resultados de difícil interpretación debido a la diversidad de composición química de cada vino. Pero hay autores que comentan la necesidad de estudios a escala industrial afrontando los diferentes tipos de variables (Viaux *et al.*, 1994).

### **Obtención del mosto**

La manipulación de la uva durante la vendimia y el prensado es de capital importancia a la hora de garantizar una cierta calidad para el vino base y el posterior cava, entre estas propiedades que se verían afectadas encontraríamos: la capacidad para espumar y el desarrollo de una espuma persistente (Hardy, 1990).

Para obtener lo mejor de la uva, es necesario extraer el zumo de la uva sin tocar demasiado las partes sólidas, ni tan siquiera la piel. Los vinos base destinados a la elaboración de espumosos, es imprescindible obtenerlos de mostos que no hayan sobrepasado coeficientes de extracción del 50% si se quiere mantener una espuma aceptable (Hardy, 1990). Las fracciones resultantes de las partes prensadas son menos espumantes que las producidas por el zumo puro de la pulpa. Sin embargo, el primer zumo que sale de la prensa es menos espumante que el que sale en medio de una presión, debido a que puede contener restos de tierra por las inclemencias del clima. A medida que se avanza en el prensado, los mostos producen vinos de menor calidad, que envejecen antes y mal, y que no espuman.

### **Sulfitado**

Aunque en este estudio, no hemos considerado el sulfitado como una variable, sino como una constante, la bibliografía nos describe posibles relaciones entre la adición de SO<sub>2</sub> y el poder espumante. En 1975, Brenne y Berstein ponen en evidencia el efecto negativo de los sulfitos sobre la capacidad espumante de la cerveza.

En el vino, Schanderl (1965) observa que la adición elevada de dióxido de azufre antes del tiraje es el origen de una liberación importante de ácidos grasos por parte de las levaduras, de los cuales posteriormente se han descrito su nefasto efecto sobre la estabilidad de la espuma. Maujean *et al.* (1991) llegan a la conclusión, que el dióxido de azufre no tiene efecto significativo sobre los valores de *espumabilidad* (HM) ni sobre la permanencia de la corona de espuma (HS), por contra adiciones entre 60 y 80 mg/l mejoran la estabilidad de la espuma entre un 210 y un 300% respectivamente, aunque la espuma observada es de mala calidad (menos blanca y con grandes burbujas). La mala calidad de espuma también puede interpretarse como la alteración de las proteínas debido al dióxido de azufre, que como describe la bibliografía es un agente desnaturizante, responsable de la ruptura de los puentes disulfuro.

### Eliminación de turbios (Desfangado)

En este apartado comentaremos, como afecta la filtración, en general, sobre la composición del vino ya sea aplicada sobre mosto o sobre vino, aunque la bibliografía sólo habla del efecto de la filtración de los vinos sobre su correspondiente poder espumante.

El desfangado, habitualmente se efectúa mediante dos procedimientos, estático por decantación o bien dinámico por filtración al vacío.

Respecto a la posible relación de este proceso tecnológico con la capacidad espumante de los posteriores vinos y cavas, Robillard *et al.* (1993) demuestran claramente que el poder espumante y la estabilidad de la espuma disminuyen drásticamente con **la filtración**, pero que la media de vida de las burbujas (medida por el coeficiente de Bikerman) permanece casi estable entre los vinos filtrados y los que no lo están. Aseguran que las propiedades espumantes disminuyen a medida que se reduce el contenido de coloides o partículas. Estos autores comentan que la diferencia entre partícula y coloide no es evidente y aceptada por todos, a pesar de la diferencia de tamaño son muchos los factores que influyen en su estabilidad (Lyklema, 1983). La mayoría de los elaboradores de vinos consideran las paredes de las bacterias como

partículas aunque las macromoléculas son coloides. La inestabilidad de las partículas conocida con el nombre de "mecanismo de partículas hidrofóbicas" (Prins, 1989) queda reflejada en la figura 2.6.2., donde se ilustra esquemáticamente la ruptura de la superficie (película) de la burbuja.

Robillard *et al.*, (1993) demuestran que estas partículas estabilizan la interfase gas/líquido, y la bibliografía describe como estas partículas hidrofóbicas estabilizan la película de la burbuja (Hudales y Stein, 1979, 1990). Robillard *et al.* (1993) llegan a la conclusión, después de un estudio sobre diferentes vinos filtrados y su capacidad espumante (medida con el Mosalux), que estas partículas (y/o coloides) son factores limitantes del comportamiento de la espuma, resumidos de la manera siguiente por los mismos autores:

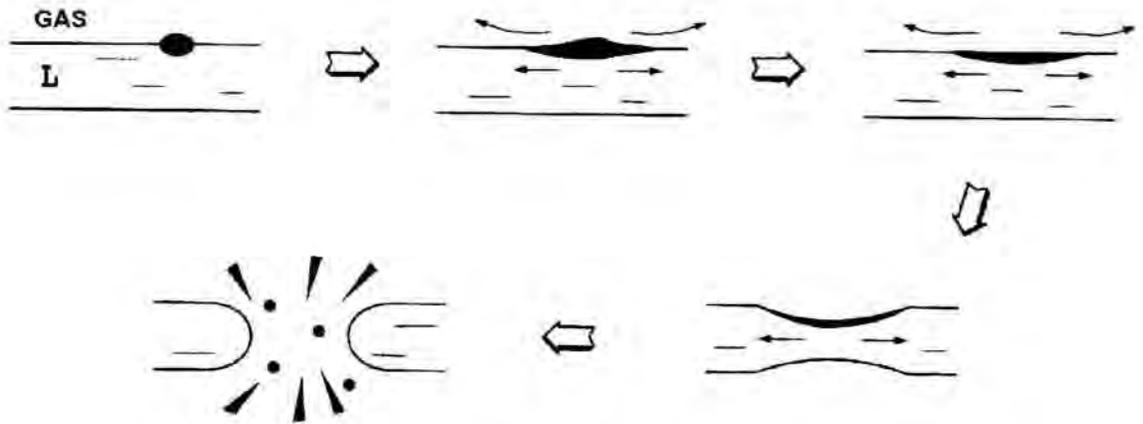
*Efecto sobre la capacidad espumante (espumabilidad):*

- Durante la formación de espuma, las paredes de las burbujas son jóvenes y de grosor considerable y drenan por gravedad. Considerando los vinos filtrados y que la nucleación es constante, a medida que aumentamos el grado de filtración, aumentan las propiedades de ruptura de las paredes de las burbujas.
- Con la filtración la espuma de los vinos presenta diferente coalescencia, hecho que Robillard *et al.* (1993) explican por reducción, durante la filtración, de aquellas partículas (proteínas, coloides...) que durante el proceso espumante estabilizan la interfase gas/aire, y provocan un aumento en la tensión superficial, un aumento en la coalescencia y una desestabilización de las paredes de burbuja.

*Efecto sobre la estabilidad de la espuma* : (medida con el Mosalux en ausencia de inyección de CO<sub>2</sub>)

- La filtración comporta una reducción de los agentes activos de superficie y consecuentemente una reducción de la vida media de la espuma por aumento del drenaje por gravedad.

- las partículas hidrofóbicas estabilizan la interfase gas/líquido. En este proceso hay implicados dos tipos de fuerzas: fuerzas de impedimento estérico y fuerzas de repulsión electrostática.



**Figura 2.6.2.** Ilustración esquemática de la ruptura de la superficie (película) de la burbuja.

Viaux *et al.*, (1994) describe la relación que hay entre vino base, filtrado a través de diversos filtros con diferentes diámetros de poros y la espuma de vinos de *Champagne* (medida con "equipo de panorámica artificial" y a escala de laboratorio) y concluye que en los vinos hay un balance entre todos aquellos compuestos que actúan tanto positiva como negativamente en la espuma. Su presencia en los vinos dependerá de la intensidad de la filtración. De una filtración muy enérgica, casi esterilizante, se obtienen vinos con un poder espumante muy pobre, éste hecho sugiere que tal filtración retiene partículas estabilizadoras de la burbuja, pero un vino proveniente de una filtración suave se comportará igual aunque el motivo de su bajo poder espumante, en este caso, será debido a la presencia de partículas desestabilizadoras de la espuma.

### Clarificante

Como ya comentábamos en el apartado 2.1. los dos tipos de clarificantes, considerados en este trabajo y más utilizados en vinificación en blanco son la Bentonita y el Microcel® (constituido por caseinato en un 50%, bentonita en un 45% y celulosa microcristalina en un 10%) también en este apartado se comentará su efecto coagulante

de las proteínas. Este proceso tecnológico es de vital importancia dada la correlación que hay entre contenido de proteínas y poder espumante de un vino base (Maujean *et al.*, 1990).

Markides (1986) observó que la bentonita sódica presenta un efecto desestabilizador de la espuma mayor que la bentonita cálcica, y que este efecto pudiera ser debido al mayor reducción en contenido proteico que presenta la bentonita sódica.

Según Ferenczy (1966), el tratamiento con bentonita comporta una disminución del nitrógeno total del 5 al 40% y una reducción del 20 al 60% del contenido en proteínas o entre un 35% y un 86% según Lubbers *et al.*, 1995, según las dosis utilizadas. Andriamenantena (1984) observa que con un tratamiento con bentonita de 50g/100l se produce una caída del 25% de los coloides totales. Geoffroy (1984) constata una reducción del 15% o más de los coloides totales, según si el tratamiento con bentonita (a dosis de 30 g/100l) se ha efectuado sobre mosto o sobre vino. En nuestro estudio la adición de clarificante se efectúa en los tanques de fermentación.

A dosis iguales, según Maujean *et al.* (1990), el Microcel® comporta mínimas pérdidas de proteínas (de un 4 a un 7%) y paralelamente reducciones no significativas sobre el poder espumante, comparando con la bentonita. Pero industrialmente las dosis de bentonita aportadas con la adición de 100-150 g/100l de Microcel® son mucho más elevadas que las adiciones de bentonita (de 30 a 40 g/100l), hecho del que se deriva que a la práctica, es la Bentonita el clarificante que comporta reducciones en el poder espumante de los vinos base más evidenciables.

Blade y Boulton (1988), aseguran que la adsorción de la bentonita es independiente de la temperatura pero varía según la concentración proteica, pH y contenido en etanol. Señalan que el mecanismo de actuación de la bentonita sobre las proteínas es por intercambio catiónico, de esta manera la bentonita se unirá mejor a las proteínas cargadas positivamente, es decir, aquellas en las que el punto isoeléctrico sea superior al pH del medio.

Por último, Brissonnet y Maujean (1991), comentan que la bentonita podría adsorber algunos compuestos espumantes positivos (especialmente proteínas y polisacáridos) que podrían afectar la calidad de la espuma de los vinos base destinados a la elaboración de cava.

### **Importancia de considerar muestras a escala industrial**

Según Postel y Ziegler (1991), para un mismo vino base y considerando el mismo tiempo de envejecimiento en contacto con las lías, no hay diferencias significativas en la calidad de los vinos espumantes elaborados cuya segunda fermentación la hayan efectuado en botella o en tanque.

Sin embargo y contrariamente, Robillard *et al.* (1993), sobre la estabilidad de la espuma comentan que depende en gran medida del ambiente y del medio físico del vino.

La composición química y la capacidad espumante de cavas elaborados a escala laboratorio o piloto son diferentes a los obtenidos a partir de espumantes elaborados a escala industrial (Robillard *et al.*, 1993; Viaux *et al.*, 1994). De este modo el estudio en profundidad de la espuma requiere muestras obtenidas a escala industrial.

### **2.6.1.3. INFLUENCIA DEL ENVEJECIMIENTO EN LA ESPUMA**

Postel y Ziegler (1991), no observaron diferencias significativas en la calidad de los vinos espumantes cuando han permanecido diverso tiempo en contacto con las lías de la segunda fermentación.

Sin embargo son muchos los autores que estudiaron el efecto contrario. Según Bidan *et al.* (1986), durante el envejecimiento en botella se producen importantes cambios en el vino que determinarán su calidad, particularmente éstos autores inciden en el fenómeno de la autólisis. Además observaron que cuanto mayor sea el tiempo de envejecimiento en botella y menor su temperatura, se

producirán burbujas más finas y una espuma más estable.

En la bibliografía consultada sólo se han encontrado dos trabajos que valoren la influencia del envejecimiento en las propiedades espumantes:

Maujean *et al.* (1990), estudiando tres puntos de envejecimiento (2, 5 y 15 meses tras la adición del licor de tiraje) de seis *Champagnes* y sus propiedades espumantes, advirtió que la HM (altura máxima alcanzada por la espuma) decrece con el tiempo de envejecimiento, aunque por el contrario TS (tiempo transcurrido para la desaparición de las burbujas) aumenta. HS (altura estable de la espuma mientras dura la inyección de CO<sub>2</sub>) incrementa hasta el cuarto mes sin embargo posteriormente decrece.

Pueyo *et al.* (1995) consideraron el efecto del envejecimiento de un cava realizado a partir de una mezcla de vinos varietales a partir de las 3 variedades autóctonas del Penedès: Macabeo, Xarel.lo y Parellada. Observaron que la espumabilidad decrecía con el tiempo, mientras que la estabilidad de dicha espuma aumentaba sólo durante los tres primeros meses después del tiraje. Estos mismos autores ya remarcan la necesidad de que para considerar un estudio de estas características, se hace necesario realizarlo con un gran número de muestras.

Por ello es necesario un estudio en profundidad, en el que se considere la variabilidad que puede representar un elevado número de muestras de diversas variedades. Ya que la composición química de cada vino en particular podría ser un factor añadido, el cual podría dificultar la interpretación de los resultados (Brissonnet y Maujean, 1993).

### **Transformaciones que tienen lugar durante el envejecimiento de un vino espumoso en contacto con las lías de la segunda fermentación. autólisis.**

La autólisis es un proceso que tiene lugar durante el envejecimiento en botella. Tal y como hemos explicado en el capítulo 2.1., supone una profunda alteración de la composición química del cava y como tal transformación será un

factor potencial a tener en cuenta a la hora de considerar las propiedades espumantes de los cavas.

En el proceso de degradación enzimática que tiene lugar durante la autólisis, se liberan al vino innumerables compuestos incluyendo compuestos tensioactivos, como pudieran ser aminoácidos, polipéptidos, proteínas (Lurton *et al.* 1989), complejos proteína-carbohidrato (Charpentier y Feuillat, 1986; Fumi *et al.*, 1987) y lípidos (Chen *et al.*, 1980; Troton *et al.*, 1989). Además, los enzimas liberados al medio por las células autolisadas, podrían continuar degradando compuestos tales como las proteínas. Este tiempo de permanencia del vino en contacto con las lías de fermentación contribuye a la formación de burbujas más finas y espuma más estable (Sarishvili *et al.*, 1980; Codrington, 1985; Bidan *et al.*, 1986).

Casey (1995) establece la hipótesis de que las condiciones especiales de elaboración de un vino espumoso, debido a su prolongado contacto con las lías de fermentación y tras sufrir el fenómeno de la autólisis con la consecuente alteración de la composición química del vino podrían incrementar la mayor capacidad para retener el CO<sub>2</sub> y producir burbujas de menor tamaño.

Akiyama y Iwata (1966), en cervezas, observan la presencia de ciertos compuestos liberados por las levaduras durante la fermentación, que presentaban un gran poder espumante, tales compuestos eran principalmente polisacáridos (mananos), con poca proporción de material proteico.

Y también cabría comprobar en qué medida esta liberación de compuestos espumante positivos, especialmente polipéptidos, durante la autólisis de las levaduras, se contrarrestar con la liberación de compuestos espumante negativos, como podrían ser considerados los lípidos.

En un vino espumoso, los factores que influyen sobre el desarrollo de las propiedades sensoriales no se encuentran totalmente definidos. La mayoría de los autores otorgan a la presencia de las levaduras una gran importancia (Silva *et al.*,

1988; Suarez *et al.*, 1979; Feuillat y Charpentier, 1982; Bidan y Salgues, 1982; Leroy *et al.*, 1990; Spettolli y Zamorani, 1982; Ferrari y Feuillat, 1988; Moretti y Garofolo, 1995; Tini *et al.*, 1995). Sin embargo Usseglio-Tomasset *et al.* (1983) afirman que los factores que realmente afectan a las características organolépticas son el período de envejecimiento, en el que el vino espumoso se encuentra sometido a una cierta presión de CO<sub>2</sub> (4 atm.) y la baja temperatura de la bodega.

Este tiempo de contacto de las levaduras con el vino a lo largo de la segunda fermentación en botella, es un parámetro de gran importancia a controlar en la elaboración de vinos espumosos por el Método Tradicional.

Durante esta segunda fermentación tienen lugar varios procesos:

- consumo de nutrientes por parte de las levaduras
- cesión al medio (vino espumoso) de los productos del metabolismo de las levaduras
- liberación de los productos de las levaduras en su autólisis.

***Definición del proceso de autólisis de las levaduras:***

El término autólisis ya fue definido en 1889 por Salkowsky, como el proceso de lisis celular causado por las propias enzimas de los microorganismos.

Babayan y Bezrukov (1985), definen la autólisis como la hidrólisis de biopolímeros intracelulares bajo la acción de endohidrolasas relacionadas con la muerte celular, formando productos de bajo peso molecular que son liberados al espacio extracelular.

Las levaduras, contrariamente a las bacterias, cuando se lisan mantienen la forma y la estructura de la pared celular. De esta manera, no se trata de un proceso de lisis propiamente, sino que la pared celular, una vez muerta la levadura por falta de alimento y exceso de dióxido de carbono en el medio, modifica su estructura

aumentando la permeabilidad facilitando la salida del contenido citoplasmático por un fenómeno de ósmosis (Martínez-Rodríguez y Polo, 1997). Estos hechos han llevado a utilizar los productos liberados de la hidrólisis del contenido celular como marcadores del proceso. Entre todos los productos de la autólisis, los compuestos nitrogenados han sido los más estudiados debido fundamentalmente a la abundancia de proteínas en las levaduras y a su susceptibilidad a la degradación enzimática.

Charpentier y Feuillat (1993), indican que el proceso se produce en varias etapas consecutivas:

- En una *primera fase* se produce una desorganización de los sistemas membranosos de la célula permitiendo la liberación de enzimas.
- En una *segunda fase*, se inactivan los inhibidores específicos de tales enzimas, lo que permite que se comiencen a degradar macromoléculas intracelulares, dando lugar a productos de degradación, que se liberan al espacio extracelular, como consecuencia de un aumento de la porosidad de la pared de la célula. Las enzimas liberadas siguen degradando estos productos en el espacio extracelular.

La autólisis de las levaduras consiste en la autodestrucción enzimática de la célula con la hidrólisis de constituyentes protoplasmáticos y su liberación al medio (Usseglio-Tomasset-Di Stefano, 1977; Hermawan y Fleet, 1995). Según varios autores (Bergner, 1968; Suárez *et al.*, 1979; Feuillat y Charpentier, 1982; Colagrande y Silva 1986; Ferrari y Feuillat, 1988; Leroy *et al.*, 1990 y Hernawan y Fleet, 1995) la lisis origina un enriquecimiento del vino en compuestos tales como: **proteínas, polisacáridos, lípidos, ácidos nucleicos, etc;** e intensifica y aporta nuevas actividades enzimáticas. Tales compuestos posteriormente se van degradando (Fumi *et al.*, 1987).

Feuillat *et al.* (1988) comprobaron que la concentración de polisacáridos que

presentan glucosa y manosa en su estructura, se incrementa tres o cuatro veces durante la producción de vinos espumosos. Estos mismos autores hacen referencia a que el aumento en glicoproteínas es beneficioso para el aroma y la calidad de la espuma. Antes de lisarse por completo, la pared celular sufre modificaciones en su estructura cediendo polisacáridos y monosacáridos (Charpentier, 1991; Silva *et al.*, 1988; Hernawan y Fleet, 1995). La pared celular está formada por un 30-60 % de glucanos que le dan forma y rigidez, manoproteínas (mananos unidos a polipéptidos) implicados en su estructura y enzimas (invertasas, fosfatasas ácidas, glucanasas, etc.) (Silva *et al.*, 1990 y Charpentier, 1991). La degradación de la pared celular sucede en varias etapas: en primer lugar se hidrolizan los enlaces  $\beta$  (1-3) de la glucosa con lo que se degrada la capa de glucanos que sirve de punto de anclaje a las manoproteínas que forman la pared celular, posteriormente se liberan al medio las manoproteínas. Estas glicoproteínas son responsables de la porosidad de la pared por lo que su alteración permite el paso de compuestos intracelulares de alto peso molecular como proteínas lo que incluye la cesión de enzimas al medio (Silva *et al.*, 1990).

Péptidos y aminoácidos se consideran generalmente como los compuestos mayoritarios liberados al medio. Sin embargo, como consecuencia de la degradación de la pared celular de la levadura, también se liberan polisacáridos en forma de glicoproteínas (Pueyo y Polo, 1991). Los polisacáridos representan el 80-90% de la pared, que contiene además una pequeña cantidad de proteínas y lípidos.

Considerando la evolución de los compuestos nitrogenados en la elaboración de vinos espumosos, Feuillat (1982) distingue tres etapas: asimilación durante la segunda fermentación, desorción coincidiendo con el final de la fermentación y autólisis de las levaduras.

**1. Asimilación:** durante esta etapa, las levaduras de la segunda fermentación captan compuestos nitrogenados (aminoácidos, péptidos) del medio que utilizan en su metabolismo. En esta etapa las levaduras se multiplican.

**2. Excreción** : Después de la segunda fermentación empieza la fase de excreción, en la que las levaduras aún vivas restituyen aminoácidos al vino cuando éste se agota de azúcares. Este fenómeno de excreción o desorción en aminoácidos, descrito por Dupuy *et al.*, (1967), no debe confundirse con la autólisis.

En este fenómeno no intervienen mecanismos enzimáticos, sólo se trata de un simple período de cesión (Feuillat, 1982). La temperatura y el pH juegan un papel importante. A pH neutro y a baja temperatura (< 0° C), la excreción es menor, aumentando en condiciones contrarias.

El período de post-excreción o pre-autólisis puede ser muy variable y presenta una gran controversia según la bibliografía consultada. Suárez *et al.* (1979) otorga a este período una duración aproximada de nueve meses, Feuillat y Charpentier (1982) de unos cinco meses y Leroy *et al.* (1990) de ocho meses.

**3. Autólisis** Debido al proceso de autólisis de las levaduras se liberan enzimas al medio, aumentando la actividad proteásica del vino.

### ***Cuándo tiene lugar la autólisis?***

En cuanto a en qué momento comienza la autólisis, no hay un acuerdo establecido. Normalmente, se establece el inicio como el momento en el que se detectan cambios en la composición química del vino. Varios autores estiman el comienzo entre los tres y los nueve meses después del tiraje (Suarez *et al.*, 1979; Colagrande y Silva, 1981; Feuillat y Charpentier, 1982; Margheri *et al.*, 1984; Kelly-Treadwell, 1988).

Las particulares condiciones en las que se producen los vinos espumosos, pH ácido (entre 3 y 3,5), temperatura generalmente baja (entre 10 y 15°C) y elevada concentración de etanol, no inhiben el proceso de autólisis (Feuillat y Charpentier, 1982) permitiendo que se desarrolle durante períodos prolongados de tiempo,

provocando una hidrólisis lenta de los componentes intracelulares de la levadura, que serán liberados al medio.

El tiempo que transcurre desde el tiraje hasta el inicio de la autólisis puede ser muy variable. De esta manera Piton *et al.*, observaron que a los 6 meses empiezan a observarse cambios en las membranas celulares de las levaduras, Feuillat y Charpentier (1982) lo sitúan a partir de los nueve meses o entre los 8 y los 12 meses (Feuillat, 1987), Silva *et al.* (1990) en diez meses, Suárez *et al.* (1979) en quince meses y Leroy *et al.* (1990) entre los doce y los dieciocho meses dependiendo de la cepa de levadura. El momento de producirse la autólisis está condicionado por la cepa de levadura y por la temperatura de envejecimiento (Suzzi, 1990; Trini *et al.*, 1995). De esta manera es posible que dependiendo de las condiciones del estudio sea posible observar la autólisis en algunos casos, mientras que en otros no.

Se debe tener en cuenta que el vino constituye un medio poco favorable para la autólisis: el pH es ácido (3-3,5), mientras que el pH óptimo para la mayoría de las enzimas responsables de este fenómeno es de 4,3 a 5. También se encuentran presentes inhibidores como el alcohol, los polifenoles y la temperatura baja (15 °C) que tampoco lo facilita. Sin embargo, según Feuillat (1982), el período de tiempo prolongado en el que el vino permanece en contacto con las levaduras puede dar lugar a la autólisis, a pesar de todas estas condiciones adversas.

- Agabalianz G. Bases científicas de la tecnología de los vinos mousseux. Bull OIV 1963;36:703-14.
- Akiyama H, Iwata C. Agricultural and Biological Chemistry 1966;30:820.
- Ahmed M, Dickinson E. Effect of ethanol content on foaming of alcoholic beverages. Food Hydrocolloids 1990;4:77-82.
- Alain JM. Comments on Foam Stability Ostwald Ripening and Grain Growth. Journal of Colloid and Interface Science 1985;107:569-71.
- Alder-Nissan J, Sejro-Olsen H. ACS Symp SER 1979;92:125.
- Aleixandre JL. La calidad aromática de los vinos blancos jóvenes. Viña y Vino 1988;50:72-8.
- Aleixandre JL, Álvarez I. Evolución de las prensas utilizadas en enología. Vitivinicultura 1992;3:51-7.
- Aljibury FK. Grape response to cooling with sprinklers. Am J Enol Vitic 1975;26:214-7.
- Allen MS, Lacey MJ, Harris RLN, Brown WV. Contribution of methoxypyrazines to Sauvignon blanc wine aroma. Am J Enol Vitic 1991;42:109-12.
- Alleweldt G, Doring H, Jung KH. Zum Einfluss des Klimas auf Beereneutwicklung Ertrag und Qualität bei Reben: Ergebnisse einer siebenjährigen Factorenanalyse. Vitis 1984;23:127-42.
- Alleweldt G, Eiback R, Ruehl E. Untersuchungen zum Gaswechsel der Rebe in Einfluss von Temperatur Blattalter und Tageszeit auf Nettphotosynthese und Transpiration. Vitis 1982;21:93-100.
- Amerine MA, Berg HW, Kunkee RE, Ough CS, Singleton VL, Webb AD. Technology of winemaking. 4<sup>th</sup> ed Westport ct: AVI 1980.
- Amerine MA, Ough CS. Wine and must analysis. New York NY: John Wiley 1974.

- Anderson JH. Carbon dioxide retention and an academic theory. I Discussion of theory. *Am Brew* 1959 Apr;31-6.
- Adriamenantena A. Contribution à l'étude des colloïdes des vins effervescents. Tesis doctoral. Universidad de Dijon 1984.
- Arteaga GE, Nakai S. Predicting protein functionality with artificial neural networks: foaming and emulsifying properties. *Journal of Food Science* 1993;58:1152-6.
- Atkinson B. Research at the Brewing Research Foundation-recent present and future. Proceedings of the seventeenth convention 1982 March 7-12; Perth WA Sidney NSW. The Institute of Brewing Australia and New Zealand 1982:5-11.
- Babayán TL, Bezrukov MG. Autolysis in yeast. *Acta Biotech* 1985;5:129-36.
- Bach HP, Fay JP, Baltes-Götz B. A reproducible measurement of the CO<sub>2</sub>-desorption from sparkling wines. *Vitic Enol Sci* 1992;47:46-52.
- Bamforth CW, Jackson G. Aspects of foam lacing European Brewery Convection. Proceedings of 19<sup>th</sup> congress 1983; London Oxford: IRL Press 1983: 331-8.
- Bamforth CW. The foaming properties of beer. *J Inst Brew* 1985;91:370-83.
- Bamforth CW. In Bee RD Richmond P and Mingins J Eds *Food Colloids* Royal Society of Chemistry London 1989;48-55.
- Barthes R. *Saponides et Détergents in Mythologies*. Editions du Seuil Paris 1959;38-49.
- Bartsch O. *Über Schaumsystem Kolloidchem Beihefte* 1924;20:1.
- Bazinet L, Lamarche F, Boulet M, Amiot J. Combined Effect of pH and Temperature during Electroreduction of Whey Proteins. *J Agric Food Chem* 1997;45:101-7.
- Beart JE, Lilley TH, Haslam E. Polyphenol interactions Part 2 Covalent binding of procyanidins to proteins during acid-catalysed decomposition, observations on some polymeric proanthocyanidins. *J Chem Soc Perkin Trans II* 1985;1439-43.

- Bergner D. Les aminoacides dans les vins mousseux et leurs variations en fonction des procédés de fabrication. Bull OIV 1968;41:446-7.
- Bidan P, Feuillat M, Moulin JP. Les vins mousseux et Pétillants. France Bull OIV 1986;663-664:563-626.
- Bidan P, Salgues M. Les caractères biochimiques et physiologiques des levures employées en prise de mousse. Industrie delle Bevande 1982 Apr:132-9.
- Bikerman JJ. The unit of foaminess. Trans Farad Soc 1938;34: 634-8.
- Bikerman JJ. Foams Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1973.
- Blade WH, Boulton R. Adsorption of protein by bentonite in a model wine solution. Am J Enol Vitic 1988;39:193-9.
- Boletín Oficial del Estado 8 de Agosto de 1972. Reglamentación de los vinos espumosos y Gasificados. Orden 27 de Julio de 1972 BOE nº 189:14440-6.
- Boletín Oficial del Estado 20 de Noviembre de 1991. Reglamentación de la Denominación Cava y de su consejo Regulador. Orden 14 de Noviembre de 1991 BOE nº 189278:37587-93.
- Bosch MP, Comelles F, Castro JJ. Influència de les propietats superficials dels tensioactius d'origen natural a l'elaboració d'un vin de cava. ACE Revista d'Enologia 1989;16:10-4.
- Boulton RB, Singleton VL, Bisson LF, Kunkee RE. Principles and practices of winemaking. Chapman and Hall International Thomson Publishing 1997.
- Bourne MC. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press Inc Nueva York 1982.
- Bourzeix M. Compuestos fenólicos de uva y vino. Llacuno C Enología: temas actuales Ed Asociación Nacional de Químicos de España 1982:177-96.

- Bourzeix M, Weyland D, Heredia N. Etude des catéchines et des procianidols de la grappe raisin du vin et d'autres dérivés de la vigne. Bull OIV 1986;59: 1171.
- Brenne MV, Bernstein L. Effect of sulfites on beer foam quality. ASBC Journal 1975;33:171.
- Brillouet JM, Saulnier L, Moutounet M. Structure des polysaccharides du raisin et de la levure et leur devenir dans le procédé de microfiltration tangentielle du vin. Bull OIV 1989;62: 339-61.
- Brillouet JM, Belleville MP, Moutounet M. Possible protein-polysaccharide complexes in red wine. Am J Enol Vitic 1991;42:150-2.
- Brissonnet F, Maujean A. Identification of Some Foam-Active Compounds in Champagne Base Wines. Am J Enol Vitic 1991;42:97-102.
- Brissonnet F, Maujean A. Characterization of Foaming Proteins in a Champagne Base Wine. Am J Enol Vitic 1993;44: 297-301.
- Buckingham JH. Effect of pH concentration and temperature on the strength of cytoplasmic protein foam. J Sci Fd Agric 1970;21:441.
- Buckingham JH y Reid CS. Rev Rural Sci 1974;1:65.
- Bumbullis W, Schügerl K. European Journal of Applied Microbiology 1979;8:7.
- Casey JA. Effervescence in sparkling wines. The Australian grapegrower and winemaker 1987;55-62.
- Casey JA. Bubble size bubble frequency and rate of gas loss in sparkling wine. The Australian Grapegrower and Winemaker 1988;295:19-22.
- Casey JA. Effervescence in sparkling wines. The sequel The Australian Grapegrower and Winemaker 1995;37-47.

- Castino M. Contributo ai procedimenti di valutazione dei colloidii glucidici nei vini. Rivista di Viticoltura e di Enologia di Conegliano 1984;4:151-62.
- Castino M. Recenti acquisizioni sulla struttura e sull'evoluzione dei polisaccaridi dei mosti e dei vini. Vignevini 1989;10: 33-6.
- Castino M, Delfini C. Studio sui fattori che determinano la cessione di colloidii glucidici da parte dei lieviti Vignevini 1986;13: 33-40.
- Codrington I. Effect of alcohol Protein and Fermentation rate on bubble size. Proceedings Australian Soc of Viticulture and Oenology Canberra 1985;157-68.
- Colagrande O, Silva A. Tecnologia di produzione dello spumante: interpretazione scientifica di alcuni aspetti tradizionali. Industrie delle Bevande 1986;15: 257-62.
- Colagrande O, Silva A, Montesissa G. Evolution des protéines et des polysaccharides au cours de la préparation des vins mousseux. Assise Internazionali della Vite e del Vino Roma 1987;25-31.
- Comelles F, Bosch MP, Castro JJ. Aspectes fisico-químics relacionats amb la capacitat escumant de diferents varietats de raïm. A C E Revista d'Enologia 1991;23-24:7-16.
- Cumper CW. Trans Farad Soc 1953;49:1360.
- Charpentier C. Mecanismes enzimàtics de l'autòlisi de les levures en els vins. Industria delle Bevande 1991 Feb;20:26-30.
- Charpentier C, Boivin S. Production de mannoprotéines par les levures relation avec les propriétés des parois, intérêts œnologiques. Congreso del Cava 1997. Casa del Cava Cofradía del cava de Sant Sadurní.
- Charpentier C, Feuillat M 1986 Alteration of cell wall structure in *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus* during autolysis. Lee TH, Lester DC eds. Proceedings of a seminar: production of sparkling wine by the methode champenoise, 14 November 1985, Canberra ACT Adelaide SA: Australian

Society of Viticulture and Oenology, 1986:97-11.

Charpentier C, Feuillat M, Yeast autolysis. En: Wine Microbiology and Biotechnology Ch7 Fleet GH Eds. Harwood Academic: Switzerland 1993;225-42.

Cheftel JC, Cuq IL, Lorient D. Aminoácidos Péptidos y Proteínas. En: Química de los alimentos. Ed Acribia SA 1993.

Chen ECH, Jamieson AM, Van Gheluwe G. The release of fatty acids as a consequence of yeast autolysis. Am Soc Brew Chem J 1980;38:13-7.

Damodaran S. Interfaces proteins films and foams. Adv In food and Nutr Res 1990;34:1-78.

Danisherfsky I, Whistler TL, Bettelheim FA. The carbohydrates. En: Chemistry and Biochemistry. Pigman W, Horton D, eds. Introduction to Polysaccharides chemistry. London. London UK Academic Press Inc London. 2ª edición 1970;(IIA)375-412.

De Castro JJ. La elaboración de los vinos espumosos naturales del Cava. Arxius de l'esc Sup d'Agricultura Barcelona 1984;6: 81-98.

De Castro JJ. Vinos blancos: extracción del mosto Desfangado u otros sistemas Fermentación. Archius de l'escola superior d'agricultura 1985;8:43-7.

De Castro JJ. El cava y su sugerente entorno. Vitivinicultura 1990;1:19-30.

De la Presa C. Caracterización química y sensorial de mostos y vinos del Penedès. Tesi doctoral Facultat de Farmàcia Universitat de Barcelona 1994.

Díaz F. Elaboración de vinos blancos y tintos de calidad. Vitc Enol 1991;15:48-56.

Dickinson E. Colloidal aspects of beverages. Food Chemistry 1994;51:343-7.

Dittrich HH, Wenzel K. Die Abhängigkeit der Schaumbildung bei der Gärung von der Hefe und von der Most-Behandlung. Effect of yeast type and must treatment on foam formation during fermentation. Wein Wiss 1976;31:263-74.

- Du Plessis CS. Influence de la température d'elaboration et de conservation sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des vins. Bull OIV 1983;624:105-15.
- Dubinchuk LV, Zhuravleva NP, Mekhuzla NA, Kurganova GC, Nagaichuk VV. Effect of lipids on physico-chemical indices os sparkling wine quality. Izv Vvssh Uchebn Zaved Pishch Tekhnol 1980;1:19-21, FSTA 1981;81-01-h0198.
- Dubourdieu D. Étude des polysaccharides secrétés par *Botrytis cinerea* dans la baie de raisin Incidence sur les difficultés de clarification des vins de vendages pourries 1978. Tesis Doctoral Universidad de Burdeos. Tomado de Dubourdieu y Ribéreau-Gayon 1980
- Dubourdieu D, Villettaz JC, Desplanques C, Ribereau-Gayon P. Degration enzymatique du glucane de *Botrytis Cinerea* Application a l'amelioration de la clarification des vins issus de raisins pourris. Connaissance de la Vigne et du Vin 1981a;3.
- Dubourdieu D, Ribereau-Gayon P, Hadjinicolaou D. Les polysaccharides solubles du mout: methode simple d'appréciation, evaluation au cours de la maturation, incidence sur les operations prefermentaires. Connaissance de la Vigne et du Vin 1981b;1:29-40.
- Dubourdieu D, Ribereau-Gayon P, Fournet B. Structure of the extracellular b-D-glucan from *Botrytis cinerea* Carbohydrate Research 1980;93:294-9.
- Dubreil L, Compoin JP, Marion D. Interaction of Puroindolines with Wheat Flour Polar Lipids Determines their Foaming Properties. J Agric Food Chem 1997;45:108-16.
- Dussaud A, Robillard B, Carles B, Duteurtre B, Vignes-Alder M. Exogenous lipids and ethanol influences on the foam behavior of sparkling basa wines. Journal of Food Sciences 1994;59:148-67.
- Dupuy P, Morfaux JN, Usciati M. Métabolisme azoté des levures en oenologie 2<sup>ème</sup>. Symposium Internacional d'Oenologie Bordeaux-Cognac 1967;107-23.
- Edwards M, Eschenbruch R, Molan PC. Foaming in winemakng. I. A technique for the measurement of foaming in winemaking. Eur J Appl Microbiol Biotechnol 1982;16:105-9.

- Eldridge AC, Hall PK, Wolf WJ. Stable foams from unhydrolyzed soybean protein. *Food Technol* 1963;17:120.
- Eschenbruch R, Molan PC. Can foaming during wine making be controlled. *Food Technol Aust* 1982;34:32-5.
- Ferency S. Les substances azotées des vins, leur rôle et importance dans l'oenologie. *Bull OIV* 1966;429:1313-36.
- Ferrari G, Feuillat M. L'élevage sur lies des vins blancs de Bourgogne I Etude des composés azotés des acides gras et analyse sensorielle de vins. *Vitis* 1988;27:183-97.
- Ferrari G, Meunier JM, Feuillat M. Dosage des acides gras totaux du vin et des levures de vinification. *Sci Aliments* 1987;7:61-76.
- Feuillat M. L'autolyse des levures dans le vin de champagne. *Sci Aliments* 1982;2:143-164.
- Feuillat M. Evolution des colloïdes dans les vins de base et les vins mousseux élaborés selon la méthode champenoise. *Industrie delle Bevande* 1987 Ago:266-73.
- Feuillat M, Charpentier C. Autolysis of yeast in champagne. *Am J Enol Vitic* 1982;33:6-13.
- Feuillat M, Charpentier C, Picca G, Bernard P. Production de colloïdes par les levures dans les vins mousseux élaborés selon la méthode champenoise. *Rev Fr Oenol* 1988;28:36-45.
- Feuillat M, Freyssinet M, Charpentier C. L'élevage sur lies des vins blancs de Bougogne II: Evolution des macromolécules: polysaccharides et protéines. *Vitis* 1989;28: 161-76.
- Fishman ML, Gillespie DT, Sondey SM. Intrinsic viscosity and molecular weight of pectin components. *Carbohydrate Research* 1991;215:91-104.

- Fumi MD, Trioli G, Silva A. Autolisi di *Saccharomyces cerevisiae* in vini spumantizzati in bottiglia: uno studio biochimico ultrastrutturale. *Industrie delle Bevande* 1987 Oct;340-4.
- Gallart M, López-Tamames E, Buxaderas S. Foam measurement in Wines: Comparison of parameters obtained by gas Sparging Method. *J Agric Food Chem* 1997;45: 4687-90.
- García J. Fonaments bàsics de l'anàlisi de vins. Quaderns de divulgació tècnica nº 1 Institut Català de la Vinya y del Vi Barcelona 1981.
- García-Escudero E. Incidencia del ecosistema vitícola en la calidad de la vendimia: Introducción a la enología. VIII Curso de Verano en S. Sebastián. Universidad del País Vasco 1995.
- Geoffroy R. Influence de traitements pré-fermentaires et post-fermentaires su la composition colloïdale et la filtrabilité du vin de base champagne. Memoria D.N.O. Universidad de Reims 1984.
- German JB, Oneill TE, Kinsella JE. Film forming and foaming behavior of food proteins. *J Am Chem Soc* 1985;62:1358-66.
- Gomerieux T. Étude du degazage et de la tenue de Mousse des vins de champagne. *Rev Fr Oenol* 1989;116:15-20.
- Graham DE, Phillips MC. Proteins at liquid interface I. Kinetics of adsorption and surface desnaturation. *Journal of colloid and interface Science* 1979a;70:403-14.
- Graham DE, Phillips MC. Proteins at liquid interface II. Adsorption isotherms. *Journal of colloid and interface Science* 1979b;70:415-26.
- Graham DE, Phillips MC. Proteins at liquid interface III. Molecular estructures of adsorbed films. *Journal of colloid and interface Science* 1979c;70:427-39.
- Grunden LP, Vadehara DP, Baker RC. *J Food Sci* 1974;38:841.

- Guggenberger J. Retention and release of carbon dioxide in beer and other carbonated beverages *Brauwissenschaft* 1962;15:396-99.
- Guggenberger J, Kleber W. Über den Mechanismus des Wildwerdens von Bier. European Brewery Convention. In proceedings of the congress 1963; Brussels Amsterdam: Elsevier 1964:299-319.
- Halling PJ. Protein-stabilized foams and emulsions. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 1981;12:155-203.
- Hardy G. El premsat element primordial en la qualitat dels vins de base en méthode champenoise. *ACE Revista d'Enologia* 1990;20:17-22.
- Heatherbell DA, Ngaba P, Fombin J, Watson B, García Z, Flores J, Hsu J. Recent developments in the application of ultrafiltration and protease enzymes to grape juice and wine processing. In Proceedings International Symposium on cool climate viticulture and oenology 1984 June 25-28; Heatherbell D A Lombard PB Bodyfelt FW Price SF Eds, Oregon State University: Corvallis OR 1984;418-45.
- Hernawan T, Fleet G. Chemical and citological changes during the autolysis of yeast. *J Ind Microbiol* 1995.
- Hey MJ, Hilton AM, Bee RD. The formation and growth of carbon dioxide gas bubbles from supersaturated aqueous solutions. *Food Chemistry* 1994;51:349-57.
- Hidalgo L. El vino un abanico de aromas. *Viña y Vino* 1986;36:61-8.
- Hollemans M. The role of specific proteins in beer foam. EBC Congress lecture nº 60 Zürich 1989;561-68.
- Hudales JBM, Stein HN. The influence of solid particles on foam and drainage. *J Colloid and Interf Science* 1990;140:307-13.
- Jackson G. A Technique for identifying foam damage by lipids. *J Inst Brew* 1981;87:242-3.
- Jackson DI, Lombard PB. Environmental and management practises affecting grape composition and wine quality. *Am J Enol Vitic* 1993;44: 409-29.

- Joly M. Surface and Colloids Science. Ed by E Matijevic Wiley NY 1972;79.
- Jordan AD, Napper DH. Some aspects of the physical chemistry of bubble and foam phenomena in sparkling wines. Proc Sixth Australian Wines industry technical conference Adelaide 1987;237-46.
- Kato A, Komatsu K, Fujimoto K, Kobayashi K. Relationship between Surface Functional Properties and Flexibility of Proteins Detected by the Protease Susceptibility. J Agric Food Chem 1985;33:931-4.
- Kato A, Nakai S. Hydrophobicity determined by a fluorescence probe method and its correlation with surface properties of proteins Biochim Biophys Acta 1980;624:13-20.
- Kelly-Treadwell PH. Protease activity in yeast: Its relationship to autolysis and champagne character. Aust Grapegrow 1988 Apr;58-66.
- Keshavaraz E, Nakai S. Biochimica et Biophysica Acta 1979;576:269.
- Kinsella JE . Functional properties of proteins in foods: A survey CRC Crit Rev Food Sci Nutr 1976;7:219-69.
- Kinsella JE. Functional properties of proteins: possible relationships between structure and function in foams. Food Chemistry 1981;7:273-88.
- Kinsella JE. Relationships between structure and functional properties of food proteins. In Food Proteins P Fox and J Condon Ed p12 Applied science Publisher New York 1984.
- Kinsella JE, Whitehead DM. Proteins in whey: chemical physical and functional properties. Adv Food Nutr Res 1989;33:343-438.
- Kitabatake N, Doi E. Surface tension and foaming of protein solution. Journal of Food Science 1982;47:1218-21,25.

- Kitabatake N, Doi E. Surface tension and foaming of protein solution. *Journal of Food Science* 1988;53:1542-45,69.
- Langstaff SA, Lewis MJ. Foam and the Perception of beer Flavor and Mouthfeel. *MBAA Technical Quarterly* 1993;30:16-7.
- Lao C. Efecto de los enzimas pectolíticos sobre la calidad de mostos y vinos. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona 1995.
- Lee CH, Kim SK. Effects of protein hidrophobicity on the surfactant properties of food proteins. *Food hydrocolloids* 1987;1:283-9.
- Lee TH. Protein stability: nature, characterization and removal by bentonite. Lee TH ed. *Proceedings of a seminar: physical stability of wine* 1985 10 October; Reynella SA Adelaide SA: Australian Society of Viticulture and Oenology 1986: 23-39.
- Leroy MJ, Charpentier M, Duteurtre B, Feuillat M, Charpentier C. Yeast autolysis during champagne aging. *Am J Enol Vitic* 1990;41:21-8.
- Lomath AW. Foam stability and nitrogenous materials in beer. *Current reviews J Inst Brew* 1984;90:63.
- Lonvaud-Funel A, Matsumoto N. Le coefficient de solubilité du gaz carbonique dans les vins *Vitis* 1979;18:137-47.
- López-Tamames E. Características organolépticas de los vinos base destinados a la elaboración del cava en función de tratamientos tecnológicos prefermentativos. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universitat de Barcelona 1992.
- Lubbers S, Guerreau J, Feuillat M. Étude de l'efficacité déprotéinisante de bentonites commerciales sur un moût et des vins des cépages Chardonnay et Sauvignon. *Bull OIV* 1995;769-770:224-44.
- Lubbers S, Voilley A, Feuillat M, Charpentier C. Influence of Mannoproteins from Yeast on the Aroma intensity of a Model Wine. *Lebensm Wiss u Technol* 1994;27:108-14.

- Luguera C, Moreno-Arribas V, Pueyo E, Polo MC. Capillary electrophoretic analysis of wine proteins. Modifications during the manufacture of sparkling wines. *J Agric Food Chem* 1997;45:3766-70.
- Lurton L, Segain JP, Feuillat M. Étude de la Protéolyse au cours de l'autolyse de levures en milieu acide. *Sciences des Aliments* 1989;9:111-24.
- Lyklema J. Interactions in colloidal systems. En: *Colloïdes et Interfaces*. Summer school, Aussois, France, 1983 Septiembere 16-17.
- Llaubères RM, Dubourdieu D, Villetaz JC. Exocellular polysaccharides from *Saccharomyces* in wine production. *Ind Bevande* 1987;41:277-86.
- Machet F, Robillard B, Duteurtre B. Application de l'analyse d'images à l'évaluation de la stabilité de la mousse de vins mousseux.. *Sciences des aliments* 1994;13:73-87.
- Macritchie F. Proteins at Interfaces. *Advan Protein Chem* 1978;32:283.
- Maeda K, Yokoi S, Kamada K, Kamimura M. Foam Stability and Physicochemical Properties of Beer. *J Am Soc Brew Chem* 1991;49:14-8.
- Main GL, Morris JR. Color of Seyval blanc Juice and Wine as Affected by Juice Fining and Bentonite Fining During Fermentation. *Am J Enol Vitic* 1994;45:4.
- Malvy J, Robillard B, Duteurtre B. Influence des protéines sur le comportement de la mousse des vins de Champagne. *Sciences des aliments* 1994;14:87-98.
- Mangan JL. Bloat in cattle 7 The measurement of foaming properties of surface-active compounds NZ. *J Agric Res* 1958;1:140.
- Marchal R, Bouquelet S, Maujean A. Purification and partial Biochemical Characterization of Glicoproteins in a Champenoise Chardonnay Wine. *J Agric Food Chem* 1996;44:1716-22.
- Marchal R, Sinet C, Maujean A. Étude des gélatines oenologiques et du collage des vins de base champenois. *Bull OIV* 1993;691-725:751-2.

- Margheri G, Versini G, Sartori G. Recherche inerenti alla elaborazione dei vini bianchi di qualità con basso tenore di SO<sub>2</sub>. *Vignevini* 1978;9:11-6.
- Margheri G, Versini G, dalla Serra A, Giannotti L, Pellegrini R, Mattarei C. L'autolisi dei lieviti in enologia *Vignevini* 1984;11:25-8.
- Markides AJ. The Microbiology of Method-Champenoise. Proceedings from the Sixth Australian Wine Industry Technical Conference: Adelaide 1986 July.
- Markworth AJ. Comments on foam stability ostwald ripening and grain growth. *J Colloid Interf Sci* 1985;107:567.
- Martí M, de la Torre MC. Determination of molecular weight of polysaccharides in must and wines by HPLC. *Am J Enol Vitic* 1989;40: 221-3.
- Martínez-Rodríguez AJ, Polo MC. La autólisis de las levaduras en enología *Alimentación Equipos y tecnología* 1997;3:37-40.
- Maujean A. Histoire des Bulles. *Revue Français des Oenologues* 1989;120:11-7.
- Maujean A. Effervescence et propriétés moussantes des vins de Champagne. 10<sup>o</sup> Congreso del Cava 1992 Octubre 15. Casa del Cava Cofradía del cava de Sant Sadurní.
- Maujean A, Gomerieux T, Garnier JM. Étude de la tenue et de la qualité de mousse des vins effervescents. *Bull OIV* 1988;683-4.
- Maujean A, Poisut P, Dantan H, Brissonnet F, Cossiez E. Etude de la tenue et la qualité de mousse des vins effervescents II. Mise au point d'une technique de mesure de la moussabilité de la tenue et de la stabilité de la mousse des vins effervescents. *Bull OIV* 1990;405-26:711-2.
- McClememts DJ, Dungan SR, German JB, Simoneau C, Kinsella JE. Droplet size and emulsifier type affect cristallization and melting of hidrocarbon-in-water emultions. *Journal of Food Science* 1993;58:1148-78.
- Mckeller DMB, Stadelman WJ. A method for measuring volume and drainage of eggwhite foams *Poultry Sci* 1955;34:455.

- McManus JP, Kenneth G, Davis. Poliphenol interections. Part 1. Introduction some observations on the reversible complexation on the reversible complexation of polyphenols with proteins and polysaccarides. *J Chem Soc Perkin Trans II* 1985;1429-38.
- Mita T, Nikai K, Hiraoka T, Matsuo S y Matsumoto H. Physicochemical studies on wheat protein foam. *J Colloid Interface Sci* 1977;59:172.
- Mitra S, Dungan SR. Micelar Properties of Quillaja Saponin1effects of Temperature salt and pH on Solution properties. *J Agric Food Chem* 1997;45:1587-95.
- Molan PC, Edwards M, Eschenbruch R. Foaming in Winemaking. II. Separation and Partial Characterisation of Foam-Inducing Proteins Excreted by a Pure Culture Wine Yeast. *Eur J Appl Microbiol Biotechnol* 1982;16:110-13.
- Moreno-Arribas V, Pueyo E, Polo MC. Peptides in musts and wines. Changes during the manufacture of cavas (sparkling wines). *J Agric Food Chem* 1996;44:3783-8.
- Moretti S, Garofolo A. Produzione di Vini Spumanti con lieviti diversi: influenza delle condizioni di conservazione. *Enotecnico* 1991 Dec:69-78.
- Murphey JM, Powers JR, Spayd SE. Estimation of soluble protein concentration of white wines using coomassie brillant blue G-250. *Am J Enol Vitic* 1989;40:189-93.
- Nakai S. Structure-function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hidrophobicity. *J Agric Food Chem* 1983;31:673-6.
- Nakai S, Li-Chan E. *Hydrophobic Interactions in Food systems*. CRC Press Boca Ratón FL 1988.
- Ohshima HY, Ohki S. Effects of divalents cations on the surface of a lipid monolayer-coated air/water interface. *J Colloid and Interf Science* 1985;103:85-94.
- Patel MT, Kilara A. Studies on whey protein concentrates 2 Foaming and emulsifying properties and their relationships with physicochemical properties. *J Dairy Sci* 1990;73:2731-40.

- Parenthoen A, Feuillat M. Les colloides solubles du vin de champagne. Relation avec le remuage. *Conn Vigne Vin* 1978;12:177-93.
- Peri C, Pompei C. An assay of different phenolic fractions in wine. *Am J Enol Vitic* 1971;16:55-8.
- Phillips MC. Protein conformations at liquid interfaces and its role in stabilizing emulsions and foams. *Food Technol* 1981;35:50.
- Phillips LG, German JB, O'Neil TE, Forgeging EA, Harwalkar VR, Kilara A, y col. Standardized Procedure for Measuring Foaming Properties of Three Proteins, A collaborative Study. *Journal of Food Science* 1990;55:11441-4,53.
- Phillips LG, Haque Z, Kinsella JE. A method for a measurement of foam formation and stability. *Journal of Food Science* 1987;52:1074-7.
- Phillips LG, Hawks SE, German JB. Structural characteristics and Foaming Properties of  $\beta$ -Lactoalbumin: Effects of Shear Rate and Temperature. *J Agric Food Chem* 1995;43:613-619.
- Pierce JS. Institute of Brewing Australian and New Zeland Section. Proceedings of the 15<sup>th</sup> Convention 1978 51.
- Piton F, Charpentier M, Troton D. Cell Wall and Lipid Changes in *Saccharomyces cerevisiae* during Aging of Champagne Wine. *Am J Enol Vitic* 1988;39:221-6.
- Plank FHP y Zent JB. Use of enzymes in wine making and grape processing. Technological advances Beer and wine production Analysis characterization and technological advances. Barry H Gump editor and David J Pruett associate Eds; ACS Symposium No: 536 American Chemical Society: Washington DC 1993;181-96.
- Poinsaut P. Le mosalux appareil de mesure du pouvoir moussant du vin. *Revue des Oenologues* 1991.
- Poole S, West SI, Fry JC. Charge and structural requirements of basic proteins for foam enhancement. *Food Hidrocolloids* 1987;3:227-41.

- Poré J. Los agentes tensioactivos. En: Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. De Acribia SA 1988.
- Postel W, Ziegler L. Influence of the duration of yeast contact and of the manufacturing process on the composition and quality of sparkling wines. III. Sensory analysis. *Vitic Enol Sci* 1991;46:41-7.
- Prins A. Principles of foam stability *Advances in Food Emulsions and Foams*. Dickinson E and Staimsby G Eds. Elvesier Applied Science London and New York 1989;91-122.
- Pueyo E. Identificación origen y modificaciones de los compuestos que influyen sobre las características espumantes de los vinos cava. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de Madrid 1994.
- Pueyo E, Dizy M, Polo MC. Varietal differentiation of must and wines by means of protein fraction. *Am J Enol Vitic* 1993;44:255-60.
- Pueyo E, Martín-Álvarez PJ, Polo MC. Relationship between foam characteristics and chemical composition in wines and cava sparkling wines. *Am JEnol Vitic* 1995;46:518-24.
- Pueyo E, Polo MC. Transformaciones del vino por la acción de las levaduras durante la elaboración de vinos espumosos por el método champenoise o tradicional. *Alimentación Equipos y tecnología* 1991;10:73-6.
- Raventós JM y Forns L. Los vinos espumosos. *La enciclopedia del vino* 1991;221-40.
- Regenstein JM, Regenstein CE. Protein functionality fr food scientists Ch 27 In *Food Protein Chemistry* Academic Press Inc New York 1984.
- Ribèreau-Gayon P. Les modalites de l'action de *Botrytis cinerea* sur la baie de raison. *Vitis* 1960;2:113-6.
- Ribèreau-Gayon P. Wine colloids. *La settimana vitivinicola* 1989;44:2647-55.

- Roberts RT. Colloidal aspects of beer foam. *Brew Dig* 1977;S2:50-60.
- Roberts RT, Keeney PJ, Wainwright T. The effect of lipids and related materials on beer foam. *J Inst Brew* 1978;84:9-12.
- Robillard B, Delpuech E, Viaux L, Malvy J, Vignes-Alder M and Duteurtre B. Improvements of methods for sparkling base wine foam measurements and effect of wine filtration on foam behavior. *Am J Enol Vitic* 1993;44:287-392.
- Ronteltal AD. Beer foam physics. PhD Tesis Univ de Wageningen The Netherlands 1989.
- Rossi EA, Thoukis G. Low-level carbonation of still wines. *Am J Enol Vitiv* 1960;11:35-45.
- Rudin AD. Measurement of the foam stability of beers. *J Inst Brew* 1957;63:506-9.
- Rull-Ferré G. Caracterització de la fracció aromàtica de vins blancs del Penedès. Tesina de Licenciatura. Facultat de Farmacia. Universidad de Barcelona 1994.
- Santamaria Orleans A. Influencia de los enzimas pectolíticos en la capacidad espumante de mostos y vinos blancos. Tesina de Licenciatura Universidad de Barcelona 1995.
- Sarishvili NG, Oreshkina AE, Lebedeva TI, Kvasnikov EI. Effect of yeast on the physico-chemical properties of wine. *Vino del Vino grad SSSR* 2:14-17,1980 FSTA 81-02-h0384,1981.
- Sasaki T. On the nature of foam I Stability of the foam produced by the aqueous solutions of alcohols and acids. *Bull Chem Soc Jap* 1938;13:517.
- Saulnier L, Mercereau T, Vezinhet F. Mannoproteins from flocculating and non-flocculating *Saccharomyces cerevisiae* yeast. *J Sci Food Agric* 1991;54:275-86.
- Schanderl. Über die Entschung von Hefefett bei der schaumweingärung. *Mitteil, Klostern* 1965;15:1-13.

- Segarra I, Lao C, Lopez-Tamames E, Torre-Boronat de la MC. Spectrophotometric methods for the analysis of polysaccharide levels in winemaking products. *Am J Enol Vitic* 1995;46:564-70.
- Seguin G. Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendages. *Bull OIV* 1983;56:3-18.
- Sharpe FR, Jacques D, Rowsell AG, Whitear AL. Rapid methods of measuring the foam-active nitrogenous components of worts and beers. *European Brewery Convention: proceedings of the 18<sup>th</sup> Congress 1981, Copenhagen Oxford: IRL Press 1981:601-14.*
- Shimizu M, Takahashi T, Kaminogawa S, Yamauchi K. Adsorption on to an oil surface and emulsifying properties of bovine  $\kappa$ -Casein in relation to its molecular structure. *J Agric Food Chem* 1983;31:1214-8.
- Silva A, Fumi MD, Montesissa G, Colombi MG. Osservazioni sperimentali sulla conservazione dello spumante in presenza di lieviti. *Industrie delle Bevande* 1988;19:380-7.
- Silva A, Fumi MD, Trioli G, Petegolli D. Evoluzione delle frazioni glicoproteiche e dei composti fosforilati del lievito durante la maturazione dello spumante in bottiglia. *Industrie delle Bevande* 1990;17:312-27.
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965;16:144-58.
- Singleton VL y e Trousdale. White wine phenolics: varietal and processing differences as shown by HPLC. *Am J Enol Vitic* 1983;34:27-34.
- Slack PT, Bamforth CW. The fractionation of polypeptides from barley and beer by hydrophobic interaction chromatography: the influence for their hydrophobicity on foam stability. *J Inst Brew* 1983;89:397-401.
- Somers TC, Ziemelis G. Direct determination of wine proteins. *Am J Enol Vitic* 1973;24:47-50.
- Spettoli P, Zamorani A. Gli alcoli superiori e gli aminoacidi liberi nella spumatizzazione in bottiglia dei vini. *Tecnologie Alimentari* 1982;5.

- Suárez MA, Polo MC, Llaguno C. Étude de la composition de vins mousseux pendant la prise de mousse au cours du vieillissement en bouteilles. *Conn Vigne Vin* 1979;13:199-217.
- Suarez MA, Polo MC, Llaguno C. Étude de la composition de vins mousseux pendant la prise de mousse au cours du vieillissement en bouteilles. Étude des acides amines libres du glycérol des sucres et des acides organiques. *Connaissance Vigne Vin* 1979;13:199-217.
- Sukliffe S. *Manual de los vinos*. Editorial Everest. Marshall Editions, Londres 1982.
- Suzzi G. La capacità autolitica come carattere di selezione in *Saccharomyces cerevisiae*. *Industrie delle Bevande* 1990;19:318-21.
- Tagunkov YD, Mishin MV, Gladushevskaya TN. Effect of  $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  on foaming of young wine. *Izv Vyssh Uchebn Zaved Pishch Tekhnol* 3:142-4 1980 FSTA 81-06-h0908, 1991.
- Tini V, Zambonelli C, Benevelli M, Castellari L. I Ceppi autolisogeni di *Saccharomyces cerevisiae* in Spumantizzazione. *Industrie delle Bevande* 1995;24:113-8.
- Townsend AA y Nakai S. Relationships between hydrophobicity and foaming characteristics of food proteins. *J Food Sci* 48:588-94.
- Troton D, Charpentier M, Robillard B, Calvayrac R, Duteurtre B. Evolution of the lipid contents of champagne wine during the second fermentation of *saccharomyces cerevisiae*. *Am J Enol Vitic* 1989;40:175-82.
- Tuinier R, Bisperink CGJ, Van der Berg C, Prins A. Transient Foaming Behavior of Aqueous Alcohol Solutions as Related to Their Dilational surface Properties. *J of Colloid and Interfaces Sciences* 1996;179:327-34.
- Tusseau D, Van Laer S. Étude des macromolécules des vins de champagne. *Sciences des aliments* 1993;13:463-82.
- Ullmann F, Pfenninger H. *Schweiz Brau-Rund* 1977;88:237.

- Usseglio-Tomasset L. Les colloïdes glucidiques solubles des moûts et des vins  
Conaiss. Vigne Vin 1976;10:193-26.
- Usseglio-Tomasset L, Bosia PD, Di Stefano R, Castino M. The objective influence of  
yeast contact on the characteristics of sparkling wines prepared by the classic  
method. Vini d'Italia 1983;142:3-9.
- Usseglio-Tomasset L, Di Stefano R. Osservazioni sui costituenti azotati dei colloidi  
dei mosti dei vini e dei colloidi ceduti dal lievito al substrato fermentativo. Riv  
Vitic Enol 1977;11:2-20.
- Viaux L, Morard C, Robillard B, Duteurtre B. The impact of base wine filtration on  
champagne foam behavior. Am J Enol Vitic 1994;45:4.
- Villettaz JC, Amado R. Untersuchung der Löslichen Neutral-Polysaccharid-fraktion  
von Traubensaft und Wein. Lebens Wiss Technol 1981;14:176-81.
- Vine RP. Applications of Technology in wine production Beer and Wine production  
analysis characterization and technological advances. Gump BH, Pruett DJ Eds;  
CS Symposium n° 536 American Chemical Society: Washington D C 1993;132-49.
- Waniska RD, Kinsella JE. Foaming of properties of proteins: evaluation of a column  
aeration apparatus using ovalbumin. Journal of Food Science 1979;44:1398-441.
- Waters EJ, Pellerin P, Brillouet JM. A Saccharomyces mannoprotein that protects wine  
from protein haze. Carbohydrate Polymers 1994;23:185-91.
- Waters EJ, Wallage W, Williams J. Identification of heat-unstable wine proteins and  
their resistance to peptidases. Am J Enol Vitic 1992;40:1514-15.
- Wucherrpfennig K, Dietrich H. Amelioration de la filtrabilité des vins. Bull OIV  
1983;633:733-45.
- Würdig G, Müller T. Zum Phanomen des Überschaumens von Schaumwein Die  
Weinwirtschaft 1979;19/20:653-7.

Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J Wada T, y col. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric Bio Chem* 1972;36:719.

Yokoi S, Maeda K, Xiao R, Kamada K, Kamimura M. Characterization of beer proteins responsible for the foam of beer. *EBC Congress* 1989;593-600.

### 3.1. PLAN DE TRABAJO

El Plan de Trabajo se desarrolla en función de los objetivos concretos planteados en el apartado 1 de Interés y Objetivos.

1. Dado que el vino blanco es la materia prima o sustrato sobre el que se elabora el Cava, en este primer estudio hemos realizado un sondeo considerado 44 **VINOS BASE** de 3 vendimias (1990, 1991 y 1992) pertenecientes a tres variedades de uva (Macabeo, Xarel.lo y Parellada) autóctonas de la Denominación de Origen Cava. Los vinos se han obtenido en 8 bodegas diferentes, de las cuales se conocen las prácticas tecnológicas prefermentativas (tipo de prensa, desfangado y agente clarificante). Este estudio pretende poner de manifiesto la importancia de las variables **variedad, vendimia y *modus operandi*** de la bodega elaboradora en los componentes del vino que pueden influir en la calidad de la espuma. Puede ofrecer al sector elaborador de cava una información que le ayude a escoger las variedades y/o los porcentajes de éstas más satisfactorias para planificar las mezclas e incluso qué prácticas tecnológicas prefermentativas son las más convenientes para obtener unos cavas con las características sensoriales que se desean. Al mismo tiempo se ha relacionado la composición de los vinos base con sus propiedades espumantes. La determinación de 50 parámetros analíticos ha permitido establecer qué componentes determinados en estos vinos base se encuentran más relacionados estadísticamente con su capacidad espumante.
2. Tras analizar los resultados obtenidos con los vinos base, en el estudio planteado con **CAVAS** se determinaron 34 parámetros analíticos con el objetivo de caracterizar las propiedades espumosas en función tanto de la **variedad** como del **envejecimiento**. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

### → Valoración del efecto VARIEDAD

- Se elaboraron cavas monovarietales con las principales variedades de la DOC- Cava: Macabeo, Xarel.lo y Parellada.
- Se añadió al estudio la variedad Chardonnay, que a pesar de no ser una variedad oriunda en la DO cava, actualmente su producción aumenta en la región del Penedès.
- Se prepararon dos *coupages*, a partir de los mismos vinos base que se utilizaron para elaborar los cavas monovarietales, a fin de considerar el efecto de las mezclas sobre la espuma:
  - Una mezcla en igual proporción con las tres variedades autóctonas del Penedès, y así observar el posible efecto sinérgico entre variedades.
  - Otra mezcla se preparó añadiendo en un 10%, además, la variedad Chardonnay, para poder observar el efecto de ésta sobre los *coupages*.

### → Valoración del efecto VENDIMIA

Para ello el muestreo se repitió durante dos vendimias consecutivas 1993 y 1994: a partir de los 6 vinos bases de cada vendimia, se obtuvieron, tras el tiraje y segunda fermentación, los cavas respectivos.

### → Eliminación de la variable TECNOLOGÍA

Las prácticas enológicas de bodega resultaron ser importantes para las características espumosas en el estudio planteado en vinos base. A fin de eliminar esta variable que podría llevarnos a conclusiones erróneas en el

estudio de la influencia de la variedad en la espuma, todos los cavas fueron elaborados en la **misma bodega** para así aplicar la **misma tecnología**.

### → Valoración del envejecimiento

Durante su peculiar envejecimiento, el cava permanece en contacto con las levaduras empleadas en la segunda fermentación. Este contacto podría ser el responsable de los cambios de composición que sufren los vinos espumosos a lo largo del envejecimiento, lo cual puede repercutir en las propiedades espumantes. Para esta valoración se realizó el seguimiento de los 12 vinos espumosos de cava durante un período de tiempo prolongado (26 meses). La toma de muestra se realizó cada 3 meses.

### → Valoración de la variabilidad entre botellas

Para considerar las posibles variaciones en la composición de un vino que fermenta y envejece en botella cerrada en cada punto de muestreo se consideraron 2 botellas, tratadas independientemente y analizadas como mínimo por duplicado.

3. Tras analizar los resultados obtenidos con los CAVAS y observar la gran influencia de la variedad, nos propusimos ampliar el estudio considerando una nueva variedad, la **Pinot noir**, que si bien sólo se permite su uso para cavas rosados (BOE...), si es de capital importancia en la elaboración de vinos espumosos a nivel internacional. Para ello se planteó un estudio de colaboración entre el *Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (ISMA)-Italia*, *L'Associazione Spumante Trento DOC (ASTD)-Italia* y la Universidad de Barcelona. Departamento de Nutrición y Bromatología (CeRTA).

- Se consideraron 43 vinos espumosos comerciales (22 Cava y 21 Talentos), procedentes de diferentes vendimias, similares envejecimientos, diferentes bodegas y procedentes de 2 Denominaciones de Origen Controladas:
  - CAVA DOC
  - Spumante Trento DOC (Talento)
- El estudio se centró en la caracterización de las propiedades espumosas en función de la variedad o mezcla considerada:
  - Chardonnay / Pinot noir
  - Chardonnay
  - Chardonnay / variedades autóctonas del Penedès
  - Variedades autóctonas del Penedès
- En este caso, para controlar la posible diversidad de resultados entre botellas se analizaron 3 de cada vino espumoso.

# ESPUMA

**44 VINOS BASE**

**VARIEDAD**  
Macabeo  
Xarel.lo  
Parellada

**VENDIMIA**  
90, 91, 92

**TECNOLOGÍA**



**192 CAVAS**  
(96x2 botellas)

**VARIEDAD**  
monovarietales:  
Macabeo  
Xarel.lo  
Parellada  
Chardonnay

**mezclas:**  
CP= (M:X:P)  
CPC= (M:X:P:C)

**VENDIMIA**  
1993  
1994

**ENVEJECIMIENTO**

meses:  
3  
6  
9  
12  
15  
18  
23  
26

misma bodega



**129 ESPUMOSOS COMERCIALES**  
(43x3 botellas)

**VARIEDAD**  
Ampliamos variedades:  
Pinot noir

Diferentes vendimias

Similar envejecimiento

Diferentes bodegas

**2 DOC:**  
Cava  
Spumante Trento DOC (Italia)

Características espumantes:

HM  
HS  
TS

# ANALÍTICA

**53 parámetros:**

ESPUMA: HM, HS, TS  
Parámetros de bodega  
Absorbancias  
Ácidos orgánicos  
Azúcares reductores y glicerol  
Polisacáridos Totales  
Proteínas  
Aminoácidos y etanolamina  
Alcoholes superiores

**34 parámetros:**

ESPUMA: HM, HS, TS  
Parámetros de bodega  
Tensión superficial  
Absorbancias  
Polifenoles Totales  
Ácidos orgánicos  
Azúcares reductores y glicerol  
Polisacáridos: Totales, Ácidos y Neutros  
Proteínas  
Alcoholes superiores

## 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS VINOS BASE DESTINADOS A LA ELABORACIÓN DE CAVA QUE AFECTAN AL COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA

### 3.2.1. RESUMEN

En este primer estudio hemos considerado 44 vinos base de 3 vendimias (1990, 1991 y 1992) pertenecientes a tres variedades de uva (Macabeo, Xarel.lo y Parellada) principales en la Denominación de Origen Cava. Los vinos se han elaborado en 8 bodegas de las cuales se conocen las prácticas tecnológicas prefermentativas (tipo de prensa, desfangado y agente clarificante). Este estudio pretende poner de manifiesto la importancia de las variables variedad, vendimia y "modus operandi" de la bodega elaboradora en los componentes del vino que influyen en la calidad de la espuma. Puede ofrecer al sector elaborador de cava una información que le ayude a escoger las variedades y/o los porcentajes de estas más satisfactorias para planificar las mezclas e incluso qué prácticas tecnológicas prefermentativas son las más convenientes para obtener unos cavas con las características sensoriales que se desean. Al mismo tiempo se ha relacionado la composición de los vinos base con sus propiedades espumantes. La determinación de 50 parámetros analíticos ha permitido establecer qué componentes determinados de estos vinos base se encuentran más relacionados estadísticamente con su capacidad espumante.

Se ha observado que las características espumantes están relacionadas con la variedad, la vendimia y la forma de operar de la bodega.

**Espumabilidad (HM) y permanencia de la corona (HS)** en estos vinos se encuentran correlacionadas entre ellas y no así con el tiempo de estabilidad (TS). Por lo que se observan dos fenómenos: la formación y el tiempo de estabilidad y cada propiedad puede verse afectada por diferentes compuestos.

Proteínas y glutamina ayudan a la formación de la espuma, aunque no actúan favoreciendo el tiempo de estabilidad. Las sustancias ácidas son también importantes

para la espumabilidad (HM y HS). En este sentido creemos que la fermentación maloláctica, proceso opcional en la vinificación en blanco, la cual reduce la acidez, no favorece a las propiedades espumosas.

Por lo que hace referencia a la **estabilidad** de la espuma, además del material nitrogenado, destaca como factor negativo el ácido galacturónico, indicador de la hidrólisis de los coloides pécticos. Esta estabilidad también se vería reducida por la presencia de la mayor parte de los compuestos volátiles (alcoholes y acetatos).

De las **variedades** de uva blanca más utilizadas en la D.O. Penedès creemos que la variedad Xarel.lo es la que reúne mejores propiedades espumantes.

En cuanto a la **vinificación** en blanco creemos que no deben aplicarse tratamientos que supongan una eliminación drástica de compuestos nitrogenados. Según nuestros resultados, la obtención del mosto con prensa continua, el desfangado estático y la clarificación con bentonita a dosis inferiores a 20 g/100 L favorecen las características espumantes de los vinos de la D.O. Penedès, cava.

No obstante, consideramos que el fenómeno de la espuma es excesivamente complejo y que debe depender de un equilibrio entre diferentes componentes más que de su valor absoluto. E incluso, creemos que debe considerarse el nivel de concentración de los compuestos que pueden influir en la espuma puesto que pueden encontrarse contradicciones al modificar cualquiera de los factores que influyen en la composición (variedad, vendimia y bodega elaboradora). Por lo que las correlaciones entre los valores de espuma y la composición química puede ser sólo válida para un intervalo de concentración determinado.

### 3.2.2. PUBLICACIÓN

# Characteristics of Sparkling Base Wines Affecting Foam Behavior

Cristina Andrés-Lacueva,\* Elvira López-Tamames, Rosa M. Lamuela-Raventós, Susana Buxaderas, and M. del Carmen de la Torre-Boronat

Nutrició i Bromatologia, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Avinguda Joan XXIII s/n, 08028 Barcelona, Spain

Forty-four base wines, from the three white varieties for the production of sparkling wine most used in the Apellation (Certified Brand of Origin) *cava*, were analyzed to evaluate their foam capacity. The wines were from three different harvests and produced in eight different wineries. Foaming properties, determined with Mosalux, were affected by variety, harvest, and winemaking process. In foaming, there were two independent phenomena, foam formation and time stability, which were affected by different compounds: Proteins and acids produced more foam in wines, while low acidity, amino acids, and proteins had a negative correlation with time stability. The must extraction by crusher, static settling, and prefermentative fining with bentonite (dose < 20 g/100 L) were the winery factors that were most favorable for the foaming properties of the wines studied. Xarel.lo was the variety with the best foaming properties.

**Keywords:** *Foaming properties; sparkling base wines; winemaking process; variety; harvest*

## INTRODUCTION

The foam is the first characteristic that is observed by the consumer after the wine is poured into the glass. However, it is not a factor that determines the selection of the base wine to produce the highest quality sparkling wines, since, to date, there has not been any standard method to measure these foaming properties. There are not many studies devoted to foam formation in vinification products or to the use of automatic method to measure foam (Edwards et al., 1982; Molan et al., 1982; Maujean et al., 1988; Gomerieux, 1989; Comelles et al., 1991), so it is difficult to compare results with those of other research groups. The enology industry can now use the Mosalux method (Maujean et al., 1990), although some of the measurements obtained with this could have some problems with reproducibility (Robillard et al., 1993). However, the studies use Mosalux, (Maujean et al., 1990; Hardy, 1990; Brissonnet and Maujean, 1991; Marchal et al., 1993; Malvy et al., 1994; Robillard et al., 1993) because it provides normalized foam measures.

The wines destined to produce the highest quality sparkling wines should be chosen not only for their flavor but also for their capacity to produce foam. The foam that is produced in the second fermentation is related to the chemical composition of the wines chosen for the *coupage* (Gomerieux, 1989; Brissonnet and Maujean, 1991; Marchal et al., 1993; Malvy et al., 1994).

It is important to determine how the variations in chemical composition of the wines produced by the variety, harvest, or technological process affect the foaming properties. Some studies report the influence of extraction system (Hardy, 1990), fining agent (Maujean et al., 1990; Brissonnet and Maujean, 1991), or filtration (Robillard et al., 1993; Viaux et al., 1994).

In previous studies, only one or two wines were usually analyzed (Gomerieux, 1989; Brissonnet and Maujean, 1991, 1993; Malvy et al., 1994; Robillard et

al., 1993; Viaux et al., 1994) to avoid the difficulty in interpreting the complex results obtained from different wines. These studies were performed at the laboratory scale, so they only attempted to identify the compounds that enhance the foam (Brissonnet and Maujean, 1991), which are usually proteic and glucidic colloids.

Since the chemical composition of wine is decisive for the foam quality, we believe that it is important to consider not only the variety but also the harvest and the winemaking process, which may change the wine composition (de la Presa-Owens et al., 1995). Moreover, it is important to evaluate the process at the industrial scale, since the results may be different from those obtained at the laboratory scale.

In this study, 44 varietal wines (Macabeo, Xarel.lo, and Parellada), from three consecutive harvests (1990-1992) and made by eight wineries were analyzed. We attempt to evaluate the importance of the variables: variety, harvest, and *modus operandi* of the winery in the wine components that affect the foam properties. With the Mosalux method and analyzing 50 parameters, we have established which factors could affect the foam capacity.

## MATERIALS AND METHODS

**Samples.** Forty-four white wines from Macabeo ( $n = 13$ ), Xarel.lo ( $n = 11$ ), and Parellada ( $n = 20$ ) varieties were collected during three consecutive harvests [1990 ( $n = 9$ ), 1991 ( $n = 11$ ), and 1992 ( $n = 24$ )], from eight different wineries [winery A ( $n = 8$ ), winery B ( $n = 16$ ), winery C ( $n = 6$ ), winery D ( $n = 2$ ), winery E ( $n = 2$ ), winery F ( $n = 3$ ), winery G ( $n = 6$ ), and winery H ( $n = 1$ )] (Table 1). All wines are base wine for the production of *cava* certified by the Spanish DOC (Denominación de Origen Controlada, Certified Brand of Origin). The characteristics of these wines are in Table 2.

Wines were obtained from free run juice, with a crusher or a pneumatic press at  $\leq 0.2$  atm of pressure [crusher ( $n = 11$ ) and pneumatic press ( $n = 33$ )]. Musts were treated with  $\text{SO}_2$  (ca. 70 mg/L) and racked before fermentation by settling for 24 h ( $n = 26$ ) or by filtration with a rotary-vacuum filter ( $n = 18$ ). The fermentation took place in stainless steel tanks (100 000 L) at 15-

\* Author to whom correspondence should be addressed (telephone 34-3-4024510; e-mail candres@far.ub.es).

Table 1. Characteristics and Codes of the Samples Included in This Study<sup>a</sup>

code sample	wineries								harvest			variety			must extraction		racking		fining agent	
	A	B	C	D	E	F	G	H	90	91	92	M	X	P	p	c	s	f	b	m
B90M		*							*			*			*		*		*	
B90X		*							*			*	*		*		*		*	
B90P		*							*			*	*		*		*		*	
C90M			*						*			*	*		*		*	*		*
C90X			*						*			*	*		*		*	*		*
C90P			*						*			*	*		*		*	*		*
F90P						*			*			*	*		*		*	*		*
G90P							*		*			*	*		*		*	*		*
G90M							*		*			*	*		*		*	*		*
B91P1		*							*			*	*		*		*	*		*
B91P2		*							*			*	*		*		*	*		*
B91X1		*							*			*	*		*		*	*		*
B91P3		*							*			*	*		*		*	*		*
B91M1		*							*			*	*		*		*	*		*
B91M2		*							*			*	*		*		*	*		*
B91X2		*							*			*	*		*		*	*		*
D91P				*					*			*	*		*		*	*		*
E91P					*				*			*	*		*		*	*		*
G91M							*		*			*	*		*		*	*		*
G91P							*		*			*	*		*		*	*		*
A92M1	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92M2	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92X1	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92X2	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92X3	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92P1	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92P2	*								*		*	*	*		*		*	*		*
A92P3	*								*		*	*	*		*		*	*		*
B92M1		*							*		*	*	*		*		*	*		*
B92M2		*							*		*	*	*		*		*	*		*
B92X1		*							*		*	*	*		*		*	*		*
B92X2		*							*		*	*	*		*		*	*		*
B92P1		*							*		*	*	*		*		*	*		*
B92P2		*							*		*	*	*		*		*	*		*
C92M			*						*		*	*	*		*		*	*		*
C92P			*						*		*	*	*		*		*	*		*
C92X			*						*		*	*	*		*		*	*		*
D92X				*					*		*	*	*		*		*	*		*
E92P					*				*		*	*	*		*		*	*		*
F92M						*			*		*	*	*		*		*	*		*
F92P						*			*		*	*	*		*		*	*		*
G92P1							*		*		*	*	*		*		*	*		*
G92P2							*		*		*	*	*		*		*	*		*
H92M								*	*		*	*	*		*		*	*		*
total n = 44	8	16	6	2	2	3	6	1	9	11	24	13	11	20	33	11	26	18	25	19

<sup>a</sup> Wineries, A-H; harvest, 90 (1990), 91 (1991), and 92 (1992); variety, M (Macabeo), X (Xarel.lo), and P (Parellada); must extraction, p (pneumatic press) and c (crusher); racking, s (settling) and f (filtration with rotary vacuum); fining agent, b (bentonite) and m (Microcel).

Table 2. 95% Confidence Intervals for Mean of Wine Characteristics

	n = 44
alcohol content (% v/v)	9.99-10.48
titratable acidity (g/L of tartaric acid)	3.99-4.36
volatile acidity (g/L of acetic acid)	0.20-0.24
pH	2.98-3.04
total SO <sub>2</sub> (mg/L)	63.2-73.3
absorbance 280 (nm × 1000)	454-491
420	69-88
520	25-39
tartaric acid (g/L)	2.91-3.51
glucose (g/L)	0.43-0.57
fructose (g/L)	0.58-0.81
malic acid (g/L)	1.02-1.58
lactic acid (g/L)	0.45-1.05
total polysaccharides (mg of galactose/L)	285-321

18 °C, after the addition of selected winery yeast strains (*Saccharomyces cerevisiae*) and a fining agent, bentonite (n = 25), doses at 10-20 g/100 L, or a bentonite association (n = 19) (Microcel, whose composition was determined by us: bentonite, 45%; caseinate, 50%; and microcrystalline cellulose, 5%), doses at 80-100 g/100

L. Wine racking was carried out as soon as fermentation was completed, and the wines were cold stabilized. Samples were kept in the freezer (-18 °C) until analysis.

**Analytical Methods.** The following parameters were determined on all 44 wines. All experiments were performed in duplicate except for Mosalux procedures that were performed in quadruplicate.

**Measurement of Foaming Properties.** All foam measurements were carried out using the Mosalux procedure (Maujean et al., 1990). Three parameters were measured. (1) HM = maximum height reached by the foam after carbon dioxide injection through the glass frit, expressed in mm; this could represent the foamability, the wine's ability to foam. (2) HS = foam stability height during carbon dioxide injection, expressed in mm; this could represent the foam stability, the wine's ability to produce stable foam or persistence of foam collar. (3) TS = foam stability time, until all bubbles collapse, when CO<sub>2</sub> injection is interrupted, expressed in s; this could represent the foam stability time, once effervescence has decreased. Mosalux procedures were performed in quadruplicate. The average

of the coefficients of variation for HM, HS, and TS was <4%, 7%, and 9%, respectively.

**Conventional Parameters.** Parameters such as alcohol content, titratable acidity, volatile acidity, total SO<sub>2</sub>, and pH were measured according to Office International de la Vigne et du Vin (OIV) methods.

**Absorbance.** Absorbances at 280 and at 420 and 520 nm were determined in a 1 and 10 mm cells, respectively, with a Hewlett-Packard 8452A diode array spectrophotometer.

**Organic Acids, Glucose, Fructose, and Glycerol.** These were determined by ionic exchange/ion exclusion HPLC and detected by refractive index, according to López-Tamames et al. (1996).

**Soluble Proteins.** The Bradford method was used directly on the sample (Bradford, 1976).

**Free Amino Acids and Ethanolamine.** These were determined by HPLC after derivatization of the wine samples with PITC (phenyl isothiocyanate) according to Puig-Deu and Buxaderas (1994).

**Volatile Compounds.** Wine samples containing 4-methyl-2-pentanol as internal standard were directly injected on a Perkin-Elmer Sigma 3B gas chromatograph equipped with flame ionization detector (FID) and a packed Seelcosteal Alcohol, Carbowax 1500 (4 m × 1/8 cm) column with a 15 m precolumn. Oven temperature was kept at 45 °C for 1 min, programmed to 80 °C at 2 °C/min, and then kept at 80 °C for 45 min. Injector and detector temperatures were 180 °C; 2.0 µL was injected. Nitrogen was used as the carrier gas at 18 mL/min. Higher (fusel) alcohols and other volatile components such as acetaldehyde, methyl acetate, ethyl acetate, and diacetaldehyde were identified by retention times relative to the internal standard and quantified by the same procedure.

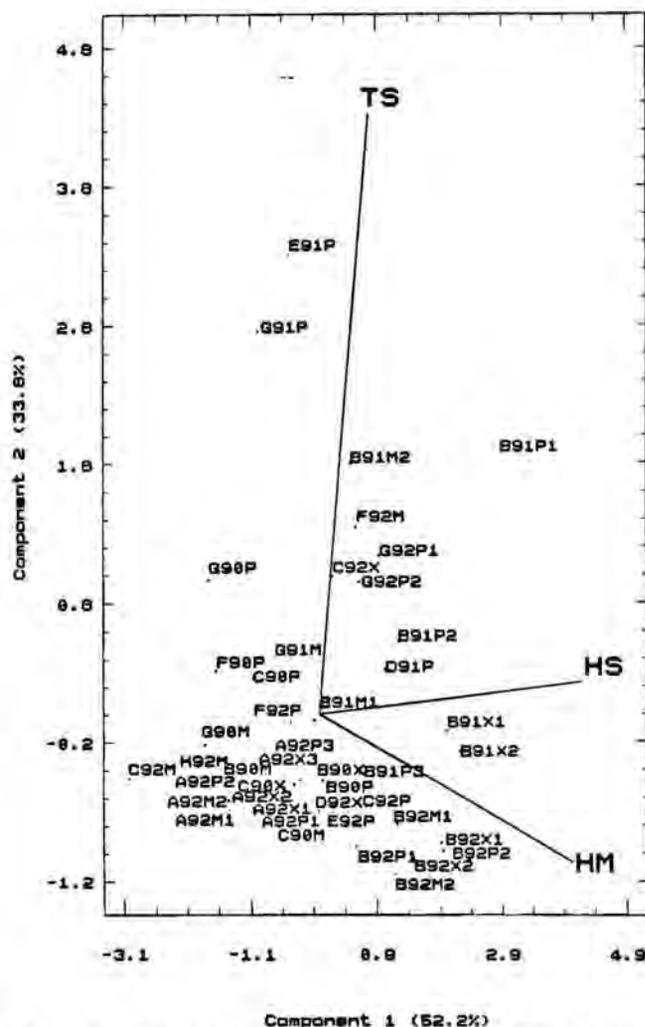
**Total Polysaccharide Content.** The phenol-sulfuric acid method of Segarra et al. (1995) was used. This method determines neutral and acid polysaccharides.

**Statistical Treatment.** Taking into account the types of samples, we can distinguish two different kinds of variables. First, the six different *qualitative variables*: winery variable (A–H), harvest variable (1990–1992), variety variable (Macabeo, Xarel.lo, and Parelada), extraction must system variable (crusher and pneumatic press), racking variable (settling and filtration), and fining agent variable (bentonite and Microcel). Second, we can distinguish the *quantitative variables*, which are the 50 determinations and the 3 parameters of foam obtained with Mosalux (HM, HS, and TS).

We used the STATGRAPHICS 7.0. method to carry out principal components analysis, biplot (PCA), with HM, HS, and TS from the 44 base wines; analysis of variance (one-way ANOVA), considering as *qualitative independent variables* harvest, variety, winery, extraction must system, racking, and fining agent, and as *quantitative dependent variables* the HM, HS, and TS; and correlation analysis among the parameters HM, HS, and TS and the 50 chemical determinations. Moreover, the chemical parameters correlated with the foam were treated by (one-way ANOVA) considering as qualitative variables variety and harvest.

## RESULTS AND DISCUSSION

To study the differences among the foaming properties in wines, we carried out a screening with PCA, biplot (Figure 1). Foamability (HM), persistence of the foam collar (HS), and stability time (TS) are represented as vectors: HM and HS are highly correlated ( $p < 0.001$ )



**Figure 1.** Sample distribution according to the PCA (biplot) considering HM, HS, and TS: HM, foamability HS, permanence of the foam collar; TS, stability time; %, percent of the variance justified by each component; A–H, wineries; 90 (1990), 91 (1991), and 92 (1992), harvest; M (Macabeo), X (Xarel.lo), and P (Parelada), varieties.

but not with TS. So, the samples with high HM would have persistent collar (HS), but they are not necessarily stable over time (TS). The same relation between HM and TS was noted by Maujean et al. (1990), although they did not find any relationship between HM and HS. Xarel.lo wines showed the best foaming properties (Figure 1 and Table 4) (higher values of HS). This would indicate that Xarel.lo wines would produce the sparkling wines with the best foam. When the variable harvest was considered, the wines from 1991 had higher TS than the wines from the other two harvests (1990 and 1992). Wine from cellar B also had the best foam, which would indicate that the winemaking process is decisive for the foam capacity of a wine.

Table 3 shows the significant correlation of each qualitative variable with the foaming properties of the 44 wines by ANOVA. Table 4 shows the 95% confidence interval for HM, HS, and TS, considering the qualitative variables that were significant by ANOVA. Harvest conditioned TS ( $p \leq 0.0001$ ) (Table 3); in 1991, was the highest of the three harvests studied (Table 4). Variety affects HS ( $p < 0.005$ ) (Table 3). Xarel.lo wines had higher HS than the other varietal wines (Table 4). The HS overlap of the 95% confidence interval between Xarel.lo and Parelada may be due to the fact that Xarel.lo wines were not always 100% monovarietal.

**Table 3. Significance Levels (*p*) Related to the One-Way Analysis of Variance<sup>a</sup>**

qualitative variable	quantitative variable		
	HM	HS	TS
harvest	0.0685	0.0557	<b>0.0001</b>
variety	0.6156	<b>0.0081</b>	0.0952
winery	<b>0.0002</b>	0.0596	<b>0.0451</b>
must extraction	0.1097	0.2768	<b>0.0106</b>
racking	0.0513	<b>0.0311</b>	<b>0.0281</b>
fining agent	<b>0.0151</b>	<b>0.0133</b>	0.1102

<sup>a</sup> HM, foamability; HS, permanence of the foam collar; TS, time stability. The significance levels ( $p < 0.05$ ) are indicated in bold.

Macabeo is the first to be harvested and then Xarel.lo and finally Parellada. Some Xarel.lo wines contained <20% of Parellada. One explanation for this varietal difference could be the nitrogen content. Many studies correlate proteins with foam capacity (Gomerieux, 1989; Brissonnet and Maujean, 1991, 1993; Malvy et al., 1994). Xarel.lo wines contained more soluble proteins ( $p < 0.0001$ ) and proline ( $p < 0.05$ ) (Table 6) which could produce the best permanent collar foam. Similar results were obtained by Pueyo (1994), when these three varieties were compared.

The variable winery conditioned HM and TS (Table 3), since there are many factors such as must extraction system, settling, and fining agent that are different in each winery. Winery B produces the wines with best HM and HS (Figure 1). One reason could be that this winery uses the lowest amount of bentonite (dose < 20 g/100 L) and static settling which have a significant correlation with HM and HS (Tables 3 and 4). The extraction of the must system could condition the stability time values (Table 3). The TS values in wines that were obtained from the crusher were better than those obtain by a pneumatic press (Table 4). Winery B uses a pneumatic press, which may explain the low TS (Figure 1), although these wines had the best HM and TS. HS and TS also depend on settling, static or dynamic, in both cases  $p < 0.05$  (Table 3); the wines from static settling had the highest values of persistence of the collar foam (HS) and stability time (TS) (Table 4). Vacuum dynamic filtration removes hydrophobic substances, which would help to stabilize the gas/liquid interface (Hudales and Stein, 1990) and consequently

could stabilize the foam. Finally, the other cellar factor considered, the fining agent added before fermentation, influences the HM and HS ( $p < 0.05$ ) (Table 3).

In wine made with low bentonite doses, HM and HS were higher (Table 4) than those wines made with Microcel, which is composed of caseinate (50%), bentonite (45%), and microcrystalline cellulose (5%). The amount of bentonite added is higher when Microcel is used, due to the high doses used, 80–100 g/100 L compared with 10–20 g/100 L when bentonite is added directly. High levels of bentonite adsorb many compounds such as proteins and polysaccharides that can affect the foam quality of the wine (Maujean et al., 1990; Brissonnet and Maujean, 1991).

Table 5 shows the correlations ( $r$ ) between the foam characteristics (HM, HS, and TS) and the compounds analyzed, together with the level of significance ( $p$ ). The correlation coefficients observed were <0.558. So, with this correlation study, we can only show which components may influence the foam properties but not establish equations between the variables. The correlation coefficients only identify the sign of the correlation between the compounds analyzed and the foam measures.

HM is positively correlated with the alcohol content, titratable acidity, malic acid, fructose, proteins, and glutamine (Table 5): Wines with a greater content of these compounds should have higher foam. On the other hand, wines with more glucose or lactic acid have the least foam. The influence of proteins in foaming has been described previously, in standard solutions as well as in wine and beer (Nakai, 1983; Shimizu et al., 1983; Kato et al., 1985; Kinsella and Whitehead, 1989; Patel and Kilara, 1990; Maeda et al., 1991; Brissonnet and Maujean, 1991, 1993; Malvy, 1994).

Titratable acidity and malic acid show good correlation with HM (Table 5). Pueyo et al. (1995) observed the same correlation. However, the development of the malolactic fermentation in the Penedès region is not the normal practice, and in our wines, from the Macabeo, Xarel.lo, and Parellada varieties, it is not desirable for foaming properties, since titratable acidity decreases and lactic acid increases (Tables 2 and 5).

Curiously, alcohol content is associated with HM and HS. In previous studies, Molan et al. (1982) and Blade and Boulton (1988) observed the opposite, which could

**Table 4. Mean Values and 95% Confidence Intervals for Means That Were Significantly Different among HM, HS, and TS According to Harvest, Variety, Must Extraction, Racking, and Fining Agent<sup>a</sup>**

qualitative variable	quantitative variable					
	HM (mm)		HS (mm)		TS (s)	
	$\bar{x}$ (mm)	95% CI	$\bar{x}$ (mm)	95% CI	$\bar{x}$ (s)	95% CI
harvest						
1990 ( $n = 9$ )					83	(27–139)
1991 ( $n = 11$ )		NS		NS	268	(217–318)
1992 ( $n = 24$ )					69	(35–104)
variety						
Macabeo ( $n = 13$ )			25	(23–27)		
Xarel.lo ( $n = 11$ )		NS	31	(29–33)		NS
Parellada ( $n = 20$ )			28	(27–30)		
must extraction						
pneumatic press ( $n = 33$ )		NS		NS	91	(57–123)
crusher ( $n = 11$ )					215	(157–272)
racking						
static ( $n = 26$ )		NS	30	(28–31)	161	(123–199)
dynamic ( $n = 18$ )			26	(25–28)	65	(19–111)
fining agent						
bentonite ( $n = 25$ )	175	(155–194)	30	(28–31)		NS
microcel ( $n = 19$ )	122	(94–144)	26	(24–28)		

<sup>a</sup> NS, not significant; HM, foamability; HS, permanence of the foam collar; TS, stability time.

Table 5. Correlation Coefficients (*r*) and Significance Levels (*p*) between Parameters That Determine Foam Capacity (HM, HS, and TS) and the Compounds Determined<sup>a</sup>

determination accomplished	HM		HS		TS	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
alcohol content	0.470	<b>0.0019</b>	0.460	<b>0.0025</b>	-0.231	0.1471
titratable acidity	0.459	<b>0.0025</b>	0.252	0.1126	0.190	0.5766
volatile acidity	-0.158	0.3233	0.013	0.9379	0.028	0.8632
pH	0.010	0.9489	0.218	0.1726	-0.320	<b>0.0416</b>
total SO <sub>2</sub>	-0.076	0.6222	-0.026	0.8675	-0.088	0.5702
absorbance 280 (nm)	-0.196	0.2034	-0.195	0.2036	-0.271	0.0748
420	0.026	0.8659	0.072	0.6413	-0.286	0.0601
520	-0.066	0.6724	-0.178	0.2486	-0.346	<b>0.0216</b>
citric acid	-0.236	0.1231	-0.049	0.7542	-0.382	<b>0.0105</b>
tartaric acid	0.160	0.3012	0.158	0.3049	-0.086	0.5771
galacturonic acid	-0.092	0.5534	-0.221	0.1488	-0.417	<b>0.0048</b>
malic acid	0.457	<b>0.0018</b>	0.210	0.1713	-0.197	0.1989
glucose	-0.313	<b>0.0383</b>	-0.064	0.6797	-0.097	0.5294
fructose	0.558	<b>0.0001</b>	0.316	<b>0.0367</b>	-0.171	0.2676
succinic	-0.173	0.2628	-0.112	0.4703	0.103	0.5040
lactic acid	-0.427	<b>0.0054</b>	-0.163	0.3084	-0.178	0.2661
glycerol	0.166	0.2999	0.184	0.2506	0.064	0.6921
total polysaccharides	-0.162	0.2946	0.054	0.7271	-0.078	0.6132
proteins	0.321	<b>0.0338</b>	0.107	0.4901	-0.509	<b>0.0004</b>
ethanolamine	0.306	0.0524	0.310	<b>0.0486</b>	0.095	0.5565
Asp	-0.181	0.2586	-0.107	0.5046	-0.283	0.0728
Hyp	-0.021	0.8979	0.037	0.8188	-0.392	<b>0.0112</b>
Glu	-0.023	0.8843	0.077	0.6310	-0.495	<b>0.0010</b>
Ser	-0.164	0.3070	-0.100	0.5361	-0.425	<b>0.0057</b>
Asn	0.269	0.0894	0.223	0.1605	-0.381	<b>0.0140</b>
Gly	0.072	0.6569	0.245	0.1234	-0.391	<b>0.0114</b>
Gln	0.369	<b>0.0177</b>	0.207	0.1932	-0.361	<b>0.0205</b>
Thr	-0.111	0.4895	0.218	0.1709	-0.212	0.1842
Ala	-0.055	0.7307	0.175	0.2752	-0.369	<b>0.0175</b>
His	0.107	0.5063	0.164	0.3063	-0.227	0.1535
Pro	0.244	0.1242	0.341	<b>0.0290</b>	-0.219	0.1698
GABA	0.024	0.8815	0.058	0.7192	-0.381	<b>0.0141</b>
Arg	0.165	0.3025	0.065	0.6859	-0.359	<b>0.0211</b>
Tyr	-0.021	0.8985	0.082	0.6118	-0.531	<b>0.0004</b>
Val	-0.283	0.0728	-0.261	0.0998	-0.497	<b>0.0009</b>
Met	-0.055	0.7352	-0.219	0.1691	-0.344	<b>0.0277</b>
Ile	-0.066	0.6818	-0.079	0.6215	-0.306	0.0519
Leu	-0.274	0.0834	-0.272	0.0855	-0.335	<b>0.0324</b>
Phe	-0.140	0.3815	0.059	0.7145	-0.294	0.0622
Orn	0.146	0.3621	0.184	0.2506	-0.309	<b>0.0496</b>
Trp	-0.021	0.8990	0.060	0.7099	-0.370	<b>0.0172</b>
Lys	-0.222	0.1626	-0.179	0.2638	-0.364	<b>0.0192</b>
acetaldehyde	0.285	0.0713	-0.122	0.4478	-0.345	<b>0.0270</b>
methyl acetate	-0.152	0.3436	-0.120	0.4537	-0.295	0.0611
ethyl acetate	0.225	0.1572	0.126	0.4313	-0.505	<b>0.0008</b>
diacetaldehyde	-0.132	0.4096	-0.200	0.2091	-0.360	<b>0.0209</b>
methanol	-0.135	0.9006	-0.136	0.3974	-0.271	0.0869
propanol	0.011	0.9440	0.247	0.1189	-0.227	0.1546
isobutyl alcohol	-0.303	0.0542	-0.198	0.2117	-0.284	0.0719
isoamylic alcohols	0.030	0.8546	-0.028	0.8636	-0.426	<b>0.0055</b>

<sup>a</sup> *r*, correlation coefficient; *p*, significance level; HM, foamability; HS, permanence of the foam collar; TS, stability time. The significance levels (*p* < 0.05) are indicated in bold.

be due to the ethanol solvent capacity (Comelles, 1991). This has no influence in our wines, which have a very similar ethanol content (9.99–10.48) (95% CI) (Table 2), so the stenoactivity capacity of ethanol could be greater than its solvent properties. Xarel.lo wines not only show the highest protein content but are also the richest in malic acid, proline, and alcohol content (*p* < 0.05) (Table 6). So, of the varieties studied, Xarel.lo shows the best foaming properties.

HS is correlated with HM (Figure 1), so some of the compounds that favor one also favor the other, such as alcohol content and fructose (Table 5). Moreover, HS is correlated with proline and ethanolamine. The effect of the proline on foaming properties was observed in wine by Gomerieux (1989). Proteins and amino acids are negatively correlated with TS (Table 5). When PCA

was performed, TS was not correlated with HM or with HS (Figure 1).

Other chemical parameters of the 44 wines were also negatively correlated with TS, such as pH, A520, citric acid, galacturonic acid, acetaldehyde, ethyl acetate, diacetal, and isoamylic alcohols. Wines with the lowest galacturonic content had better TS (Table 5): Higher levels of galacturonic acid would be produced by greater pectolytic activity and thus increased pectine hydrolysis. Polysaccharides favor foaming capacity (Gomerieux, 1989; Brissonnet and Maujean, 1991), so pectic hydrolysis increases galacturonic acid and reduces the foam capacity. However, in this study, only total polysaccharides were considered, which showed a significant relation with HM following a reciprocal model.

Volatile compounds determined (acetaldehyde, ethyl

**Table 6. 95% Confidence Intervals for Means of the Compounds That Contribute to Foam Properties and Are Significantly Different, According to Variety or Harvest ( $p < 0.05$ )**

	Macabeo (n = 13)	Xarel.lo (n = 11)	Parellada (n = 20)
alcohol content (%, v/v)	9.74–10.54	10.12–11.09	9.59–10.24
malic acid (g/L)	1.04–1.68	1.39–2.09	0.76–1.28
proteins (mg/L albumin)	5.8–8.0	8.9–11.5	5.6–7.4
ethanolamine (mg/L)	11.9–17.8	15.3–21.8	17.5–22.2
Pro (mg/L)	218.8–324.7	349.4–469.1	284.5–370.0
	1990 (n = 9)	1991 (n = 11)	1992 (n = 24)
pH	2.84–2.98	2.95–3.06	3.08–3.15
absorbance 520 (nm × 1000)	16–44	10–35	34–51
Hyp (mg/L)	3.4–6.4	3.5–5.9	5.6–7.1
Glu (mg/L)	16.6–31.5	13.3–24.4	25.2–32.6
Ser (mg/L)	4.8–9.9	3.2–7.1	8.1–10.6
Asn (mg/L)	4.9–15.1	4.9–12.5	14.2–19.3
Gly (mg/L)	2.9–7.9	4.1–7.8	7.5–10.0
Ala (mg/L)	7.2–25.2	7.6–21.1	23.4–32.3
GABA (mg/L)	0.0–21.5	0.0–17.5	28.5–41.4
Arg (mg/L)	0.0–52.9	0.0–38.3	45.4–81.3
Tyr (mg/L)	9.9–15.4	7.5–11.6	13.3–16.0
Val (mg/L)	5.1–8.4	3.2–5.7	6.6–8.3
Met (mg/L)	0.7–8.2	1.2–6.8	6.5–10.3
Leu (mg/L)	16.4–25.9	9.8–16.9	14.7–19.4
Trp (mg/L)	1.2–3.9	2.8–4.8	3.9–5.2
Lys (mg/L)	11.1–18.5	7.7–13.2	12.7–16.4
acetaldehyde (g/L)	7.55–13.95	10.33–15.13	14.37–17.57
ethyl acetate (g/L)	18.37–35.90	22.57–35.70	41.01–49.74
diacetaldehyde (g/L)	0.70–4.88	1.03–4.17	4.84–6.93

acetate, diacetaldehyde, and isoamylic alcohols) also show a negative relationship with TS (Table 5).

## CONCLUSIONS

Forty-four base wines to make sparkling wine (*cava*) were analyzed by Mosalux. The HM and HS in these wines were correlated with each other but not with TS. So there are two different phenomena in foaming: formation and time stability; each property can be affected by different compounds. Proteins and glutamine help foam formation, although they do not favor stability time. Acid substances are also important for foaming (HM and HS). For this reason, malolactic fermentation in our wines, which have low acidity, does not seem to be positive.

In foam stability time, not only are nitrogen compounds negative but also galacturonic acid, from the hydrolysis of colloids, and volatile compounds. Of the varieties most generally used in the production of base wines to be converted into *cava* in the Penedès region, Xarel.lo shows the best foaming properties.

Treatments involving the drastic removal of nitrogen compounds should be avoided in white vinification. Wines with the best foaming properties from the Penedès region DOC (Certified Brand of Origin) for the production of *cava* are obtained with the following conditions: must obtained from a crusher, static settling, and clarification with bentonite (<20 g/100 L).

However, we take into consideration that foaming is very complex and depends on an equilibrium of many compounds rather than on any absolute value. The correlation between foaming properties and compounds may be valid only for a limited range of concentrations. Moreover, the different variables that affect wine composition (variety, harvest, and winery) could modify the results.

## ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to Freixenet SA, Segura Viudas SA, and Castellblanch SA, wineries for their collaboration.

## LITERATURE CITED

- Blade, W. H.; Boulton, R. Adsorption of protein by bentonite in a model wine solution. *Am. J. Enol. Vitic.* **1988**, *39*, 193–199.
- Bradford, M. A rapid and sensible method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* **1976**, *72*, 248–255.
- Brissonnet, F.; Maujean, A. Identification of some foam-active compounds in champagne base wines. *Am. J. Enol. Vitic.* **1991**, *42*, 97–102.
- Brissonnet, F.; Maujean, A. Characterization of foaming proteins in a champagne base wine. *Am. J. Enol. Vitic.* **1993**, *44*, 297–301.
- Comelles, F.; Bosch, M. P.; Castro, J. J. Relationship between physicochemical variables and foaming properties of grape varieties. *A. C. E. Revista d'Enologia* **1991**, *23–24*, 7–16.
- de la Presa-Owens, C.; Lamuela-Raventós, R. M.; Buxaderas, S.; Torre-Boronat de la, M. C. Study of characterization of Macabeo, Xarel.lo and Parellada white wines from the Penedès region. II. *Am. J. Enol. Vitic.* **1995**, *46*, 529–541.
- Edwards, M.; Eschenbruch, R.; Molan, P. Foaming in winemaking. I. A technique for the measurement of foaming in winemaking. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **1982**, *16*, 105–109.
- Gomerieux, T. Degassing and maintenance of effervescence in champagne wines. *Rev. Fr. Oenol.* **1989**, *116*, 15–20.
- Hardy, G. Importance of press in the quality of base wines for Champenoise method. *A. C. E. Revista d'Enologia* **1990**, *20*, 17–22.
- Hudales, J. B.; Stein, H. M. The influence of solid particles on foam and film drainage. *J. Colloid Interface Sci.* **1990**, *140*, 307–313.
- Kato, A.; Komatsu, K.; Fujimoto, K.; Kobayashi, K. Relationship between surface functional properties and flexibility of proteins detected by the protease susceptibility. *J. Agric. Food Chem.* **1985**, *33*, 931–934.
- Kinsella, J. E.; Whitehead, D. M. Proteins in whey: chemical, physical and functional properties. *Adv. Food Nutr. Res.* **1989**, *33*, 343–438.
- López-Tamames, E.; Puig-Deu, M.; Teixeira, E.; Buxaderas, S. Organic acids, sugars and glycerol content in white winemaking products by HPLC: relation with climate and Varietal factors. *Am. J. Enol. Vitic.* **1996**, *47* (2), in press.
- Maeda, K.; Yokoi, S.; Kamada, K.; Kamimura, M. Foam stability and physicochemical properties of beer. *ASBC J.* **1991**, *49*, 14–18.
- Malvy, J.; Robillard, B.; Duteurtre, B. Influence of proteins on the foam behaviour of champagne wines. *Sci. Aliment.* **1994**, *14*, 87–98.
- Marchal, R.; Sinet, C.; Maujean, A. Enologic gelatins and champagne base wines fining study. *Bull. O.I.V.* **1993**, *751–752*, 691–725.
- Maujean, A.; Gomerieux, T.; Garnier, J. M. A survey of the durability and quality of foam in sparkling wines. I. Adjustment of a technique to measure the spontaneous as well as provoked effervescence in fizzy drinks. *Bull. O.I.V.* **1988**, *683–684*, 25–35.
- Maujean, A.; Poinsaut, P.; Dantan, H.; Brissonnet, F.; Cossiez, E. Study of the performance and quality of the foam in sparkling wines. II. Perfecting of a measuring technique for foaming ability, performance and stability of the foam in sparkling wines. *Bull. O.I.V.* **1990**, *711–712*, 405–426.
- Molan, P. C.; Edwards, M.; Eschenbruch, R. Foaming in winemaking. II. Separation and partial characterisation of foam-inducing proteins excreted by a pure culture wine yeast. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **1982**, *16*, 110–113.

- Nakai, S. Structure-function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. *J. Agric. Food Chem.* **1983**, *31*, 676-683.
- Office International de la Vigne et du Vin. *International Analysis Methods of Wines and Musts*; O.I.V.: Paris, France, 1990.
- Patel, M. T.; Kilara, A. Studies on whey protein concentrates. 2. Foaming and emulsifying properties and their relationships with physicochemical properties. *J. Dairy* **1990**, *73*, 2731-2740.
- Pueyo, E. Identification, origin and modifications of the chemical composition that affect the foaming characteristics of cavas. Ph.D. Dissertation, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Spain, 1994.
- Pueyo, E.; Martín-Álvarez, P. J.; Polo, C. Relationship between foam characteristics and chemical composition in wines and cavas (sparkling wines). *Am. J. Enol. Vitic.* **1995**, *46*, 518-524.
- Puig-Deu, M.; Buxaderas, S. Analytical conditions for the determination of 2,3-PITC-amino acids and ethanolamine in must and wines by HPLC. *J. Chromatogr.* **1994**, *685*, 21-30.
- Robillard, B.; Delpuech, E.; Viaux, L.; Malvy, J.; Vignes-Alder, M.; Duteurtre, B. Improvements of methods for sparkling base wine foam measurements and effect of wine filtration on foam behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* **1993**, *44*, 287-392.
- Segarra, I.; Lao, C.; Lopez-Tamames, E.; Torre-Boronat de la, M. C. Spectrophotometric methods for the analysis of polisaccharide levels in winemaking products. *Am. J. Enol. Vitic.* **1995**, *46*, 564-570.
- Shimizu, M.; Takahashi, T.; Kaminogawa, S.; Yamauchi, K. Adsorption onto an oil surface and emulsifying properties of bovine  $\alpha_1$ -casein in relation to its molecular structure. *J. Agric. Food Chem.* **1983**, *31*, 1214-1218.
- STATGRAPHICS 7.0, Statistical graphics systems; Magnugistics Inc., Rockville, 1993.
- Viaux, L.; Morard, C.; Robillard, B.; Duteurtre, B. The impact of base wine filtration on champagne foam behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* **1994**, *45*, 407-409.

Received for review July 27, 1995. Accepted February 6, 1996.\* This study was made possible by financial assistance from the Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Project ALI94-0217-CO2-01 (Spain).

JF9504879

\* Abstract published in *Advance ACS Abstracts*, April 1, 1996.

### 3.3. INFLUENCIA DE LA VARIEDAD Y DEL ENVEJECIMIENTO EN LAS PROPIEDADES ESPUMANTES DE LOS CAVAS

#### 3.3.1. RESUMEN

Se ha realizado un estudio con 98 muestras de vino espumoso, distribuidos en 6 seis series de cavas (4 monovarietales, Macabeo, Xarel.lo, Parellada y Chardonnay) y dos coupages (uno con las 3 variedades autóctonas del Penedès, y el otro además con la variedad de origen francés) tomando muestras cada 3 meses. Los cavas fueron elaboradas en la misma bodega a escala industrial y pertenecientes a la misma vendimia, para evaluar el efecto de la variedad y el envejecimiento en contacto con las levaduras, en sus propiedades espumantes, medidas con el Mosalux. Además se analizaron 34 parámetros químicos y físicos.

La espumabilidad (HM) y el tiempo de estabilidad (TS) se encuentran inversamente correlacionados entre sí ( $r = -0.7782$ ), en contraste con HM y HS que se encuentran directamente relacionadas.

La **variedad** es una variable decisiva para la futura capacidad espumante de los cavas. Los cavas Chardonnay presentan la mayor espumabilidad y el menor tiempo de estabilidad de la espuma. El coupage de los diferentes vinos base monovarietales mejora las propiedades espumantes de sus correspondientes cavas, respecto a sus respectivos cavas monovarietales, debido a un posible efecto sinérgico entre sus componentes. Los cavas elaborados a partir de la variedad presentaron niveles superiores de polisacáridos totales y neutros, proteínas solubles, polifenoles totales, absorbancias a 280, 365 y 420 nm, acidez total, grado alcohólico, conductividad y ácido málico.

Considerando el **envejecimiento** en botella en contacto con las levaduras, éste mejora el tiempo de estabilidad de la corona, sin embargo perjudica la espumabilidad. A los 18 meses de envejecimiento se aprecia una mejora en la espumabilidad y tiempo de estabilidad, aparentemente debido a una liberación de compuestos tales como: proteínas y polisacáridos por parte de las levaduras autolisadas. Sin embargo, después de estos 18 meses se observa una disminución en la espumabilidad acompañada por un incremento en compuestos monoméricos. El incremento de los niveles de fructosa observado a partir del mes 18, pudiera ser debido a la hidrólisis de los componentes de la planta, causados por los enzimas que liberarían las levaduras durante la autólisis.

### **3.3.2. PUBLICACIONES**

# Influence of Variety and Aging on Foaming Properties of Sparkling Wine (Cava). 1

Cristina Andrés-Lacueva, Magda Gallart, Elvira López-Tamames, and Rosa M. Lamuela-Raventós\*

Nutrició i Bromatologia, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Avinguda Joan XXIII s/n, 08028-Barcelona, Spain

Forty-eight cavas produced by the same winery during the same harvest were studied to evaluate the effect of variety and aging on their foaming properties, measured with the Mosalux method. Foamability and stability time were inversely correlated ( $r = -0.7782$ ). Variety and blending were decisive for the foaming properties of the sparkling wines. Aging improved the stability time of the foam collar; however, it decreased foamability.

**Keywords:** Sparkling wine; cava; foam; aging; variety

## INTRODUCTION

Cava is the final product after two fermentations during a minimum period of aging of 9 months with yeast inside a bottle. According to the European Union (CEE 2043/89), it is a *v.e.c.p.r.d* (quality sparkling wine produced in determinate regions). Its effervescence leads to a foam collar in the champagne glass that is easily perceived by the consumer, who expects it to be stable. For this reason, the cava companies are interested in studying this property.

Few papers discuss the foam phenomenon in sparkling wines (Bidan and Salgues 1982; Maujean et al., 1990; Machet et al., 1993; Viaux et al., 1994; Pueyo et al., 1995). Foam formation and stability have been described as the two characteristic properties that define it (Maujean et al., 1990; Brissonnet and Maujean, 1991, 1993; Marchal et al., 1993; Robillard et al., 1993; Malvy et al., 1994; Viaux et al., 1994; Andrés-Lacueva et al., 1996). However, only one study of base wines and champagnes (Maujean et al., 1990) attempts to establish a relationship between foam formation and stability. However, these authors, using the Mosalux method, did not find any correlation between them.

Sparkling wine foam depends on the foam capacity of the base wines (Maujean et al., 1990), which depends, in turn, on the grape variety (Andrés-Lacueva et al., 1996). Empirically, winemakers consider the Chardonnay variety gives rise to sparkling wines with better foaming properties than the three autochthonous grapes from Penedès area varieties (Macabeo, Xarel.lo, and Parellada). However, the direct effect of variety on the foam of sparkling wines has not been reported previously, mainly because of the difficulty of obtaining varietal sparkling wines at industrial scale. It is important for the winemakers to determine the foam capacity of each variety and the effect of blending them to produce sparkling wines with better foam. Winemakers have perceived that aging with yeast seems to improve the quality of the foam. However, at a certain time of aging, around 21 months, they observe a decrease in foaming. Moreover, the stock of cava in the cellar represents a large investment for the producers. For these reasons it is important to optimize the length

of this aging and to study the effect of aging on sparkling wine for a minimum period of 2 years at industrial scale.

Maujean et al. (1990), studying three points of aging (2, 5, and 15 months after the addition of the "tirage" liqueur) of six champagnes and their foaming parameters, noticed that the maximum height reached by the foam (HM) decreased with the time of aging, although the time for all bubbles to collapse (TS) increased. Stability height during CO<sub>2</sub> injection (HS) increased until the fourth month; however, it decreased thereafter. Pueyo et al. (1995) consider the effect of aging on foam of one cava made from a base wine obtained by the blending of three varietal wines: Macabeo, Xarel.lo, and Parellada. They observed that the foamability decreases with time, while foam stability increases only during the first 3 months after the tirage.

In this paper, the influence of variety and the effect of blending have been evaluated in 96 cavas. Furthermore, we have followed the evolution of the foam during aging. All cavas were produced in parallel from the same harvest by the same winery to avoid the effects of technological and climatic variations.

## MATERIALS AND METHODS

**Samples.** Six kinds of wine vinified in bottles in contact with yeast for sparkling wine were considered. Samples were taken 8 times in duplicate along 26 months of aging, following a factorial design (6 × 8 × 2) (Table 1). The two bottles of each sampling point were analyzed separately to consider the variation between them. The coefficient of variation between these two bottles considered for the foaming parameters (HM, HS, and TS) was 4%.

Sparkling wines were made from three white varietal autochthonous *Vitis vinifera* from Penedès region (Macabeo, Xarel.lo, and Parellada), another one from Chardonnay, and two coupages: one of them with the three autochthonous varieties (1:1:1) and the other plus Chardonnay (3:3:3:1). All sparkling wines were made in the same winery at industrial scale from one harvest (1993) to avoid the interference of technology and crush. The eight sampling points of aging in contact with the yeast *Saccharomyces bayanus* were as follows: 3, 6, and 9 months [when the wine is considered cava by the Spanish *Denominación de Origen Controlada* (DOC)—Certified Brand of Origin] and 12, 15, 18, 23, and 26 months of aging. Sparkling wines (filtered and degassed) were analyzed according to the Mosalux method immediately after disgorging with nonfrozen samples to minimize the changes in the structures of the compounds responsible for the foam.

**Analytical Methods. Measurement of Foaming Properties.** All foam measurements were carried out using the

\* Author to whom correspondence should be addressed (telephone 34-3-4024508; fax 34-3-4021896; e-mail lamuela@farmacia.far.ub.es).

Table 1. Number of Bottles Analyzed at Each Point of the Sampling

sparkling wines	3 months	6 months	9 months	12 months	15 months	18 months	23 months	26 months	total
Macabeo	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Xarel.lo	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Parellada	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Chardonnay	2	2	2	2	2	2	2	2	16
blending CP <sup>a</sup>	2	2	2	2	2	2	2	2	16
blending CPC <sup>b</sup>	2	2	2	2	2	2	2	2	16
total	12	12	12	12	12	12	12	12	96

<sup>a</sup> CP, blending with Macabeo, Xarel.lo, and Parellada (1:1:1). <sup>b</sup> CPC, blending with Macabeo, Xarel.lo, Parellada, and Chardonnay (3:3:3:1).

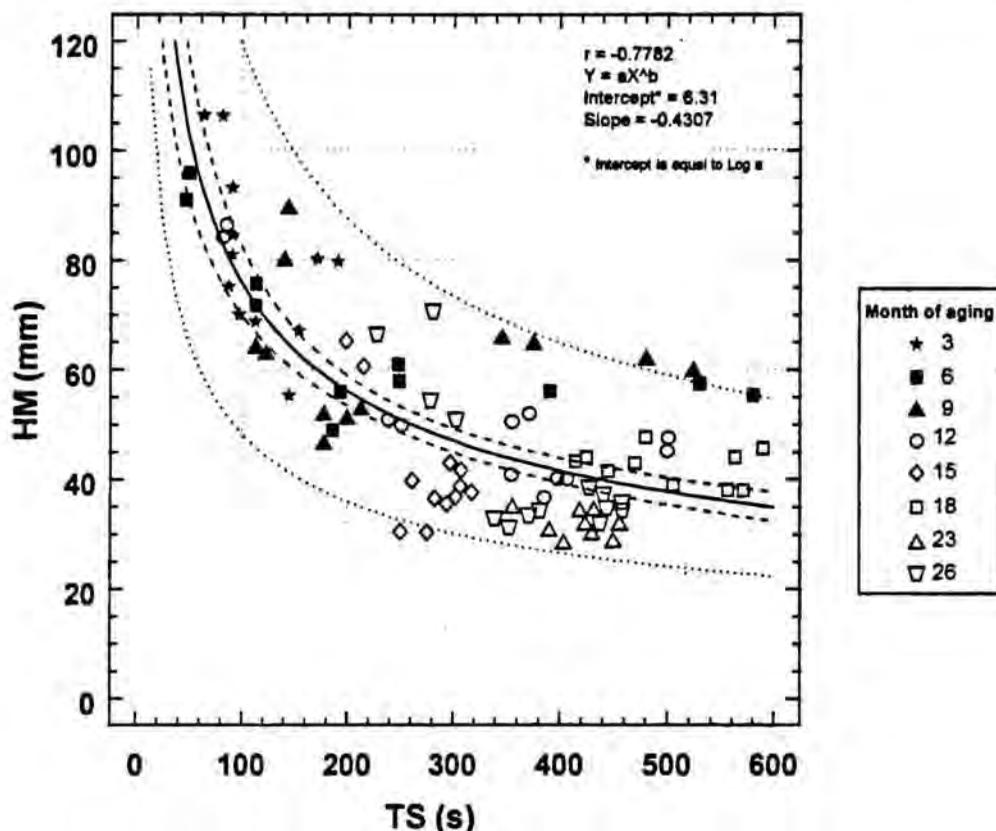


Figure 1. Inverse multiplicative relation ( $r = -0.7782$ ) between the foamability of sparkling wines (HM) and its stability time (TS) ( $n = 96$ ).

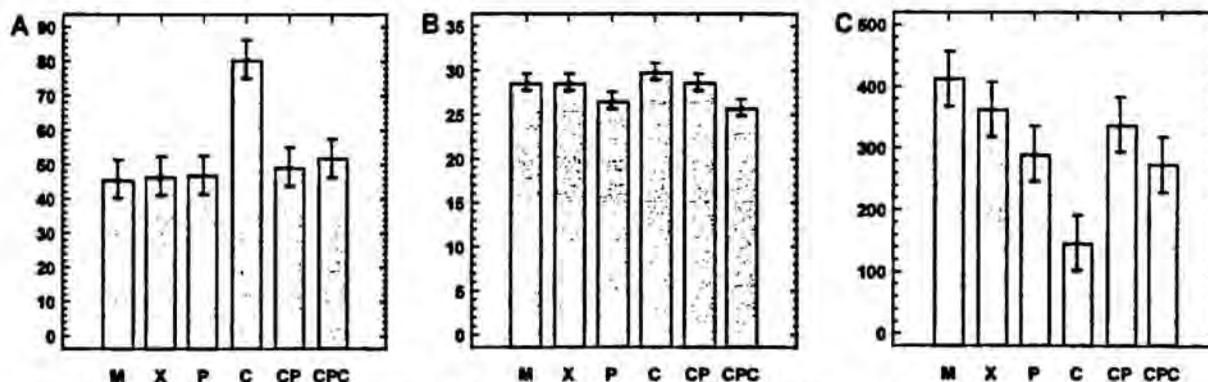


Figure 2. Mean values of HM (foamability, mm) (A), HS (permanence of the foam, mm) (B), and TS (stability time, s) (C) represented with their 95% confidence intervals for four varietal cavas, M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), and C (Chardonnay), two coupages, CP (M:X:P) (1:1:1), and coupage plus Chardonnay, CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1). Six kinds of sparkling wines were used,  $n = 16$ .

Mosalux procedure (Maujean et al., 1990), used by the industry, with the clean procedure described by Poinssaut (1991). A glass cylinder placed on a glass frit was filled with 100 mL of sparkling wine to be analyzed, previously filtered and degassed. Carbon dioxide was injected into the glass cylinder through the glass frit with a constant rate of gas flow

(7 L/h) under a constant pressure (100 kPa). Foam height, measured in millimeters, was measured by photoelectric cells (infrared beams).

Three parameters were measured: (1) HM (foam height), the maximum height reached by the foam after carbon dioxide injection through the glass frit, expressed in millimeters, which

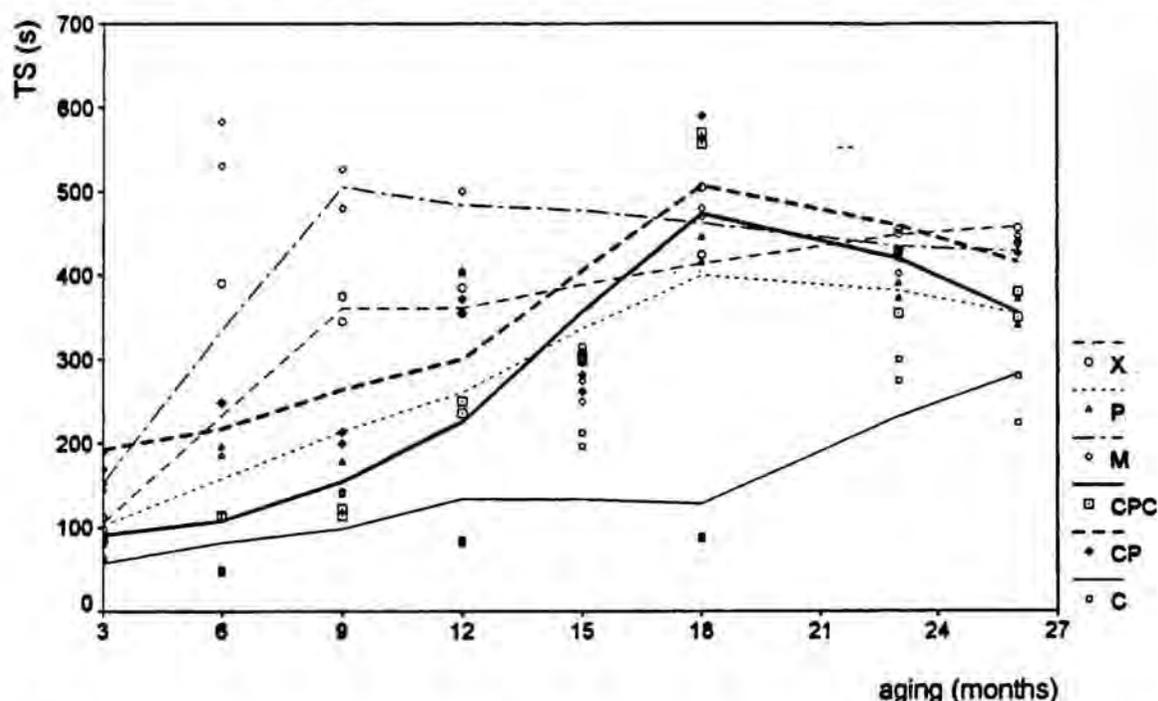


Figure 3. Evolution of TS (stability time) during aging within varietal and blending cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blending CP (M:X:P) (1:1:1), and blending plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).

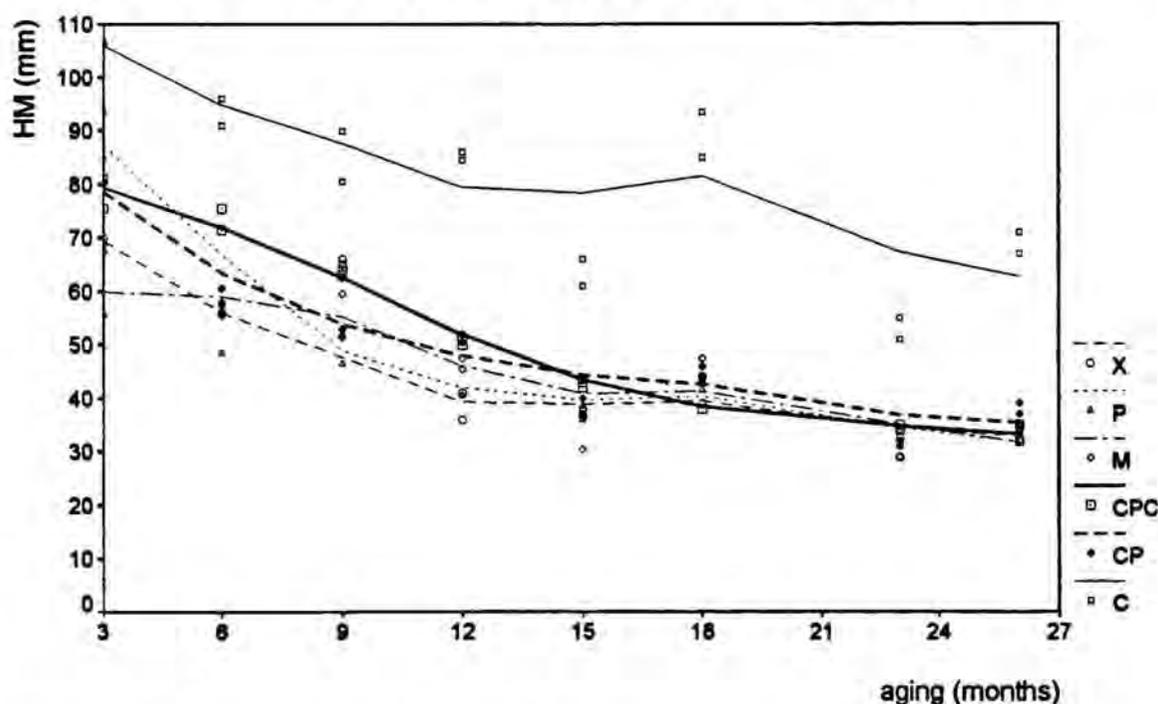


Figure 4. Evolution of HM (foamability) during the aging within varietal and blending cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blending CP (M:X:P) (1:1:1), and blending plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).

represents foamability; (2) HS, foam stability height during carbon dioxide injection, expressed in millimeters, which represents the persistence of the foam collar or the wine's ability to produce stable foam; (3) TS, foam stability time until all bubbles collapse, expressed in seconds, which represents the foam stability time once effervescence has decreased. The Mosalux parameters (HM, HS, and TS), which were determined in quadruplicate for each bottle, had an average of coefficients of variation of <8%.

**Statistical Analysis.** STATGRAPHICS 7.0 program was used to study the model that gave the best fit between the

variables HM, HS, and TS and also to carry out MANOVA, considering variety and time of aging as independent variables. The models considered were simple regression: [linear ( $y = a + bx$ ), multiplicative ( $y = ax^b$ ), exponential ( $y = e^{(a+bx)}$ ), and reciprocal ( $1/y = a + bx$ )]. To evaluate the interactions, SPSS 6.01 was used: interpolation type of calculation used was according to the lowess model. This produces the locally weighted regression scatter plot smoothing method (Cleveland, 1979). Lowess uses an iterative weighted least-squares method to fit a line to a set of points on a scatter plot. The percentage of data points to use for local weighted regression is 50%.

## RESULTS AND DISCUSSION

An inverse multiplicative relation ( $r = -0.7782$ ,  $p < 0.0001$ ) was found for the foaming slope obtained from HM and TS (Figure 1). From 3 to 9 months of aging with yeast, HM decreased considerably. However, after 9 months, there was only a slight decrease. Inversely, TS increased during aging, reaching the highest levels at 18 months. A positive relationship between HM and HS ( $p < 0.01$ ) was found when a multiplicative regression was carried out; however, its coefficient was lower than 0.5. This last result was reported by Andrés-Lacueva et al. (1996) when they studied the foam capacity of 44 base wines, although they did not establish a significant relation between HM and TS. However, Maujean et al. (1990) noted that the three foaming properties (HM, HS, and TS) are not correlated. The wineries prefer a sparkling wine with a visible, stable collar of foam, which could be associated with HS and TS, respectively, rather than a high foamability when the cava is poured into the glass, which may be associated with HM. The minimum time established by the cava regulation for aging with yeast is 9 months. In this study, optimum foaming properties were obtained only after 9 months (Figure 1).

The variety of grape selected to make cava is a decisive variable in the study of the foamability (HM). Chardonnay variety had the highest foamability ( $p < 0.0001$ ); even the blends elaborated with this variety maintained higher HM than blends without this variety ( $p < 0.001$ ). The three autochthonous varieties had the same HM, although blending them slightly improves this property due to a synergic effect (Figure 2A).

Despite its relation with HM, the Chardonnay variety had the highest HS, although Parelada sparkling wines and the blend with Chardonnay had significantly lower values of HS ( $p < 0.0001$ ) (Figure 2B).

Sparkling wines made from Chardonnay had the lowest TS ( $p < 0.0001$ ) followed by the blending with Chardonnay and Parelada ( $p < 0.0001$ ). In contrast, Macabeo and Xarel.lo cavas and blending with autochthonous varieties had the highest TS (Figure 2C).

Considering the interaction between variety and aging with yeast, TS values, in general, increased with it (Figure 3), as reported by Maujean et al. (1990). Moreover, there is a maximum at 18 months for Parelada, blending (CP), and blending plus Chardonnay (CPC). In Chardonnay cava alone, however, the increase in TS was observed only after 18 months. Macabeo sparkling wines reached the maximum value at 9 months.

The foamability, HM, decreased throughout aging, although an increase was observed at 18 months followed by a decrease from 21 months (Figure 4). The same evolution was observed at 15 months by Maujean et al. (1990), who correlated it with the autolysis of the yeast as described by Feuillat and Charpentier (1982). After about 2 years of aging, foaming properties of cava are unlikely to improve, as winemakers are already aware.

## CONCLUSIONS

HM and TS were inversely correlated; in contrast, HM and HS were directly related. Variety was decisive for the foam of sparkling wines. Chardonnay cavas had high foamability and the lowest stability time. Blending of different varietal wines improved the foaming properties with respect to each varietal wine separately, owing

to a synergic effect among components. Taking into account the aging in the bottle, TS increased during the aging with yeast and HM decreased throughout the aging. The study of chemical composition to identify the components of these sparkling wines responsible for the foaming properties is currently under investigation.

## ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to Freixenet SA, Segura Viudas SA, and Castellblanch SA wineries for their collaboration.

## LITERATURE CITED

- Andrés-Lacueva, C.; López-Tamames, E.; Lamuela-Raventós, R. M.; Buxaderas, S.; de la Torre-Boronat, M. C. Characteristics of sparkling base wines affecting foam behavior. *J. Agric. Food Chem.* 1996, 44, 989-995.
- Bidan, P.; Salgues, M. Biochemical and physiological characteristics of yeast used for foam formation in sparkling wine production. *Ind. Bevande* 1982, 58, 132-139.
- Brissonnet, F.; Maujean, A. Identification of some foam-active compounds in champagne base wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 1991, 42, 97-102.
- Brissonnet, F.; Maujean, A. Characterization of foaming proteins in a champagne base wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 1993, 44, 297-301.
- Cleveland, W. S. Robust locally weighted regression and smoothing scatter plots. *J. Am. Statistical Assoc.* 1979, 74, 829-836.
- Feuillat, M.; Charpentier, C. Autolysis of yeast in champagne. *Am. J. Enol. Vitic.* 1982, 33, 6-13.
- Machet, F.; Robillard, B.; Duteurtre, B. Application of image analysis to foam stability of sparkling wines. *Sci. Aliment.* 1993, 13, 73-87.
- Malvy, J.; Robillard, B.; Duteurtre, B. Influence des protéines sur le comportement de la mousse des vins de Champagne. *Sci. Aliment.* 1994, 14, 87-98.
- Marchal, R.; Sinet, C.; Maujean, A. Étude des gélatines oenologiques et du collage des vins de base champenois. *Bull. O.I.V.* 1993, 751-752, 691-725.
- Maujean, A.; Poinsaut, P.; Dantan, H.; Brissonnet, F.; Cossiez, E. Étude de la tenue et de la qualité de mousse des vins effervescents II. Mise au point d'une technique de mesure de la moussabilité, de la tenue et de la stabilité de la mousse des vins effervescents (1). *Bull. O.I.V.* 1990, 711-712, 405-426.
- Poinsaut, P. Le mosalux appareil de mesure du pouvoir moussant du vin. *Rev. Oenol.* 1991, 59, 36-43.
- Pueyo, E.; Martín-Álvarez, P. J.; Polo, C. Relationship between foam characteristics and chemical composition in wines and cavas (sparkling wines). *Am. J. Enol. Vitic.* 1995, 46, 518-524.
- Robillard, B.; Delpuech, E.; Viaux, L.; Malvy, J.; Vignes-Alder, M.; Duteurtre, B. Improvements of methods for sparkling base wine foam measurements and effect of wine filtration on foam behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* 1993, 44, 287-392.
- SPSS 6.0.1. SPSS Inc., 1989-1993.
- STATGRAPHICS 7.0. Statistical graphics systems. Magnugistics Inc., Rockville, MD, 1993.
- Viaux, L.; Morard, C.; Robillard, B.; Duteurtre, B. The impact of base wine filtration on champagne foam behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* 1994, 45, 407-409.

Received for review July 18, 1996. Revised manuscript received September 17, 1996. Accepted September 19, 1996.\* This study was made possible by financial assistance from the Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Project ALI94-0217-CO2-01 (Spain).

JF9605153

\* Abstract published in *Advance ACS Abstracts*, November 1, 1996.

## Influence of Variety and Aging on Foaming Properties of Cava (Sparkling Wine). 2

Cristina Andrés-Lacueva, Rosa M. Lamuela-Raventós,\* Susana Buxaderas, and M. del Carmen de la Torre-Boronat

Nutrició i Bromatologia, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Av. Joan XXIII s/n, 08028-Barcelona, Spain

The chemical and physical parameters of 96 samples made of six kinds of cava were analyzed to evaluate the effect of variety and aging in contact with yeast on the foam properties. They came from the same harvest, and they were made in industrial scale by the same winemaker. Variety and aging affect foaming properties. Chardonnay cavas gave the best foam, and they were higher in total and neutral polysaccharides, soluble proteins, total polyphenols, absorbance at 280, 365, and 420 nm, titratable acidity, alcoholic content, conductivity, and malic acid. Eighteen months of aging seems to be the best for foamability and stability time apparently due to the release of compounds such as proteins and polysaccharides by yeast autolysis. However, after 18 months there was a decrease in foamability accompanied by an increase in monomeric compounds. Fructose increase could be due to the hydrolysis of plant components depending on the enzymes release from yeast during autolysis.

**Keywords:** Sparkling wine; cava; foam; stability foam; variety; aging; autolysis

### INTRODUCTION

In complex mixtures such as wines or sparkling wines, foaming behavior results from interaction between the different foam active compounds or surfactants (Dussaud et al., 1994; Pueyo et al., 1995). This favors the possibility that synergistic effects may occur between foam active compounds, which could form part of more complex molecules, thus modifying their surface-active properties (Pueyo et al., 1995). According to Viaux et al. (1994), in wine there is a balance between constituents that act favoring or not the foam. Recently, Brissonnet and Maujean (1991) and Andrés-Lacueva et al. (1996a) reported that foaming is not only due to the presence or absence of certain compounds but also conditioned by the balance of a greater or lesser number of compounds of diverse chemical structures. Moreover, the chemical composition of each particular wine would be an additional factor which could have made results more difficult to interpret (Brissonnet and Maujean, 1993). Since foaming is affected by many variables, it should be checked with a large number of samples (Pueyo et al., 1995).

The foam results and chemical composition obtained in laboratory scale are different from those in industrial scale (Robillard et al., 1993; Viaux et al., 1994). A similar observation was made by Siebert et al. (1996a,b) when the stability or haze formation of beverages compared with model solutions was studied. Therefore, it is important to study the foam in wine production samples obtained in industrial scale. Robillard et al. (1993) performed foaming experiments with wine, model solutions, and aqueous alcoholic solutions without particles or macromolecules. They concluded that these samples had different foaming properties except for the Bikerman coefficient ( $\Sigma$ ) (Bikerman, 1938), which was not particle dependent when considered under steady

dynamic conditions. This is in contrast with foam formation and foam stability considered under *gravity drainage*, which are particle (colloids or surfactants) dependent.

The variety of grape, harvest, and winemaker affect wine composition, thus influencing foaming properties (Andrés-Lacueva et al., 1996a). In our study, since we aimed to evaluate the effect of white variety, the 96 samples of six kinds of cava analyzed came from the same harvest and they were made at the same winery, applying the same technology to avoid harvest and technology variables. In our previous paper (Andrés-Lacueva et al., 1996b), Chardonnay variety and blending of different varietal wines gave the cavas with the best foaming properties. Aging in the bottle with yeast increased the foam stability time (TS), although it decreased the foam height (HM), both determined with the Mosalux procedure (Maujean et al., 1990). We stress the importance of identifying the components of these cavas responsible for the foaming properties (Andrés-Lacueva et al., 1996b). The work described in this paper is focused on the chemical and physical parameters of the 96 samples previously described, relating them to the foaming properties.

### MATERIALS AND METHODS

**Samples.** Six kinds of cava were made in industrial scale. Three of them came from three white varietal wines from *Vitis vinifera* grapes from Penedès region: Macabeo (M), Xarel.lo (X), and Parellada (P), another from Chardonnay (C), and two *coupages*: one of them a mixture of the three varieties (CP) (1:1:1), and the other the three plus Chardonnay (CPC) (3:3:3:1). The second vinification took place in bottles in contact with yeast (*Saccharomyces bayanus*) to produce sparkling wines. Samples were taken eight times in duplicate during 26 months of aging (3, 6, 9, 12, 15, 18, 23, and 26 months), following a factorial design ( $6 \times 8 \times 2$ ), as described in Andrés-Lacueva et al. (1996b). The two bottles from each sampling time were analyzed separately.

**Analytical Methods.** All the experiments were performed in duplicate for each bottle except for the Mosalux parameters (HM, HS, and TS) which were analyzed in quadruplicate.

\* Author to whom correspondence should be addressed (telephone 34-3-4024508; fax 34-3-4021896; e-mail lamuela@farmacia.far.ub.es).

**Table 1.** 95% Confidence Intervals for the Means for Which Significant Differences Were Found for Chardonnay According to Varietal or Coupage Cavas ( $p < 0.0001$ ) ( $n = 16$ )

	Macabeo	Xarel.lo	Parellada	Chardonnay	CP <sup>a</sup>	CPC <sup>b</sup>
total polysaccharides (mg/L galactose)	237.13–244.66	239.84–247.37	239.61–247.14	268.47–276.00	246.60–254.13	251.53–259.06
neutral polysaccharides (mg/L galactose)	215.58–223.27	220.46–228.15	218.15–225.84	244.69–252.38	223.76–231.44	227.13–234.82
acid polysaccharides (mg/L galacturonic acid)	46.84–49.22	42.19–44.58	45.90–48.28	50.56–52.94	48.55–50.94	52.12–54.50
soluble proteins (mg/L)	4.80–5.31	5.33–5.84	5.26–5.78	6.92–7.43	5.30–5.81	5.34–5.86
total polyphenols (mg/L gallic acid)	146.1–150.0	145.1–149.0	143.5–147.5	166.8–170.7	148.2–152.1	147.7–151.7
absorbance 280 (nm × 1000)	482–495	459–472	472–491	614–627	490–503	491–504
absorbance 365 (nm × 1000)	67–70	57–60	59–61	72–74	65–68	61–64
absorbance 420 (nm × 1000)	71–72	79–81	81–82	106–107	79–81	81–82
titratable acidity (g/L tartaric acid)	4.27–4.34	4.09–4.15	4.14–4.21	4.38–4.45	4.12–4.19	4.15–4.21
alcoholic content (% v/v)	11.91–12.01	12.38–12.48	11.77–11.87	12.68–12.77	12.05–12.14	12.15–12.24
conductivity (mS/cm)	1.319–1.322	1.276–1.279	1.287–1.290	1.381–1.384	1.274–1.277	1.308–1.311
malic acid (g/L)	1.65–1.93	1.60–1.88	1.46–1.74	1.90–2.18	1.61–1.89	1.42–1.70
surface tension (mN/m)	49.7–49.9	49.4–49.6	50.0–50.2	48.8–49.0	49.5–49.7	49.6–49.8

<sup>a</sup> CP blend with Macabeo, Xarel.lo, and Parellada (1:1:1). <sup>b</sup> CPC, blend with Macabeo, Xarel.lo, Parellada, and Chardonnay (3:3:3:1).

**Measurement of Foaming Properties.** All foam measurements were carried out using the Mosalux procedure (Maujean et al., 1990). Three parameters were measured: (1) HM (foam height), the maximum height reached by the foam after carbon dioxide injection through the glass frit (7 L/h), expressed in millimeters, which could represent foamability; (2) HS, foam stability height during carbon dioxide injection, expressed in millimeters, which could represent the persistence of foam collar or the wine's ability to produce a stable collar; (3) TS, foam stability time until all bubbles collapse, expressed in seconds; this could represent the foam stability time, once effervescence has decreased.

**Conventional parameters** such as alcohol content, pH, titratable acidity (g of tartaric acid/L), volatile acidity (g of acetic acid/L), density (g/L, 20 °C), conductivity (mS/cm, 20 °C), and free and total SO<sub>2</sub> (mg/L) were measured according to OIV methods.

**Absorbance.** Absorbances at 280, 320, and 365 were determined in a 1 mm cell for total phenols, hydroxycinnamic acids, and flavonols and at 420 in a 10 mm cell for browning, with a diode array spectrophotometer (Betés-Saura et al., 1996; Somers and Ziemelis, 1995).

**Surface tension** ( $\sigma$ , mN/m) was determined at room temperature (22 ± 1 °C) with a Krüss GMBH K6 tensiometer (Weser, 1980). A platinum ring, horizontally suspended, is dipped into the liquid and immediately removed afterward. The force  $K_{max}$  (maximum of force, nM) necessary to pull the wetted circumference  $L_b$  (wetted length, m) of the ring through the liquid was measured. A correction factor,  $F$  (ratio between theoretical, 72 mN/m, and experimental surface tension of double-distilled water), was used.

$$\sigma = K_{max}/L_b F$$

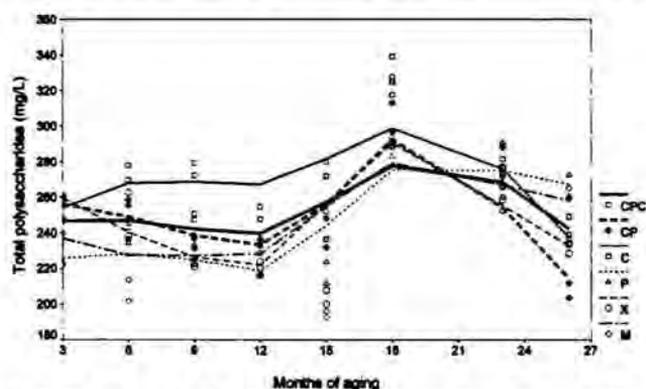
**Soluble Proteins.** According to the method of Bradford (1976), these were analyzed directly on the cavas.

**Total, Neutral, and Acid Polysaccharide Contents.** The phenol-sulfuric acid method of Segarra et al. (1995) was used.

**Organic Acids, Glucose, Fructose, and Glycerol.** Analysis was made according to the method of López-Tamames et al. (1996).

**Total Polyphenols.** The Folin-Cicalteu method was used (Singleton and Rossi, 1965).

**Statistical Analysis.** STATGRAPHICS 7.0 (Rockville, MD) program was used to carry out multiple analysis of variance, two-way (MANOVA), considering variety and time of aging as qualitative variables and the 30 analytical determinations as quantitative variables. To evaluate the interaction between variety and aging, Statistical Software Package version windows 6.0.1 (SPSS Inc., Chicago IL) was used: interpolation type of calculation used was according to the Lowess model. This produces the locally weighted regression scatter plot smoothing method (Cleveland, 1979). Lowess uses an interactive weighted least-squares method to fit a line to a set of points on a scatter plot. The percentage of data points to use for local weighted regression is 50%. This method was carried out to evaluate the interactions variety-aging consid-



**Figure 1.** Levels of total polysaccharides (mg/L of galactose) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).

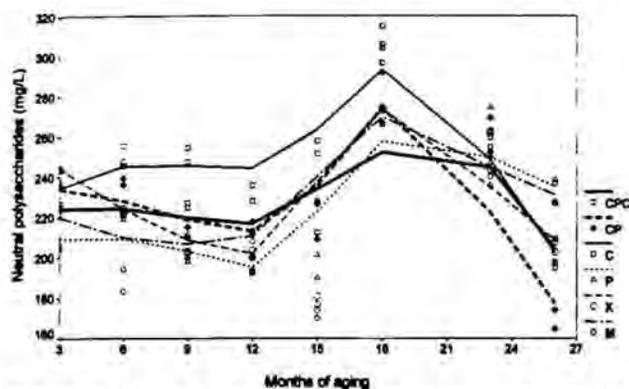
ering the foaming parameters HM, HS, and TS (Andrés-Lacueva et al., 1996b).

## RESULTS AND DISCUSSION

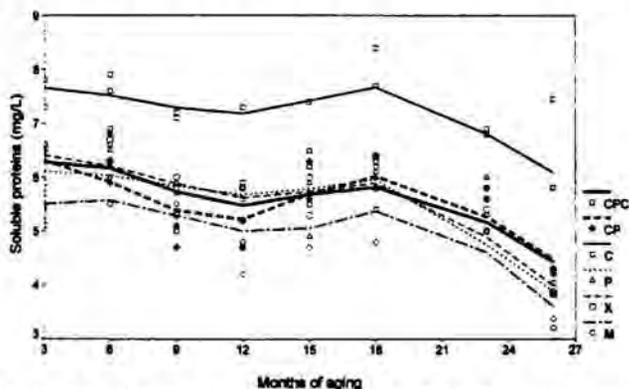
Variety and blending are decisive for the foaming properties (Andrés-Lacueva et al., 1996b). The Chardonnay variety (C) had the highest foamability; and the blends containing this variety (CPC) had higher HM values than blends without it (CP). The three autochthonous varieties (M, X, P) had the same HM, although blending them (CP) slightly improved this property due to a synergistic effect. Cavas made from Chardonnay had the lowest TS. Aging, in general, increased TS values until a maximum at 18 months was reached, except for Chardonnay cava, for which the increase in TS occurred later. HM decreased throughout aging, although an increase was observed at 18 months followed by a decrease after 21 months.

**Variety.** Chardonnay cava was significantly higher than the other cava ( $p < 0.0001$ ) in most analytical measurement: total and neutral polysaccharides, soluble proteins, total polyphenols, absorbance values at 280, 365, and 420 nm, titratable acidity, alcoholic content, conductivity, and malic acid, and they showed the lowest surface tension values. Blended cava (CP, CPC) were higher than autochthonous varieties (M, X, P) in total and acid polysaccharides, absorbance at 280 nm, and malic acid (Table 1).

Chardonnay cava had the greatest values of total polysaccharides and neutral polysaccharides until 24 months (Figures 1 and 2, respectively). The blends with Chardonnay also had higher levels of acid polysaccharides (Table 1). Polysaccharides or macromolecules are reportedly responsible for the foam behavior. According

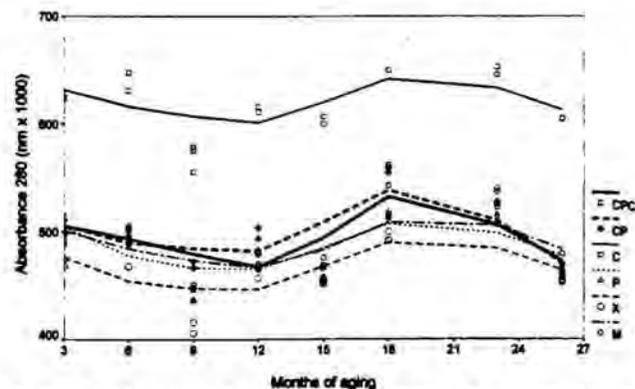


**Figure 2.** Levels of neutral polysaccharides (mg/L of galactose) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:1).



**Figure 3.** Levels of soluble proteins (mg/L of albumin) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:1).

to Pueyo et al. (1995), polysaccharides are directly correlated with foam stability in cavas. However, the literature gives several explanations: their influence on the viscosity of the bubble wall reduces the drainage of the liquid (Brissonnet and Maujean, 1991) or foaming may be due to their interactions with proteins (Marchal et al., 1996) and their surface properties and capacity to reorientate quickly at the liquid/gas interface in the bubble when the foam is formed (Robillard et al., 1993). With regard to the proteins, it is well-known that they affect the foamability (Maujean et al., 1990; Brissonnet and Maujean, 1991, 1993; Malvy et al., 1994; Robillard et al., 1993; Marchal et al., 1996). In this study, Chardonnay cavas showed the highest content of soluble proteins (Figure 3), determined by the Bradford method. However, their participation in the stabilization of the foam is controversial, since some authors have not observed any correlation (Maujean et al., 1990), others found a positive correlation (Pueyo et al., 1995), while Andrés-Lacueva et al. (1996a) observed an inverse correlation. The behavior of proteins in the foam depends on their hydrophobicity, solubility (dependent on the isoelectric point and the pH of the wine), and molecular weight (Brissonnet and Maujean, 1993; Marchal et al., 1996). Net charge of macromolecules depends on the pH (Vernhet et al., 1996). The isoelectric point of the wine proteins is between 3.5 and 4.5 according to Brissonnet and Maujean (1993) and between 4.6 and 5.0 according to Pueyo et al. (1993). At the wine pH, 2.9, its proteins would be positively charged and could migrate to the wall of the bubble,



**Figure 4.** Levels of the absorbance at 280 (nm  $\times$  1000) during the aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:1).

helping foam formation (Robillard et al., 1993). Since Chardonnay cavas had higher protein levels (Figure 3), these cavas would have more positively charged proteins, which may favor this phenomenon.

Chardonnay cavas were significantly higher ( $p < 0.0001$ ) in absorbance at 280 (Figure 4), 420, and 365 nm and in total polyphenol content (Table 1). *Coupages* (CP and CPC) also showed higher absorbance at 280 nm compared to the autochthonous monovarietal cavas. These results show the possibility that those parameters could be related to foam behavior. Marchal et al. (1993) reported the participation of the polyphenols in the foam. They can interact with proteins and polysaccharides (Marchal et al., 1996; Vernhet et al., 1996), mainly the low molecular weight polyphenols (Correa-Gorospe et al., 1991). According to Canals et al. (1996), the low molecular weight polyphenols participate in the hydration layer of the proteins.

Titrateable acidity, alcoholic content, conductivity, and malic acid were significantly greater in the Chardonnay cavas ( $p < 0.0001$ ) (Table 1). Chardonnay cavas had more titrateable acidity than the other wines (Table 1), and this has been positively correlated with foamability (HM) by Andrés-Lacueva et al. (1996a) for 44 base wines from the Penedès region. When the alcohol content is low, other surfactants can be more active and thus more easily adsorbed at the interface, stabilizing the foam formed (Robillard et al., 1993; Dussaud et al., 1994). The Chardonnay cavas had higher alcohol content (Table 1), which could explain their low foam stability. Higher alcohol content was reported to decrease foamability (Maujean et al., 1990); however, this effect could be counteracted by other compounds produced in the second fermentation.

Malic acid was higher in Chardonnay and blended cavas ( $p < 0.0001$ ) (Table 1), which have the highest values of foamability. It could indicate that malolactic fermentation is not recommended as a way to maximize HM in these cavas; the same fact was observed in base wines by Andrés-Lacueva et al. (1996a). However, these results were opposite to those obtained by Robillard et al. (1993) even though they considered the positive effect of the macromolecules that could be obtained from yeast or malolactic bacteria cell walls.

Surface tension, obviously, was lower in Chardonnay cavas (Table 1) because they had the highest alcohol content.

**Aging.** The increase in foamability and stability of foam at the 18 months of aging in the bottle with yeast

could be due to autolysis of the yeast. Maujean et al. (1990) observed an increase in TS at 15 months, which they correlated with yeast autolysis. Autolysis proceeds only if wine is aged for several months in contact with yeast. In these cavas, considerable changes were observed between 12 and 18 months. There was a significant maximum ( $p < 0.005$ ) of total and neutral polysaccharides, soluble proteins, absorbances at 280, 320, and 365 nm, total polyphenols, titratable acidity, conductivity, and succinic acid and a significant decrease after 15 months in acid polysaccharides. On the other hand, there was an increase after 18 months in glucose, fructose, galacturonic acid, glycerol, lactic acid, and absorbance at 420 nm (Table 2).

One of the two phases observed in macromolecule release (polysaccharides and especially mannoproteins) during yeast-less contact in white wine production occurs as a result of autolysis (Charpentier and Feuillat, 1992; Moreno-Arribas et al. 1996). The second production of macromolecules is by living cells, in proportion to the initial concentration of colloids in the medium (Guilloux-Benatier et al., 1995). Yeast is the basis of intracellular proteolytic activity (Feuillat and Charpentier, 1982), causing degradation of cytoplasmic constituents. Liberation of glucans from the cell wall occurred earlier than liberation of mannoproteins, and the loss of mannoproteins increased the porosity of the cell wall (Silva et al., 1990). According to Robillard et al. (1993), particles or colloids enhance foam properties, since they stabilize the gas/liquid interface. In our study there was a marked increase in neutral polysaccharides at 18 months (Figure 2), which, according to Charpentier et al. (1986), come from the yeast. This kind of polysaccharide forms the walls of the yeast and is comprised of mannose associated with low levels of glucose and proteins (Brillouet et al., 1989). The levels of monosaccharides, glucose and fructose, increased considerably after autolysis (Figures 5 and 6, respectively); the first one may be due to the hydrolytic activity on yeast polysaccharides (Feuillat, 1987). However, Saccharomyces has not been reported to make or store polymers of fructose. This data is most consistent with hydrolysis of plant components in a yeast-dependent manner (L. Bisson, personal communication). After 18 months, there was an increase in galacturonic acid (Figure 7) accompanied by a decrease in acid polysaccharides (Figure 8), which could be due to pectic hydrolysis associated with autolysis. Polysaccharides favor foamability (Brissonet and Maujean, 1991; Robillard et al., 1993), so the hydrolysis of pectins could participate in the reduction in HM observed after 18 months (Andrés-Lacueva et al., 1996b).

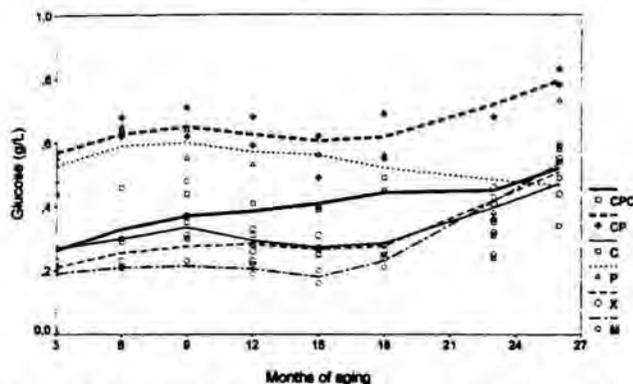
Leroy et al. (1990) observed that the proteolytic activity of the biomass over time increased only slightly after 18 months, and total nitrogen reached a small maximum between months 15 and 20. The same evolution curve was observed in these cavas, in which the soluble proteins had a maximum at 18 months (Figure 3). The resulting cell death is proportional to yeast autolysis (Guilloux-Benatier et al., 1995).

Proteins and polysaccharides are well-known foam-positive compounds. Therefore, this increase in foam properties at 18 months observed by Andrés-Lacueva et al. (1996b) could be associated with the increase in their levels.

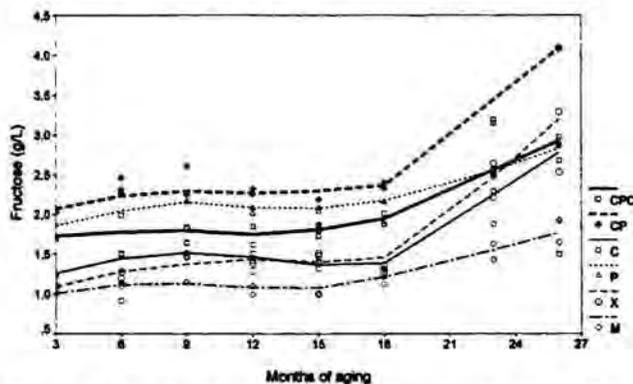
Table 2. 95% Confidence Intervals for the Means for Which Significant Differences Were Found between 12 and 18 Months of Aging According to Time of Aging ( $n = 12$ )

	3 months	6 months	9 months	12 months	15 months	18 months	23 months	26 months
titratable acidity (g tartaric acid/L)	4.23-4.31	4.25-4.33	4.17-4.25	4.17-4.24	4.20-4.28	4.26-4.34	4.15-4.22	4.07-4.15
conductivity (mS/cm)	1.300-1.304	1.300-1.304	1.283-1.297	1.396-1.400	1.272-1.276	1.325-1.329	1.264-1.280	1.295-1.299
glucose (g/L)	0.28-0.38	0.34-0.44	0.40-0.50	0.34-0.43	0.32-0.42	0.35-0.45	0.33-0.43	0.52-0.62
fructose (g/L)	1.29-1.66	1.48-1.81	1.63-2.00	1.47-1.84	1.43-1.80	1.50-1.87	2.19-2.56	2.43-2.80
galacturonic acid (g/L)	0.31-0.38	0.34-0.68	0.35-0.42	0.31-0.38	0.28-0.35	0.30-0.37	0.45-0.52	0.55-0.62
lactic acid (g/L)	0.06-0.16	0.08-1.77	0.09-0.19	0.11-0.21	0.20-0.30	0.37-0.47	0.62	0.71
succinic acid (g/L)	0.30-0.37	0.30-0.37	0.39-0.46	0.38-0.45	0.33-0.41	0.31-0.38	0.14-0.21	0.18-0.25
glycerol (g/L)	4.18-5.02	4.34-5.17	4.55-5.39	4.59-5.43	4.59-5.43	4.29-5.13	4.59-5.43	6.42-7.27
soluble proteins (mg/L albumin)	5.86-6.45	6.29-6.88	5.44-6.03	5.07-5.66	5.53-6.12	5.98-6.57	5.41-5.00	4.04-4.63
total polysaccharides (mg/L galactose)	242.08-250.77	240.62-249.31	235.76-244.46	224.64-233.34	225.12-233.81	300.16-308.86	267.53-276.22	237.01-245.70
neutral polysaccharides (mg/L galactose)	222.38-231.26	221.50-230.37	212.96-221.83	203.70-212.58	202.08-210.96	280.12-288.99	250.00-258.87	202.21-211.08
acid polysaccharides (mg/L galacturonic acid)	47.63-50.38	46.21-48.96	55.41-58.16	50.76-63.51	55.99-58.74	48.52-51.28	42.22-44.98	33.33-36.08
absorbance 280 (nm x 1000)	509-524	508-523	467-482	493-508	479-493	540-555	535-549	481-495
absorbance 320 (nm x 1000)	374-379	365-369	325-329	355-359	332-336	379-383	372-376	329-334
absorbance 365 (nm x 1000)	83-86	72.68-76	43-46	63-67	39-42	74-78	70-74	59-62
absorbance 420 (nm x 1000)	73-75	83-85	90-92	78-80	77-79	81-83	88-90	90-92
total polyphenols (mg/L gallic acid)	155.7-160.3	135.4-139.9	145.5-150.1	150.1-154.7	145.0-149.6	159.0-163.6	146.0-150.6	157.2-161.8

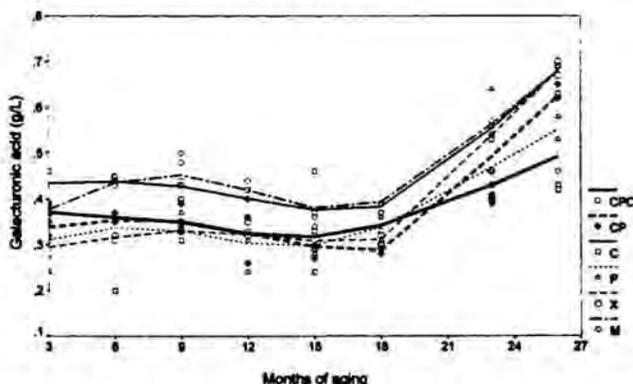
<sup>a</sup> CP blend with Macabeo, Xarel.lo, and Parellada (1:1:1). <sup>b</sup> CPC, blend with Macabeo, Xarel.lo, Parellada, and Chardonnay (3:3:3:1).



**Figure 5.** Levels of glucose (g/L) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).



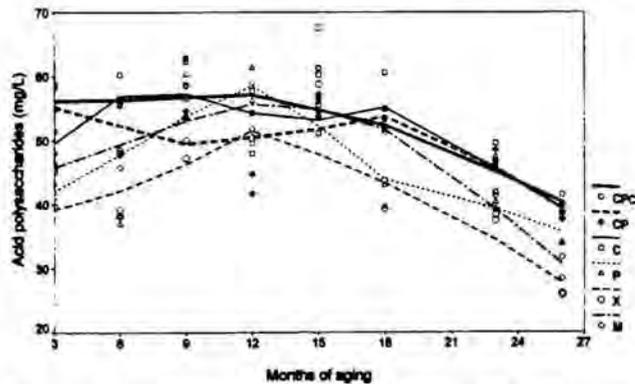
**Figure 6.** Levels of fructose (g/L) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).



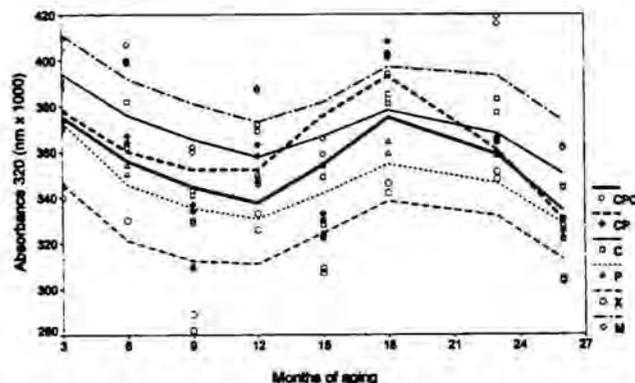
**Figure 7.** Levels of galacturonic acid (g/L) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).

Absorbance at 320 nm, mainly due to hydroxycinnamic esters, increased between 12 and 18 months (Figure 9). These compounds may be merely adsorbed by the yeast (Nagel and Wulf, 1979; Somers et al., 1987). For this reason, the maximum in 320 nm absorbance at 18 months (Figure 9) could be due to the release of this kind of polyphenol during the autolysis of the yeast cell walls. The same increase was also observed in absorbance at 280 nm (Figure 4) and, consequently, in total polyphenols owing to the adsorption phenomenon following the release from the yeast.

Yeast autolysis is a slow process which is a positive factor in the production of sparkling wine. Conse-



**Figure 8.** Levels of acid polysaccharides (mg/L of galacturonic acid) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).



**Figure 9.** Levels of absorbance at 320 (nm  $\times$  1000) during aging within varietal and blended cavas: M (Macabeo), X (Xarel.lo), P (Parellada), C (Chardonnay), blended CP (M:X:P) (1:1:1), and blended plus Chardonnay CPC (M:X:P:C) (3:3:3:1).

quently there is a relationship between autolysis and improvement in the quality of the wine (Leroy et al., 1990). Therefore, aging for 18 months would give cavas with the best quality foam.

## CONCLUSIONS

Variety and aging affect foaming properties of cavas. Chardonnay cavas gave the best foam, and they are higher in total and neutral polysaccharides, soluble proteins, total polyphenols, absorbance at 280, 420, and 365 nm, titratable acidity, alcoholic content, conductivity, and malic acid. Eighteen months of aging seems to be the best for foamability and stability time thanks to the release of compounds, probably coming from yeast autolysis, such as proteins and polysaccharides. However, after 18 months there is a decrease in foamability accompanied by an increase in monomeric compounds. Fructose increase could be due to the hydrolysis of plant components depending on the enzymes released from yeast during autolysis. The participation of proteins and polysaccharides in foam is described. However, the effect of those compounds that can interact with them should also be considered.

## ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to Freixenet SA, Segura Viudas SA, and Castellblanch SA wineries for their collaboration.

## LITERATURE CITED

Andrés-Lacueva, C.; López-Tamames, E.; Lamuela-Raventós, R. M.; Buxaderas, S.; de la Torre-Boronat, M. C. Charac-

- teristics of sparkling base wines affecting foam behavior. *J. Agric. Food Chem.* **1996a**, *44*, 989-995.
- Andrés-Lacueva, C.; Gallard, M.; López-Tamames, E.; Lamuela-Raventós, R. M. Influence of the variety and aging on foaming properties of sparkling wine (Cava). 1. *J. Agric. Food Chem.* **1996b**, *44*, 3826-3829.
- Betés-Saura, C.; Andrés-Lacueva, C.; Lamuela-Raventós, R. M. Phenolics in white free run juice and wines from Penedès by high-performance liquid chromatography: changes during vinification. *J. Agric. Food Chem.* **1996**, *44*, 3040-3046.
- Bikerman, C. W. The unit of foaminess. *Trans. Faraday Soc.* **1938**, *34*, 634-638.
- Bradford, M. A rapid and sensible method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* **1976**, *72*, 248-255.
- Brillouet, J. M.; Saulnier, L.; Moutounet, M. Structure des polysaccharides du raisin et de la levure et leur devenir dans le procédé de microfiltration tangentielle du vin. *Bull. O.I.V.* **1989**, *62*, 339-361.
- Brissonnet, F.; Maujean, A. Identification of some foam-active compounds in champagne base wines. *Am. J. Enol. Vitic.* **1991**, *42*, 97-102.
- Brissonnet, F.; Maujean, A. Characterization of foaming proteins in a champagne base wine. *Am. J. Enol. Vitic.* **1993**, *44*, 297-301.
- Canals, J. M.; Arola, L.; Zamora, F. Análisis de la fracción proteica de vinos base para cava mediante FPLC. XIV Congreso Internacional del Cava (1996).
- Charpentier, C.; Feuillat, M. Yeast autolysis. In *Wine Microbiology and Biotechnology*; Fleet, G. H., Ed.; Harwood Academic Publishers: Switzerland, 1992; pp 225-242.
- Charpentier, C.; Nguyen-Van-Long, T.; Bonaly, R.; Feuillat, M. Alteration of cell wall structure in *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus* during autolysis. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **1986**, *24*, 405-413.
- Cleveland, W. S. Robust locally weighted regression and smoothing scatter plots. *J. Am. Stat. Assoc.* **1979**, *74*, 829-836.
- Correa-Gorospa, I.; Polo, M. C.; Hernández, T. Characterization of the proteic and phenolic fraction in tartaric sediments from wines. *Food Chem.* **1991**, *41*, 135-136.
- Dussaud, A.; Robillard, B.; Carles, B.; Duteurtre, B.; Vignes-Adler, M. Exogenous lipids and ethanol influences on the foam behavior of sparkling base wines. *J. Food Sci.* **1994**, *59*, 148-151, 167.
- Feuillat, M. Evolution of colloids in base wines and sparkling wines produced by the champenois method. *Ind. Bevande* **1987**, *16*, 266-273.
- Feuillat, M.; Charpentier, C. Autolysis of yeast in champagne. *Am. J. Enol. Vitic.* **1982**, *33*, 6-13.
- Guilloux-Benatier, M.; Guerreau, J.; Feuillat, M. Influence of initial colloid content on yeast macromolecule production and on the metabolism of wine microorganisms. *Am. J. Enol. Vitic.* **1995**, *46*, 486-492.
- Leroy, M. J.; Charpentier, M.; Duteurtre, B.; Feuillat, M.; Charpentier, C. Yeast autolysis during champagne aging. *Am. J. Enol. Vitic.* **1990**, *41*, 21-28.
- López-Tamames, E.; Puig-Deu, M.; Teixeira, E.; Buxaderas, S. Organic Acids, Sugars and Glycerol content in white wine-making products by HPLC: Relation with climate and Varietal factors. *Am. J. Enol. Vitic.* **1996**, *47*, 193-198.
- Malvy, J.; Robillard, B.; Duteurtre, B. Influence des protéines sur le comportement de la mousse des vins de Champagne. *Sci. Aliment.* **1994**, *14*, 87-98.
- Marchal, R.; Sinet, C.; Maujean, A. Étude des gélamines oenologiques et du collage des vins de base champenois. *Bull. O.I.V.* **1993**, *751-752*, 691-725.
- Marchal, R.; Bouquelet, S.; Maujean, A. Purification and partial biochemical characterization of glycoproteins in a champenois chardonnay wine. *J. Agric. Food Chem.* **1996**, *44*, 1716-1722.
- Maujean, A.; Poinssaut, P.; Dantan, H.; Brissonnet, F.; Cossiez, E. Étude de la tenue et de la qualité de mousse des vins effervescents II. Mise au point d'une technique de mesure de la moussabilité, de la tenue et de la stabilité de la mousse des vins effervescents (1). *Bull. O.I.V.* **1990**, *711-712*, 405-426.
- Moreno-Arribas, V.; Pueyo, E.; Polo, M. C. Peptides in must and wines. Changes during the manufacture of cava (sparkling wines). *J. Agric. Food Chem.* **1996**, *44*, 3783-3788.
- Nagel, C. W.; Wulf, L. W. Changes in the anthocyanins, flavonoids and hydroxycinnamic acid esters during fermentation and aging of merlot and cabernet sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* **1979**, *30*, 111-116.
- Office International de la Vigne et du Vin O.I.V. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. Paris, 1990.
- Pueyo, E.; Dizi, M.; Polo, C. Varietal differentiation of must and wines by means of protein fraction. *Am. J. Enol. Vitic.* **1993**, *44*, 255-260.
- Pueyo, E.; Martín-Álvarez, P. J.; Polo, C. Relationship between foam characteristics and chemical composition in wines and cava (sparkling wines). *Am. J. Enol. Vitic.* **1995**, *46*, 518-524.
- Robillard, B.; Delpuech, E.; Viaux, L.; Malvy, J.; Vignes-Alder, M.; Duteurtre, B. Improvements of methods for sparkling base wine foam measurements and effect of wine filtration on foam behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* **1993**, *44*, 287-392.
- Segarra, I.; Lao, C.; Lopez-Tamames, E.; Torre-Boronat de la, M. C. Spectrophotometric methods for the analysis of polysaccharide levels in winemaking products. *Am. J. Enol. Vitic.* **1995**, *46*, 564-570.
- Siebert, K. J.; Carrasco, A.; Lynn, P. Y. Formation of protein-polyphenol haze in beverages. *J. Agric. Food Chem.* **1996a**, *44*, 1997-2005.
- Siebert, K. J.; Troukhanova, N. V.; Lynn, P. Y. Nature of polyphenol-protein interactions. *J. Agric. Food Chem.* **1996b**, *44*, 80-85.
- Silva, A.; Fumi, M. D.; Trioli, G.; Petegolli, D.; Ragg, E. Changes in yeast glycoproteins and phosphorylated compounds during in bottle ageing of sparkling wines. *Ind. Bevande* **1990**, *19*, 380-387.
- Singleton, V. L.; Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* **1965**, *16*, 144-158.
- Somers, T. C.; Ziemels, G. Spectral evaluation of total phenolic components in *Vitis vinifera*: grapes and wine. *J. Sci. Food Agric.* **1985**, *36*, 1275-1284.
- Somers, T. C.; Vérette, E.; Pocock, K. F. Hydroxycinnamate esters of *Vitis vinifera*: changes during white vinification, and effects of exogenous enzymic hydrolysis. *J. Sci. Food Agric.* **1987**, *40*, 67-78.
- STATGRAPHICS 7.0. Statistical graphics systems. Magnustics Inc., Rockville, MD, 1993.
- Statistical Software Package version windows 6.0.1 (SPSS Inc., Chicago, IL), 1989-1993.
- Vernhet, A.; Pellerin, P.; Prieur, C.; Osmianski, J.; Moutounet, M. Charge properties of some grape and wine polysaccharide and polyphenolic fractions. *Am. J. Enol. Vitic.* **1996**, *47*, 25-30.
- Viaux, L.; Morard, C.; Robillard, B.; Duteurtre, B. The impact of base wine filtration on champagne foam behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* **1994**, *45*, 407-409.
- Weser, C. Measurement of interfacial tension and surface tension-General review for practical man. *GIT Fachzeitschrift für das Laboratorium* **1980**, *24*, 642-648, 734-742.

Received for review December 2, 1996. Accepted April 7, 1997.\* This study was made possible by the financial assistance from the Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, project ALI94-0217-CO2-01 (Spain).

JF960905P

\* Abstract published in *Advance ACS Abstracts*, June 15, 1997.

## CORRECTIONS

INFLUENCE OF VARIETY AND AGING ON FOAMING PROPERTIES OF CAVA (SPARKLING WINE). 2, by Cristina Andrés-Lacueva, Rosa M. Lamuela-Raventós,\* Susana Buxaderas, and M. del Carmen de la Torre-Boronat. *J. Agric. Food Chem.* 1997, 45, 2520.

Some of the values given in Table 2 for lactic acid and soluble proteins were incorrect. The correct values for lactic acid are as follows: 3 months, 0.06-0.16 g/L; 6 months, 0.08-0.18 g/L; 9 months, 0.09-0.19 g/L; 12 months, 0.09-0.19 g/L; 15 months, 0.11-0.21 g/L; 18 months, 0.20-0.30 g/L; 23 months, 0.37-0.47 g/L; 26 months, 0.62-0.71 g/L. The correct values for soluble proteins are as follows: 3 months, 5.86-6.45 mg/L albumin; 6 months, 6.29-6.88 mg/L albumin; 9 months, 5.44-6.03 mg/L albumin, 12 months, 5.07-5.66 mg/L albumin; 15 months, 5.53-6.12 mg/L albumin; 18 months, 5.98-6.57 mg/L albumin; 23 months, 5.41-6.00 mg/L albumin; 26 months, 4.04-4.63 mg/L albumin.

JF980243Z

S0021-8561(98)00243-X

Published on Web 03/28/1998

INSECTICIDAL AND GENOTOXIC ACTIVITIES OF OREGANO ESSENTIAL OILS, by Ioannis Karpouthis, Evagelia Pardali, Efi Feggou, Stella Kokkini, Zacharias G. Scouras, and Penelope Mavragani-Tsipidou\*. *J. Agric. Food Chem.* 1998, 46, 1111-1115.

The genetic constitution of the flare strain (under Materials and Methods, Genetic System) should read  $y w^{co}/y w^{co}$ .

JF9801670

S0021-8561(98)00167-8

Published on Web 03/07/1998

### 3.3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS CAVAS ELABORADOS EN LA VENDIMIA DE 1994

Una vez efectuado el estudio de envejecimiento con los vinos espumosos varietales y sus mezclas durante la vendimia de 1993, nos planteamos repetir la experiencia para corroborar las conclusiones extraídas. De esta manera, a continuación expondremos los resultados fruto de este segundo muestreo.

Los vinos espumosos estudiados proceden todos ellos de una misma bodega, por tanto, han estado sometidos al mismo procedimiento tecnológico, además todos provienen de la misma vendimia. Para poder orientarnos sobre el tipo de influencia de las variables cualitativas:

- **VARIEDAD** (Macabeo, Xarel.lo, Parellada, Chardonnay) y dos mezclas una elaborada a partir de las 3 variedades autóctonas del Penedès: Macabeo, Xarel.lo y Parellada (CP) en proporción (1:1:1) y una segunda mezcla manteniendo la igualdad de proporción de cada una de estas tres variedades pero añadiendo un 10% de Chardonnay (CPC), resultando una proporción final de 3:3:3:1.
- **TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO** : Tomando muestra por lo general cada 3 meses o en un sólo caso, a los 5 meses. De esta manera obtenemos vinos espumosos a los: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 23 y 26 meses.

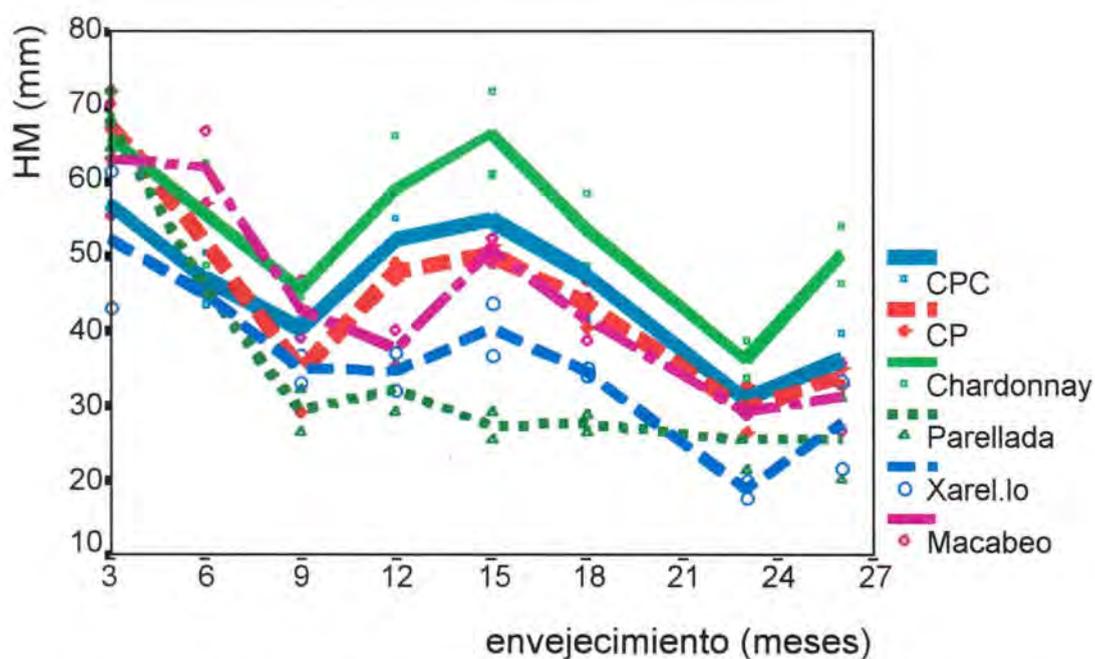
El muestreo se efectúa tomando 2 botellas de cada tipo de vino, para considerar las variaciones que pudieran existir debido a este hecho.

De esta manera desarrollaremos la discusión, analizando la influencia de la variedad (considerando los cavas monovarietales y coupages), el envejecimiento y posteriormente las posibles interacciones variedad/envejecimiento para cada

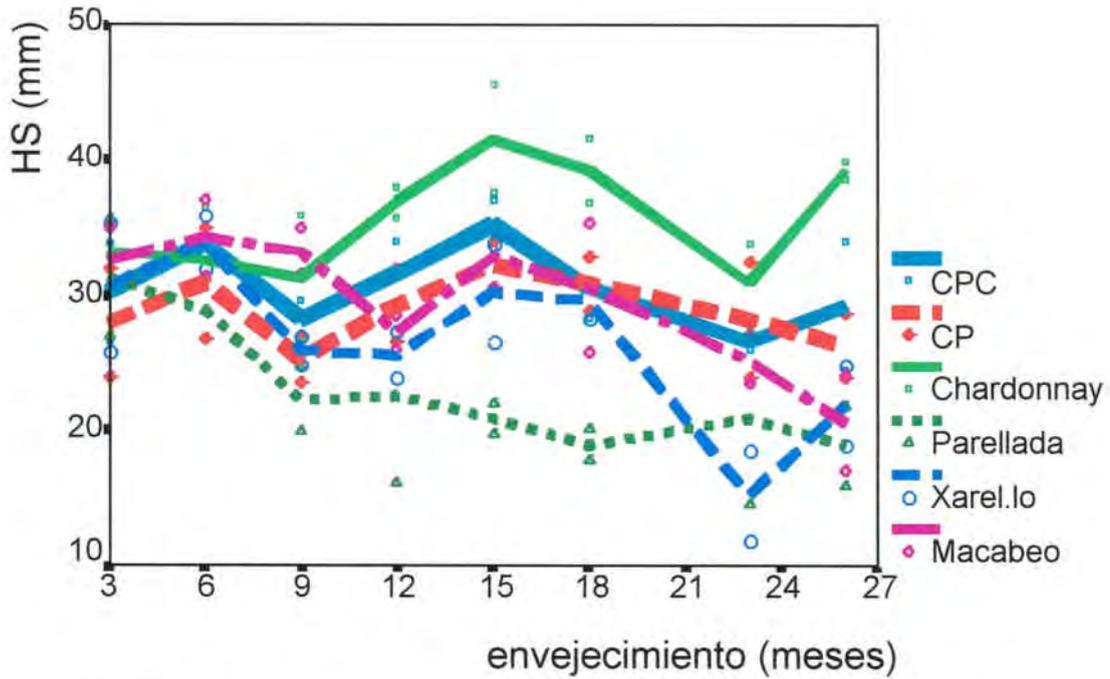
determinación analítica considerada, efectuando un análisis multivariante de la variancia (MANOVA).

## 1. PROPIEDADES ESPUMANTES

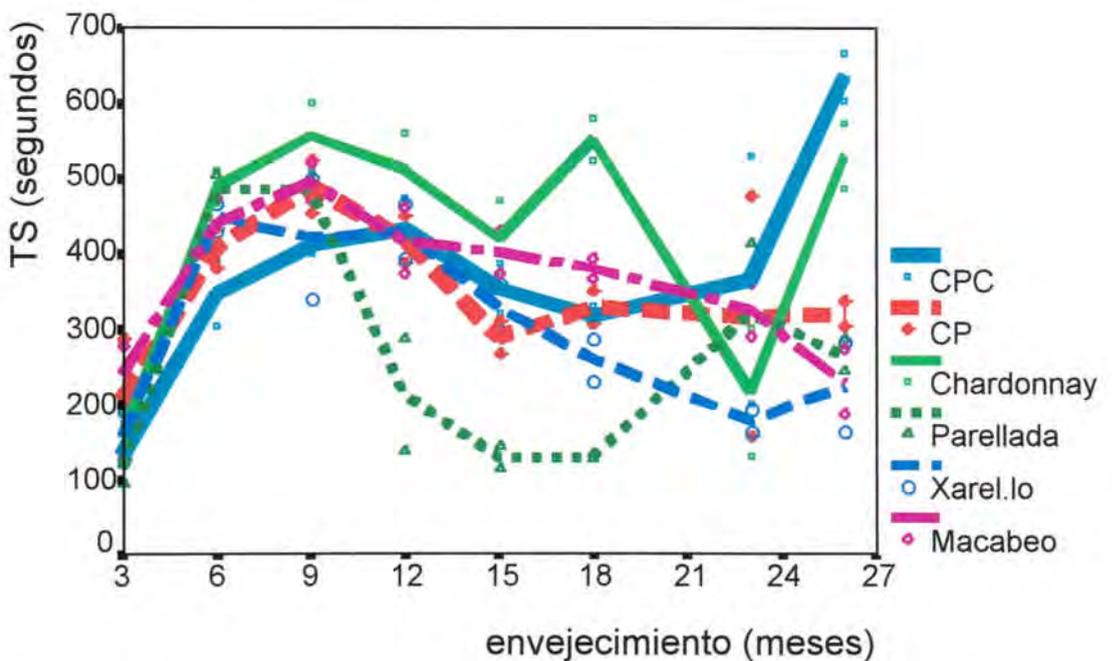
La variedad chardonnay es la que presenta los valores superiores en espumabilidad (HM), seguida por el coupage CPC. Respecto al envejecimiento se observa un marcado incremento a los 15 meses de envejecimiento (figura 3.3.3.1.) y para la permanencia de la corona (HS) se observa un comportamiento similar (figura 3.3.3.2).



**Figura 3.3.3.1.** Evolución de la espumabilidad (HM) a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino.



**Figura 3.3.3.2.** Evolución de la permanencia de la corona (HS) a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino.



**Figura 3.3.3.3.** Evolución de la permanencia de la corona (HS) a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino.

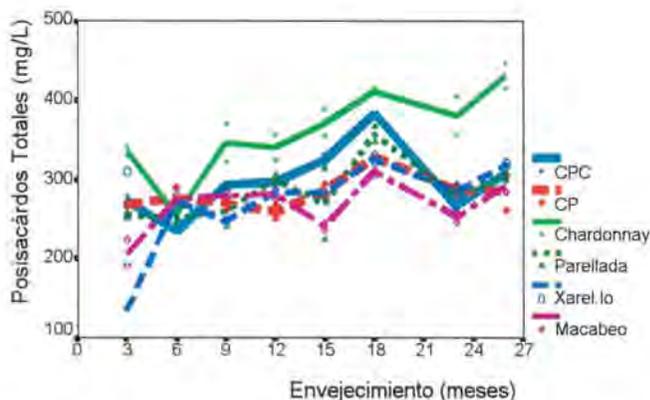
## 2. POLISACÁRIDOS TOTALES

### •Influencia de la variedad

Cavas monovarietales: considerando los cavas elaborados a partir de una sola variedad se observa que los espumosos de la variedad Chardonnay son los que presentan el contenido estadísticamente significativo más elevado de polisacáridos totales ( $350,38 \pm 369,91$ ) y contrariamente los espumosos Macabeo son los de más bajo contenido ( $259,08 \pm 278,60$ ). Estos valores son expresados en intervalos de confianza del 95 %.

Entre las variedades Xarel.lo y Parellada no se observan diferencias estadísticamente significativas.

Coupage: considerando las mezclas (CP y CPC) observamos que no hay diferencias significativas, pero se observa que la mezcla elaborada con la variedad Chardonnay presenta una concentración de polisacáridos totales ( $284,35 \pm 303,87$ ) ligeramente superior a la mezcla sin esta variedad francesa ( $273,73 \pm 293,25$ ). Este hecho corroboraría que la variedad Chardonnay es más rica en polisacáridos totales y esta calidad se mantiene también cuando forma parte de un coupage. (Figura 3.3.3.4.)



**Figura 3.3.3.4.** Evolución de los polisacáridos totales a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino.

### •Influencia del envejecimiento

Considerando el tiempo que el vino espumoso ha estado en contacto con las lías de fermentación se observa un máximo significativo en el mes 18 ( $p < 0,0001$ ). Este aumento puede estar relacionado con el fenómeno de la autólisis que consiste en la degradación de la pared celular de las levaduras comportando una liberación de los polisacáridos que forman parte de las membranas (Charpentier y Feuillat, 1992; Moreno-Arribas *et al.*, 1996; Andrés-Lacueva, 1997)(figura 3.3.3.4.)

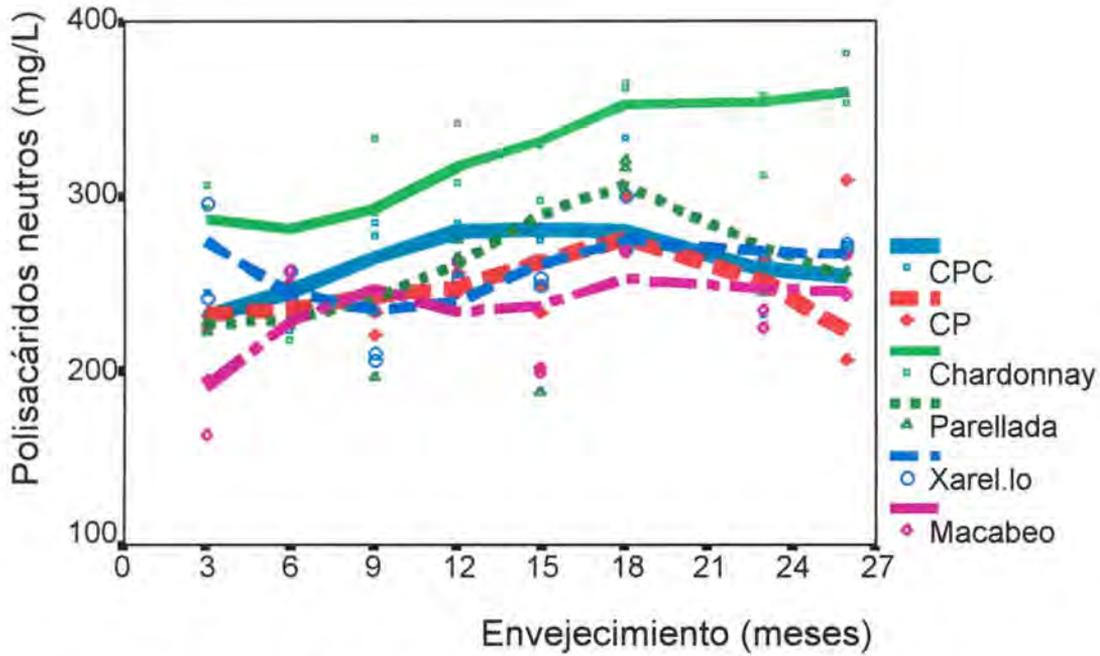
### •Interacciones variedad/envejecimiento

Considerando los diferentes tipos de espumoso por separado, también se puede observar este aumento en polisacáridos totales alrededor del mes 18. Este aumento no se produce con la misma intensidad en todos los tipos de cava. Es muy significativo en los cavas de la variedad Macabeo que eran los que presentaban los niveles de polisacáridos totales más bajos. Contrariamente, en los cavas Chardonnay, donde ya eran superiores no se observa tan claramente.

## 3. POLISACÁRIDOS NEUTROS

### •Influencia de la variedad

Cavas monovarietales: al igual que en los polisacáridos totales, el cava monovarietal que destaca por la alta concentración de polisacáridos neutros es el elaborado a partir de la variedad Chardonnay ( $p < 0,0001$ ) con un intervalo de confianza del 95 % de (307,91÷328,97), el de más baja concentración es el elaborado con la variedad Macabeo (224,69÷245,75). Esta coincidencia entre los polisacáridos totales y los neutros nos parece lógica, ya que recordamos que la mayor parte de los polisacáridos presentes en estos vinos son de carácter neutro(figura 3.3.3.5)



**Figura 3.3.3.5.** Evolución de los polisacáridos neutros a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino.

Coupage: comparando los dos coupages se observa que la mezcla CPC presenta unos niveles de concentración en polisacáridos neutros más elevados que la CP, pero estadísticamente esta diferencia entre los dos Coupages no es significativa. (Figura 3.3.3.5).

### •Influencia del envejecimiento

Observamos que los polisacáridos neutros consiguen el nivel más alto a los 18 meses, aunque en el mes 12 también observamos un pequeño incremento de polisacáridos neutros. Este incremento a los 18 meses también coincide con el incremento en polisacáridos totales. El incremento en polisacáridos neutros durante la segunda fermentación y en contacto con las lías según Charpentier y Feuillat (1986) podría provenir de las levaduras coincidiendo con la autólisis. Este tipo de polisacáridos forman parte de las membranas de la levadura y están formados de manosa asociada con glucosa en baja proporción y proteínas (Brillouet *et al.*, 1989). Después del mes 18, estos polisacáridos disminuyen coincidiendo, con un aumento

de azúcares reductores (glucosa). Este hecho podría tener su explicación en la liberación de enzimas correspondientes a la autólisis. Estas enzimas podrían tener actividad hidrolítica que implicaría la liberación y aumento de azúcares reductores. No obstante, no se puede dar la razón al posterior aumento de polisacáridos neutros, alrededor de los 26 meses; a no ser, que el aumento de monosacáridos suponga con el tiempo una polimerización parcial de los mismos.

#### •Interacciones variedad/envejecimiento

Entre los diferentes tipos de espumoso observamos que este aumento en el 18 mes es más acusado en la variedad Macabeo que en la Chardonnay (figura 3.3.3.5).

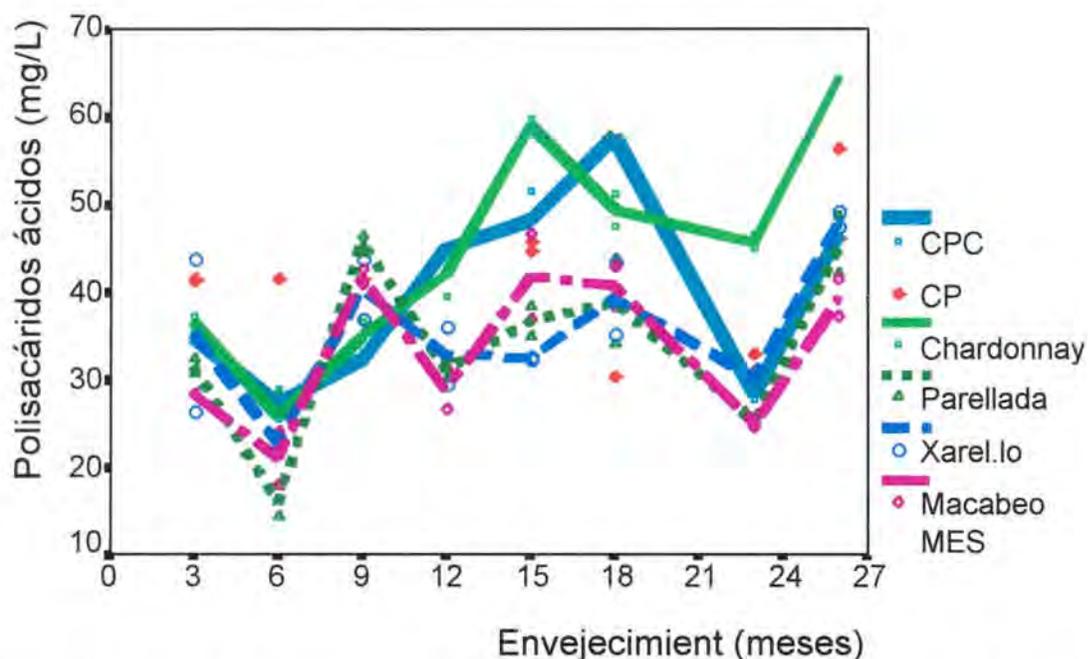
#### •Interacciones variedad/envejecimiento

Entre los diferentes tipos de espumoso observamos que este aumento en el mes 18 es más acusado en la variedad Macabeo que en la Chardonnay

### 4. POLISACÁRIDOS ÁCIDOS

#### •Influencia de la variedad

Cavas monovarietales: los cavas de la variedad Chardonnay presentan unos niveles significativamente superiores (42,64+47,00) respecto a los otros cavas monovarietales. Entre las tres variedades autóctonas (M, X, P) no se observan diferencias significativas. (Figura 3.3.3.6).



**Figura 3.3.3.6.** Evolución de los polisacáridos ácidos a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino.

Coupage: estadísticamente entre los dos coupages (CP y CPC) no hay diferencias significativas, pero es de destacar que comparando los cavas monovarietales a partir de las variedades autóctonas (M, X y P) con los coupages, estos últimos presentan niveles más elevados en polisacáridos ácidos (figura 3.3.3.6.).

#### •Influencia del envejecimiento

Observamos un ligero aumento entre los 15 y los 18 meses de envejecimiento con una reducción a los 23 meses.

#### •Interacciones variedad/envejecimiento

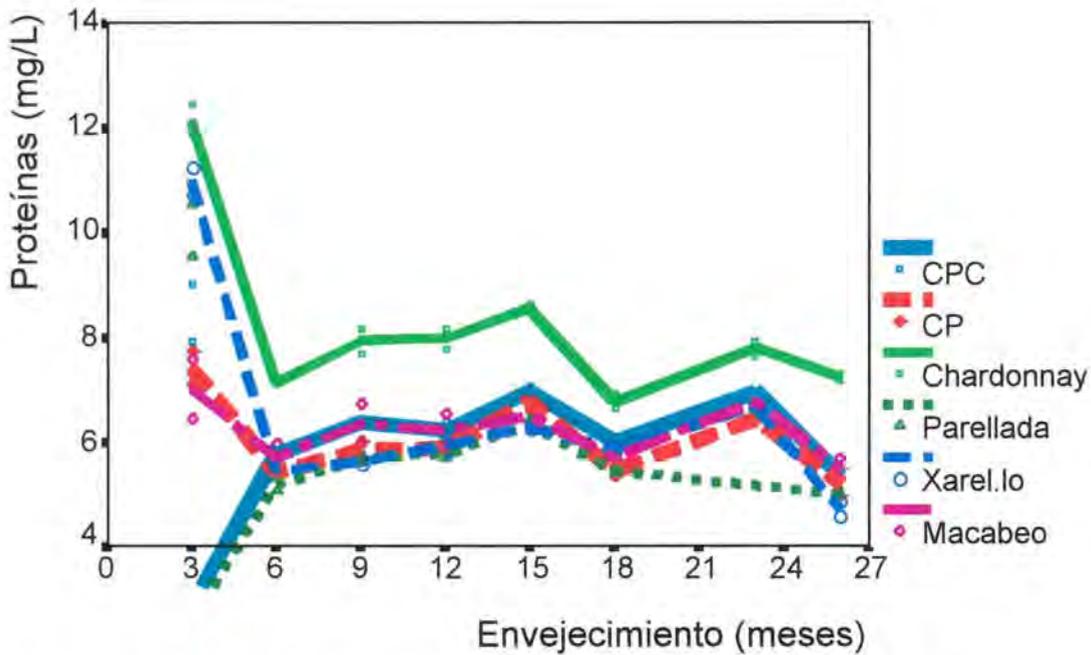
Entre variedades se observa que el cava Chardonnay aumenta entre el 12 y el 15 mes, la variedad Macabeo y los dos coupages aumentan entre los 15 y los 18 meses, y las variedades Xarel.lo y Parellada tienen un crecimiento a los 18 meses. A partir de los 18 meses de envejecimiento observamos que hay una disminución de

polisacáridos ácidos en todas las variedades analizadas y un posterior aumento después de los dos años de envejecimiento. (Figura 3.3.3.6.). Este comportamiento de los polisacáridos ácidos es similar a los polisacáridos neutros, pero no se puede justificar en relación a la evolución de su componente más característica, el ácido galacturónico; este ácido presenta un aumento a los 15 meses y una disminución a los 18 meses que se mantiene constante hasta los 26 meses.

## 5. PROTEÍNAS SOLUBLES

### •Influencia de la variedad

Cavas monovarietales: observamos que entre las variedades Macabeo, Xarel.lo, Parellada y Chardonnay, la que presenta unos niveles superiores en proteínas solubles es la Chardonnay con un intervalo de confianza del 95 % (8,05÷8,34). Este hecho ya fue observado por Andrés-Lacueva *et al.* (1997) en cavas de la vendimia del año 1993. Entre las tres variedades autóctonas se hace necesario destacar la Xarel.lo con un intervalo de confianza del 95 % (6,30÷6,60), respecto la Macabeo (6,08÷6,37) y la Parellada (6,11÷6,40). Pueyo *et al.* (1995) y Andrés-Lacueva *et al.* (1996) ya observaron que la variedad Xarel.lo era la más rica en proteínas solubles respecto a las otras dos variedades autóctonas: Macabeo y Parellada. (Figura 3.3.3.7.)



**Figura 3.3.3.7.** Evolución de las proteínas solubles a lo largo del envejecimiento de según el tipo de vino

Coupages: observamos que el coupage con Chardonnay presenta unos valores estadísticamente significativos más elevados ( $6,38 \pm 6,67$ ) que el coupage sólo con las tres variedades autóctonas (CP) ( $5,91 \pm 6,20$ ). Este hecho nos pone en evidencia que la variedad Chardonnay aunque está presente en baja cantidad en la mezcla la enriquece en proteínas solubles (figura 3.3.3.7).

Algunos enólogos consideran que la variedad blanca Chardonnay es más apropiada para elaborar cava que las autóctonas del Penedès (Macabeo, Xarel.lo y Parellada). Esta consideración podría atribuirse a que esta variedad presenta mayor contenido en polisacáridos y proteínas y estos coloides, al mismo tiempo, se sabe que están relacionados con las propiedades espumosas del vino.

### •Influencia del envejecimiento

Considerando el envejecimiento el hecho más destacado es la disminución en contenido que se observa a partir de los tres meses. En los meses más avanzados observamos un máximo en el mes 15 y 23 (figura 3.3.3.7.). Es posible que la bentonita añadida con el licor de tiraje, una vez finalizada la fermentación,

ayude a sedimentar las levaduras muertas y proteínas, dado que este agente clarificante tiene gran afinidad para unirse y precipitar las. La actividad proteolítica intracelular de las levaduras es la causa de la degradación de la pared celular (manoproteínas) y de los constituyentes citoplasmáticos, hecho que podría ser asociado con la autólisis (Feuillat y Charpentier, 1982).

### •Interacciones variedad/envejecimiento

Entre variedades observamos un aumento entre los 12 y los 15 meses (figura 3.3.3.7.). Este aumento según Cordonnier *et al.* (1996) se debe a la liberación de las proteínas de la levadura y de varias proteasas y péptidos de las células. Después en los cavas estudiados, los niveles de proteínas solubles disminuyen. Esto puede justificarse por el aumento de la actividad proteolítica que mencionan algunos autores. Leroy *et al.* (1990) observaron que la actividad proteolítica del medio, con el tiempo de envejecimiento en contacto con las lías, sólo incrementaba suavemente después de 18 meses, y que el contenido en nitrógeno total consigue un pequeño máximo entre los 15 y los 20 meses.

El tiempo de envejecimiento necesario para observar cualquier modificación química depende de la capacidad autolítica de las levaduras muertas (Guilloux-Benatier *et al.*, 1995). Por tanto, no es de extrañar que los aumentos y disminuciones en los niveles de proteínas no coinciden exactamente entre diferentes autores.

## 6. PARÁMETROS GENERALES

### •Influencia de la variedad

Los cavas elaborados a partir de la variedad Chardonnay son los que presentan un contenido superior en dióxido de azufre libre y grado alcohólico e inferior en acidez total y acidez volátil estadísticamente significativo respecto a los otros tipos de espumoso ( $p < 0,0001$ ). Ya que el acetadehído es el principal responsable de la acidez volátil de un vino, que se mantiene unido al dióxido de azufre; si su nivel es bajo quedará más dióxido de azufre libre.

Respecto al grado alcohólico, Andrés-Lacueva *et al.* (1997) ya compararon el contenido en vinos blancos monovarietales, incluso en los vinos mezclados con estas variedades. Los cavas monovarietales de Chardonnay y los que contienen esta variedad en la mezcla, tenían mayor grado alcohólico. De todas maneras estos niveles siempre se encuentran dentro de los márgenes que considera la legislación para vinos espumosos de cava ( $10,8^\circ$  y  $12,8^\circ$ ) (B.O.E., 14 Noviembre de 1991). Las posibles repercusiones sensoriales de este elevado contenido de grado alcohólico no se perciben en las catas, probablemente porque es contrarrestado por otros compuestos producidos en la segunda fermentación. Considerando el pH observamos que los cavas Chardonnay son los que, dentro de la media general entre todos los tipos de espumoso 2,9, podríamos considerar que presentan el pH ligeramente más elevado, 3,1. Estos valores de pH podrían modificar el estado químico de algunos compuestos como podrían ser las proteínas.

### •Influencia del envejecimiento

Se observa que los niveles de dióxido de azufre libre aumentan alrededor del 18 mes ( $p < 0,0001$ ) y es a partir de este mes cuando estos niveles se reducen considerablemente.

Para la acidez total observamos dos máximos estadísticamente significativos a los 15 y los 23 meses ( $p < 0,0001$ ), mientras que para la acidez volátil tenemos una bajada a los doce meses de envejecimiento y un aumento a los 26 meses ( $p < 0,0001$ ).

A lo largo del envejecimiento aunque se consigue una media de  $12,05^\circ$ , al llegar al noveno mes se observa un ligero incremento, hecho que coincide con la edad legal del cava establecida en el B.O.E del 14 de Noviembre de 1991. El pH, no cambia significativamente durante la fase de rima.

## 7. ABSORBANCIAS A 280, 320 y 420 nm

### •Influencia de la variedad

Cavas monovarietales: observamos que para las tres absorbancias determinadas (280, 320 y 420 nm) la variedad Chardonnay es la que presenta los valores más elevados ( $p < 0,0001$ ), es decir, es la que tiene mayor contenido de polifenoles totales (280 nm) y ácidos hidroxicinámicos (320 nm).

En cuanto a las variedades autóctonas observamos que la Xarel.lo es la más baja, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa para las absorbancias a 280 y 420 nm y si lo es para la absorbancia a 320 nm .

Coupage: observamos que el espumoso CPC, con Chardonnay, también presenta las absorbancias superiores a los espumosos CP elaborados a partir de las tres variedades autóctonas (M, X, P) y sin la variedad francesa ( $p < 0,0001$ ). Las absorbancias, en estas longitudes de onda determinadas, se relacionen con el contenido de polifenoles de un vino blanco. Estos polifenoles pueden interaccionar con proteínas y polisacáridos (Marchal *et al.*, 1996; Vernhet *et al.*, 1996)

principalmente aquellos polifenoles de bajo peso molecular (Correa-Gorospe *et al.*, 1991). Según Canals *et al.* (1996), son precisamente estos polifenols los que participarían en la capa de hidratación de las proteínas. Por este motivo no es de extrañar que la variedad Chardonnay, la más rica en proteínas y polisacáridos, también sea la variedad con un contenido más elevado de polifenoles. De todas maneras para confirmar esta observación sería necesario analizar su perfil polifenólico por cromatografía líquida.

### •Influencia del envejecimiento

Para las absorbancias a 280 nm, en general, vemos que a lo largo del envejecimiento los valores van aumentando lentamente y sin ser estadísticamente significativos, sólo a partir del sexto mes es donde se observa un incremento que sí es significativo.

Para las absorbancias a 320 nm, se observa un ligero incremento a lo largo de todo el tiempo de envejecimiento. Considerando los diferentes tipos de cava por separado se observa un pequeño aumento entre los 15 y los 18 meses. La absorbancia a 320 nm es principalmente debida a los ésteres hidroxicinámicos. Estos compuestos podrían ser adsorbidos por las levaduras (Nagel y Wulf, 1979; Somers *et al.*, 1987). Por esta razón, este pequeño incremento en absorbancia a 320 nm entre los 15 y los 18 meses podría estar relacionado con la liberación, durante la autólisis de las membranas de las células de levadura, de este tipo de polifenoles.

Este mismo ligero incremento también se observa en la absorbancia a 280 nm que podría ser consecuentemente debido al fenómeno adsorción de los polifenoles totales por las levaduras seguido de su liberación una vez estas levaduras se lisen.

Para las absorbancias a 420 nm durante el tiempo de envejecimiento se observa un ligero aumento que estaría relacionado con la oxidación.

## 8. ÁCIDOS ORGÁNICOS, GLUCOSA, FRUCTOSA Y GLICERINA

### •Influencia de la variedad

Cavas monovarietales: considerando los ácidos orgánicos, al igual que en otras determinaciones, observamos que los cavas Chardonnay difieren de los otros tipos de cava. De esta manera los cavas Chardonnay presentan un contenido más elevado de ácido cítrico ( $p < 0,05$ ), ácido galactúronico ( $p < 0,001$ ) y ácido láctico ( $p < 0,0001$ ) y contrariamente, un contenido inferior en ácido tartárico ( $p < 0,01$ ) y de ácido málico ( $p < 0,0001$ ).

La relación inversamente proporcional entre el contenido en ácido málico y ácido láctico muestra que se ha producido la fermentación maloláctica ( $r = -0,5378$ ) ( $p < 0,001$ ).

Los cavas Chardonnay también presentan niveles más elevados de glicerina ( $p < 0,0001$ ) y glucosa ( $p < 0,001$ ). Y considerando la fructosa destacan los cavas Macabeo por ser aquellos con un contenido inferior y los cavas CPC con un contenido superior.

Coupages: observamos que entre los dos coupage el que está elaborado con la variedad Chardonnay tiene un contenido en ácidos orgánicos, azúcares y glicerol superior al coupage formado sólo por las tres variedades autóctonas. Destaca el hecho de que considerando la fructosa esta diferencia es muy acentuada.

### •Influencia del envejecimiento

En general, para todos los ácidos orgánicos, glucosa, fructosa y glicerina observamos un máximo significativo en el mes 15. Además para el ácido tartárico y

el ácido galacturónico también se observa un aumento significativo en el sexto mes. Observamos que a partir del mes 18 hay una disminución de ácidos orgánicos, glucosa, fructosa y glicerol. Se ha de tener en cuenta, que estos componentes del vino son de bajo peso molecular y tienen diversos grupos funcionales de carácter polar, los que pueden reaccionar fácilmente con numerosos compuestos del vino.

En el contenido en fructosa se aprecia un máximo significativo en el noveno mes y una disminución en los niveles a partir del mes 15. Respecto a la glucosa después del máximo en este mismo mes, se observa un espectacular aumento en el mes 23. Este incremento en el monosacárido glucosa en los meses avanzados de envejecimiento podría estar relacionado con la actividad hidrolítica sobre los polisacáridos de las levaduras después de la autólisis (Feuillat, 1987).

Respecto a los ácidos málico y lácticoambos presentan un máximo en el mes 15 y una posterior reducción en su contenido, siendo ésta más evidente a medida que avanza el envejecimiento.

## 3.4. VINOS ESPUMOSOS COMERCIALES

### 3.4.1. RESUMEN

Se ha efectuado un estudio con 43 vinos espumosos COMERCIALES, conjuntamente **Cavas catalanes** y **Talentos italianos**, a fin de ampliar el conocimiento sobre la influencia de la variedad, se incluyó además la variedad Pinot noir, dado que es una de las de mayor utilización juntamente con la Chardonnay, en la elaboración de vinos espumosos internacionales y recientemente aprobado en la DOC cava para la elaboración de cavas rosados (BOE nº 43, 19 de febrero de 1998). Llegando a las siguientes conclusiones:

Los tres parámetros de espuma obtenidos con el Mosalux, en cavas con similares periodos de envejecimiento, se encuentran positivamente correlacionados entre si.

Las propiedades espumosas son capaces de diferenciar a los vinos elaborados según el método Tradicional y Classico de diferentes variedades. Siendo las variedades Chardonnay y pinot noir las que más contribuyen a esta caracterización.

La utilización de la variedad Pinot noir en el coupage puede mejorar la espumabilidad del producto resultante.

Los vinos espumosos elaborados con la variedad Chardonnay seguidos por aquellos en cuyas mezclas participaron la Chardonnay juntamente con la Pinot noir fueron los que presentaron los valores más elevados de tiempo de estabilidad.

### 3.4.2. PUBLICACIÓN

## Influence of Pinot noir on the foam properties of sparkling wines

Fulvio Mattivi<sup>1</sup>, Cristina Andrés-Lacueva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istituto Agrario - Centro Sperimentale. Dipartimento Laboratorio Analisi e Ricerche. via E. Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige. Italy

<sup>2</sup>Nutrició i Bromatologia. CeRTA. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona. Av. Joan XIII s/n. 08028-Barcelona. Spain.

Keywords: Variety, foaming properties, foamability, stability, characterization, Pinot noir, Chardonnay.

### ABSTRACT:

The foaming properties of sparkling wines were grouped by the variety. Chardonnay and Pinot noir were the varieties which contribute mostly to this differentiation. Blending Chardonnay/Pinot noir were the sparkling wines with the highest HM or foamability and HS or persistence of the foam. Chardonnay sparkling wines followed by its blended with Pinot noir were sparkling wines with the best stability of foam (TS).

### INTRODUCTION

Variety is one of the most decisive variables that affect the wine sensory properties (de la Presa-Owens and Noble, 1995) so the wine chemical composition in spite of the wide range of growing regions, maturities, vintage, and technologies. Several studies have described the influence of variety in aromas (Rapp et al., 1993; Versini et al., 1995; Nicolini et al., 1996); phenols (Cravero and Stefano, 1992; Mattivi et al., 1991,1995; de la Presa-Owens et al., 1995; Romero-Perez et al., 1996ab), protein fraction (Pueyo et al., 1993) amino acid profile (Versini et al., 1995; Puig-Deu and Buxaderas, 1994); organic acids (López-Tamames et al., 1995); and, conventional parameters (Forcén et al., 1992; Suárez et al., 1981; Cabezudo et al., 1985).

Moreover, the grape variety selected for winemaking is one of the most important variables in foaming properties of musts (López-Barajas et al., 1997), base wines (Andrés-Lacueva et al

1996a; López-Barajas et al., 1998), and sparkling wines (Pueyo et al., 1995; Andrés-Lacueva et al., 1996b, 1997) considering the white varieties most cultivated in Penedès region.

However, the most recognized varieties used for the production of sparkling wine in the world are Chardonnay and Pinot noir, there is not any study that considers the foam of Pinot noir variety or the effect of this variety in the coupages.

Pinot noir grapes are extensively used for the production of sparkling wines in France, USA and Italy. However, in Spain, according to Spanish regulation (Spanish *Denominación de Origen Controlada* (DOC)-Certified Brand of Origin) (1991), this variety cannot still be considered for sparkling wine (cava) production.

Our purpose was to evaluate the influence of Pinot noir and Chardonnay varieties on the foaming properties in sparkling wines, to know which are the best varieties to achieve the optimum quality sparkling wines with regards to the foaming behavior.

## **MATERIALS AND METHODS**

**Samples.** Were purchased from local markets or obtained from different wineries. The sparkling wines analyzed were from different appellations and vintages. 43 sparkling wines, 18 blendings Chardonnay/Pinot noir, 7 varietal Chardonnays, 14 coupages with Penedès white varietal sparkling wines, and 4 coupages with these varieties from Penedès plus Chardonnay.

**Analytical method.** The Mosalux parameters (HM, HS, and TS) were performed in duplicate for each one of the 3 bottles of each sample. The set of six values for each Mosalux parameter were adjusted to a normal distribution.

*Measurement of foaming properties:* All foam measurements were carried out using the Mosalux procedure (Maujean et al., 1990). Three parameters were measured: (1) HM (foam height), the maximum height reached by the foam after carbon dioxide injection through the glass frit (7L/h), expressed in millimeters, which could represent foamability; (2) HS, foam

stability height during carbon dioxide injection, expressed in millimeters, which could represent the persistence of foam collar or the wine's ability to produce a stable collar; (3) TS, foam stability time until all bubbles collapse, expressed in seconds; this could represent the foam stability time, once effervescence has decreased.

**Statistical Analysis of data.** Significant differences among sparkling wines for each one of the foam parameters were assessed with a one-way ANOVA using STATGRAPHICS 7.0. (Rockville, MD). The same program was used to perform PCA (Principal Component Analysis) to obtain differences or groupings among sparkling wines according to variety by means of the variables analyzed. It is therefore possible to determine which variables contribute most to such differentiation. The simple regression was carried out between the variables HM, HS, and TS to study the model that gave the best fit between the three foaming parameters (multiplicative model  $y = ax^b$  where the intercept is equal to  $\text{Log } a$ ).

## RESULTS AND DISCUSSION

The three foam parameters, obtained with the Mosalux method, were directly correlated (HM-TS:  $r = 0.75$ / HM-HS:  $r = 0.90$ / HS-TS:  $r = 0.88$ ). In contrast, in our previous study (Andrés-Lacueva et al., 1996b), HM and TS were inversely correlated. In that study the foaming properties were evaluated during the aging (more than two years) in contact with lees, HM decreased and TS increased. However the samples considered in this study are commercial sparkling wines with similar aging period.

To obtain differences or grouping among sparkling wines according to variety, by means of foam parameters analyzed, PCA was performed, and the patterns were examined. The first two PCs accounted for 83% and 13% of the variance, respectively, allowing the grouping of the sparkling wines by the variety, independently of its origin, appellation, and vintage.

The sparkling wines made from varietal Chardonnay and blended with Pinot noir were

separated from the rest. Considering foaming properties, the blending Chardonnay with Pinot noir and varietal Chardonnay sparkling wines give the best results (Figure 1). Cuveé Chardonnay/Pinot noir showed the best foamability (HM) (Figure 1). This would indicate that this cuveé would produce the sparkling wines with the best foam. With regards the stability time of the foam, were the Chardonnay varietal sparkling wines those with the highest values. This would represent that this variety could produce the sparkling wines with more stability of foam. These results could confirm these two varieties and their coupages as the best varieties in foaming properties for sparkling wines. This is the first time this analysis has been applied successfully with these two kind of varieties, which are the most used around the world for the sparkling winemaking.

In the samples analyzed, we observed a slight improvement of the blended with Penedès varieties when the Chardonnay variety is considered in the coupage (Figure 1 and Table 1) as it had been observed previously by Andrés-Lacueva et al., 1996b and 1997.

For the analysis of the data, each foam parameter was examined by ANOVA to establish that the foam parameters varied significantly across the varieties. All the foam parameters were significantly different by ANOVA considering variety ( $p < 0.0001$ ), except for TS ( $p = 0.056$ ).

Chardonnay/Pinot noir were the sparkling wines which presented the greatest **HM** or foamability with an average of 68 mm ( $p < 0.0001$ ) followed by varietal Chardonnay ( $x = 44$  mm) and blended Penedès varieties with Chardonnay ( $x = 35$  mm). Penedès sparkling wines ( $x = 28$  mm) have the lowest values (Table 1).

Chardonnay variety, as it has been described previously, (López-Barajas et al., 1997; Andrés-Lacueva et al., 1996b, 1997) is a good foamability variety. However, when it is blended with Pinot noir improves its foamability, reaching the sparkling wines with best HM.

Considering **HS**, we observed the same phenomena observed for HM, perhaps due to its high correlation between them. Chardonnay blended with Pinot noir are the sparkling wines with

higher values of HS ( $x= 38\text{mm}$ ). In this case the varietal Chardonnay sparkling wines ( $x= 35\text{mm}$ ) were not statistically different from its blended with Pinot noir, however both present best values than the other varieties or kind of sparkling wines (Table 1).

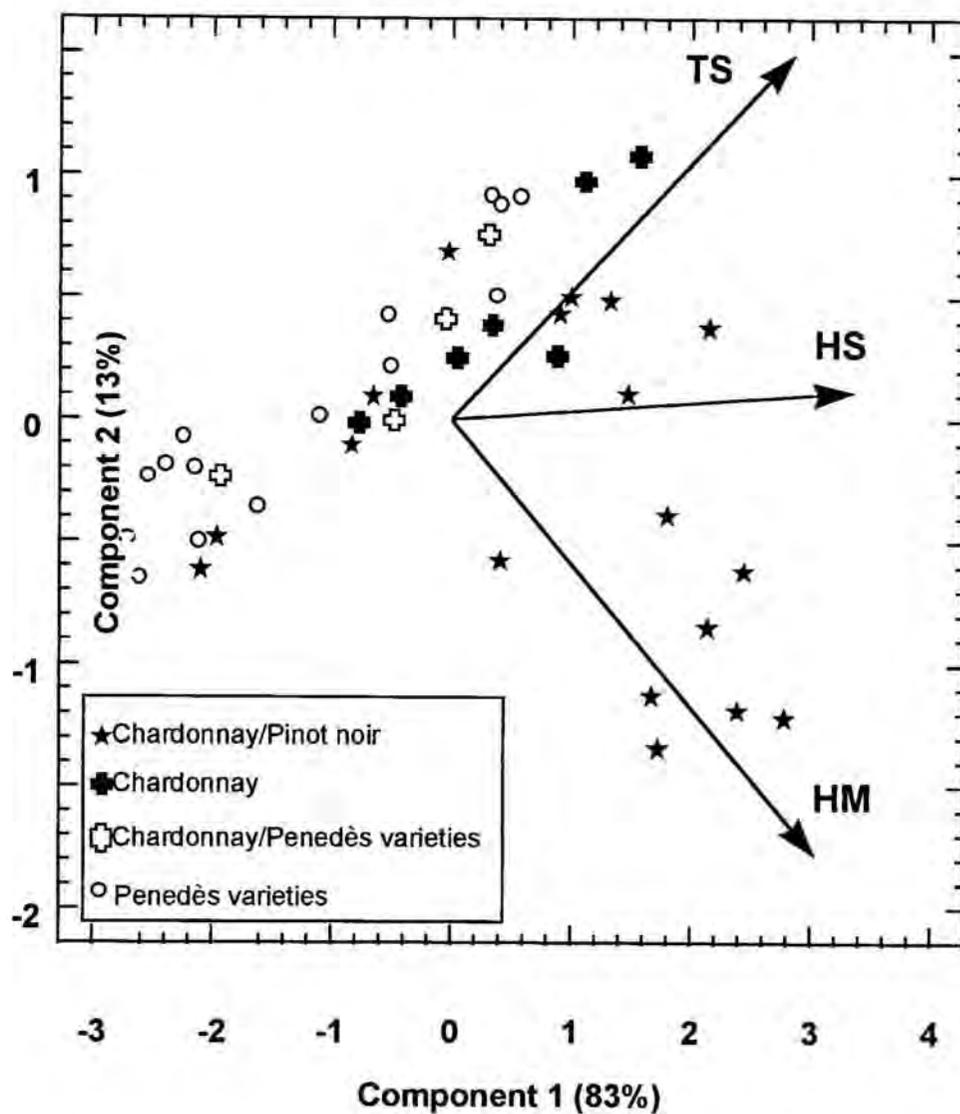
With regards the stability time, **TS**, Chardonnay sparkling wines ( $x= 373\text{ s}$ ) and its blended with Pinot noir ( $x=345\text{ s}$ ) were the kind of sparkling wines with best TS (Table 1).

## **CONCLUSIONS**

The foaming properties of sparkling wines were grouped by variety, Chardonnay and Pinot noir were the varieties which contribute highly to this differentiation. The use of Pinot noir wines in the *cuvée* can improve the foamability of sparkling wines. Chardonnay sparkling wines followed by its blended with Pinot noir were the sparkling wines with the best stability time (TS).

Varietal or blended sparkling Wine	HM foamability (mm)	HS permanence of the foam (mm)	TS stability time (sec)
Chardonnay	44	35	373
Chardonnay/Pinot noir	68	38	345
Chardonnay/Penedès varieties	35	26	289
Penedès varieties	28	22	226
	p=0.0001	p=0.0001	p=0.0563

**Table 1. Mean values of the foaming parameters (HM, HS and TS) and the levels of significance according to variety (p)**



**Figure 1.** Sample distribution according to the PCA (biplot) considering HM (foamability), HS (permanence of the foam collar and TS (stability time). %: percent of the variance fustified by each component.

## CONCLUSIONES

→ Del sondeo de la capacidad espumante (determinada con el Mosalux) de 44 **vinos base** de las 3 variedades de uva de uso principal en la Denominación de Origen Cava Penedès (Macabeo, Xarel.lo y Parellada), de 3 vendimias consecutivas (1990, 1991 y 1992) y procedentes de 8 bodegas elaboradoras, se puede concluir que:

1. Las características espumantes de los vinos base están íntimamente relacionadas con la variedad, la vendimia y la forma de operar de la bodega.
2. También se ha observado que hay dos fenómenos diferenciados en la capacidad espumante de los vinos (formación de espuma y estabilidad), y cada uno de ellos puede estar influenciado por diferentes compuestos.
3. Las proteínas favorecen la formación de espuma en los vinos base, aunque no actúan favoreciendo el tiempo de estabilidad. En este sentido, aminoácidos y proteínas (determinadas por el método Bradford) se encuentran correlacionados negativamente con la estabilidad.
4. Las sustancias con carácter ácido son también importantes para la espumabilidad (HM y HS). En este sentido creemos que la fermentación maloláctica, proceso opcional de la vinificación en blanco, que comporta una reducción de la acidez, no favorece a las propiedades espumosas de los vinos base.
5. Por lo que hace referencia a la estabilidad de la espuma, destaca como factor negativo el ácido galacturónico, indicador de la hidrólisis de los coloides pécticos. Esta estabilidad también se vería reducida por la presencia de la mayor parte de los compuestos volátiles (alcoholes y acetatos).
6. En cuanto a la vinificación en blanco sería conveniente no aplicar tratamientos que supongan una eliminación drástica de compuestos nitrogenados. Según nuestros resultados, la obtención del mosto con prensa continua, el desfangado estático y la

clarificación con bentonita a dosis inferiores a 20 g/100 l favorecen las características espumantes de los vinos base de la D.O. Cava.

7. De las variedades de uva blanca más utilizadas en la D.O. (Macabeo, Xarel.lo y Parellada), la variedad Xarel.lo es la que reúne mejores propiedades espumantes.

No obstante, el fenómeno de la espuma es excesivamente complejo y depende de un equilibrio entre diferentes componentes más que de su valor absoluto. E incluso, debería considerarse el nivel de concentración de los compuestos que pueden influir en la espuma puesto que pueden encontrarse contradicciones al modificar cualquiera de los factores que influyen en la composición (variedad, vendimia y bodega elaboradora). Por lo que las correlaciones entre los valores de espuma y la composición química pueden ser sólo válidas para un intervalo de concentración determinado.

→ Del estudio efectuado en **cavas** para evaluar el efecto que tienen la variedad y el envejecimiento en contacto con las levaduras en sus propiedades espumosas, se realizó un estudio con 6 series de cavas (4 monovarietales, Macabeo, Xarel.lo, Parellada y Chardonnay) y dos coupages (uno con las 3 variedades autóctonas del Penedès, y el otro además con la variedad de origen francés) tomando muestras cada 3 meses. Los cavas fueron elaborados en la misma bodega, a escala industrial y durante 2 vendimias consecutivas. Se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La variedad y el coupage fueron decisivos para las propiedades espumantes de los cavas. Los cavas monovarietales Chardonnay presentan la mayor espumabilidad. El coupage de los diferentes vinos base varietales mejora las propiedades espumantes de sus correspondientes cavas, respecto a sus respectivos cavas monovarietales, debido a un posible efecto sinérgico entre sus componentes. El efecto de la variedad Chardonnay también repercute en las propiedades espumosas cuando se haya mezclada ya que el coupage con Chardonnay presenta ligeras mejorías respecto al coupage sin esta variedad.
2. Tanto la variedad como el envejecimiento afectan en gran medida a las propiedades espumantes.
  - Los cavas elaborados a partir de la **variedad** Chardonnay siendo los de mejor espumabilidad, presentaron niveles superiores de polisacáridos totales y neutros,

proteínas solubles, polifenoles totales, absorbancias a 280, 365 y 420 nm, grado alcohólico y ácido málico.

Entre los 15 y los 18 meses de **envejecimiento** se aprecia una mejora en la espumabilidad y tiempo de estabilidad, aparentemente debido a una liberación de compuestos provenientes de la autólisis de las levaduras, tales como: proteínas y polisacáridos. Sin embargo, después de estos 18 meses se observa una disminución en la espumabilidad acompañada por un incremento en compuestos monoméricos.

3. Comparando los resultados de los cavas de este estudio (vendimia 1994) con las mismas determinaciones llevadas a cabo en los cavas de la vendimia anterior (1993), se ha observado que la autólisis se ha producido durante la fase de rima en un períodoo similar (15-18 meses). Por esta razón, para las mismas variedades y coupages, y aplicando las mismas condiciones tecnológicas (tipo de levadura, temperatura de bodega, etc....) el tiempo que transcurre entre el tiraje y la autólisis es predecible; no obstante, la intensidad del fenómeno dependerá de la composición del vino base, dado que ésta es la única diferencia a señalar entre los cavas de la vendimia de 1993 y los de la del 1994.

#### **Las principales diferencias observadas entre ambas vendimias han sido:**

- En la vendimia de 1993: HM y TS se correlacionaban negativamente. Obsevando que con el envejecimiento aumentaba la estabilidad en detrimento de la espumabilidad. En la vendimia de 1994: No se observa ninguna relación entre HM y TS.
- La menor estabilidad de espuma de los vinos Chardonnay procedentes de la vendimia de 1993, pudieran ser atribuidos a irregularidades desconocidas en la vendimia con esta variedad, ya que pudieron ser contrastados con los resultados procedentes de la vendimia de 1994 y posteriormente con los vinos espumosos comerciales donde se incluian un elevado numero de muestras de *spumanti Trento*

*DOC*, atribuyendo a esta variedad unas excelentes calificaciones tanto en espumabilidad como en estabilidad de espuma.

- El incremento de los niveles de fructosa que se observan con el envejecimiento y que se acentúa a partir de los 18 meses en la vendimia de 1993, podría ser producido por la hidrólisis de los componentes de la planta, debido a los enzimas liberados por las levaduras durante la autólisis. Sin embargo este hecho no se observa en la vendimia de 1994.

➔ Del estudio efectuado con 43 vinos espumosos COMERCIALES, conjuntamente **Cavas catalanes** y **Talentos italianos**, a fin de ampliar el conocimiento sobre la influencia de la variedad, se incluyó además la variedad Pinot noir, dado que es una de las de mayor utilización juntamente con la Chardonnay, en la elaboración de vinos espumosos internacionales. Se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Los tres parámetros de espuma obtenidos con el Mosalux, en cavas con similares periodos de envejecimiento, se encuentran positivamente correlacionados entre sí.
2. Las propiedades espumosas son capaces de diferenciar a los vinos elaborados según el método Tradicional y Classico de diferentes variedades. Siendo las variedades Chardonnay y pinot noir las que más contribuyen a esta caracterización.
3. La utilización de la variedad Pinot noir en el coupage puede mejorar la espumabilidad del producto resultante.
4. Los vinos espumosos elaborados con la variedad Chardonnay seguidos por aquellos en cuyas mezclas participaron la Chardonnay juntamente con la Pinot noir fueron los que presentaron los valores más elevados de tiempo de estabilidad.

**ANEXOS**

MUESTRA	HM (mm)	HS (mm)	TS (seg)	Polisacáridos totales	Proteínas Solubles
	(espumabilidad) n=2	(permanencia) n=2	(estabilidad) n=2	mg de galactosa/l n=4	mg/l n=4
B90M	128	24	53	254	4.8
B90X	109	32	25	269	10.4
B90P	132	31	25	274	7.9
C90M	182	24	55	268	7.4
C90X	144	25	52	312	10.2
C90P	72	26	125	294	5.4
F90P	68	22	137	274	5.3
G90P	76	20	240	288	6.2
G90M	44	23	45	310	5.6
B91P1	290	37	405	299	6.3
B91P2	245	30	242	282	5.8
B91X1	191	40	105	336	9.6
B91P3	168	32	60	289	6.3
B91M1	175	26	130	231	6.6
B91M2	152	30	385	205	6.6
B91X2	215	40	95	302	9.4
D91P	227	30	203	293	4.6
E91P	100	25	590	301	4.3
G91M	133	24	180	414	8.5
G91P	87	23	505	297	5.9
A92M1	117	21	15	256	12.4
A92M2	101	22	15	293	6.8
A92X1	127	26	25	315	10.2
A92X2	118	27	30	283	10.6
A92X3	133	27	40	329	9.4
A92P1	146	26	30	283	7.6
A92P2	62	25	15	238	6.2
A92P3	144	27	50	278	10.4
B92M1	260	30	55	279	7.3
B92M2	290	28	20	263	7.4
B92X1	290	33	45	342	11.5
B92X2	275	31	25	355	15.4
B92P1	240	27	25	269	10.5
B92P2	208	34	30	276	10.5
C92M	24	16	10	413	8.5
C92X	63	35	215	375	6.0
C92P	181	30	30	357	7.5
D92X	147	29	15	381	14.6
E92P	185	28	35	425	7.7
F92M	124	33	300	407	5.4
F92P	94	29	85	209	5.3
G92P1	149	34	280	286	5.6
G92P2	149	32	255	298	5.2
H92M	35	26	20	372	6.7

**Tabla 5.1.1.** Valores de las características espumosas (HM: espumabilidad, HS: permanencia de la corona y TS: estabilidad), del contenido en polisacáridos y de proteínas de los vinos base de 1990 (90), 1991 (91) y 1992 (92); bodegas: A, B, C, D, E, F, G, H; Variedades: Macabeo (M), Xarel.lo (X) y Parellada (P)

MUESTRA	Grado alcohólico %, v/v	Acidez Total g/L ác. tartárico	Acidez volátil g/L ác. acético	pH	SO2 total mg/L	ABS 420 nm x1000	ABS 520 nm x1000	ABS 280 nm x1000
B90M	10,00	4,60	0,23		77	114	67	503
B90X	9,80	4,20	0,22		70	126	67	508
B90P	6,20	3,36	0,07		48	100	53	359
C90M	10,17	4,41	0,18	2,8	83	46	7	504
C90X	11,21	4,21	0,33	2,9	113	49	18	493
C90P	9,41	3,33	0,19	2,9	62	46	11	420
F90P	10,48	3,63	0,20	2,7	75	33	5	461
G90P	9,11	2,45	0,30	3,0	71	63	12	496
G90M	10,41	2,75	0,22	3,1	81	72	23	476
B91P1	10,75	4,35	0,18	3,0	64	55	22	438
B91P2	10,70	4,50	0,21	3,0	67	49	17	459
B91X1	11,30	3,80	0,39	3,2	70	32	15	525
B91P3	10,75	4,50	0,18	3,0	38	57	7	484
B91M1	10,45	5,10	0,29	2,9	77	42	7	465
B91M2	10,45	4,75	0,25	2,9	57	42	3	457
B91X2	11,15	4,55	0,18	3,1	48	97	6	375
D91P	9,88	3,67	0,22	3,2	48	81	56	488
E91P	9,52	4,43	0,22	3,0	80	84	22	451
G91M	11,00	4,39	0,25	2,9	53	108	38	488
G91P	10,00	4,95	0,23	2,9	41	60	36	406
A92M1	9,67	3,66	0,10	3,2	53	86	43	383
A92M2	10,08	4,35	0,29	3,2	57	109	56	431
A92X1	10,74	4,44	0,18	3,1	59	106	55	469
A92X2	10,67	4,53	0,22	3,1	74	142	91	448
A92X3	10,38	3,78	0,10	3,1	59	94	45	424
A92P1	10,49	4,68	0,18	3,0	56	143	98	495
A92P2	10,57	4,29	0,26	3,0	79	79	22	502
A92P3	10,03	4,69	0,22	3,1	60	86	34	488
B92M1	10,40	4,70	0,22	3,1	73	75	35	433
B92M2	10,28	4,80	0,22	3,1	64	65	24	446
B92X1	10,67	4,70	0,22	3,1	77	107	61	466
B92X2	10,90	4,80	0,18	3,1	73	88	37	495
B92P1	10,60	4,70	0,18	3,0	70	97	45	507
B92P2	10,50	4,70	0,14	3,0	51	79	27	502
C92M	9,66	4,73	0,22	3,1	43	166	62	637
C92X	10,05	3,87	0,29	3,2	78	122	40	480
C92P	10,24	4,56	0,26	3,1	98	188	39	473
D92X	10,62	4,15	0,26	3,2	74	112	40	596
E92P	10,12	3,79	0,29	3,2	81	97	32	526
F92M	10,17	4,50	0,26	3,1	77	69	23	446
F92P	10,33	4,50	0,29	3,1	73	84	27	514
G92P1	9,75	4,90	0,19	3,0	67	69	22	495
G92P2	10,17	4,50	0,18	3,1	77	66	24	440
H92M	9,39	3,10	0,22	3,3	96	105	33	609

Tabla 5.1.2. Valores de los parámetros generales y de las absorbancias de los vinos de 1990 (90), 1991 (91) y 1992 (92).

A, B, C, D, E, F, G, H: bodegas elaboradoras; M, X, P: variedades (M: Macabeo, X: Xarel.lo y P: Parellada)

MUESTRA	Asp	Hyp	Glu	Ser	Asn	Gly	Gln	Thr	Ala	His	Pro
C90M	19,70	4,47	35,12	10,97	9,96	5,87	6,42	4,77	20,99	6,74	239,59
C90X	10,29	4,90	22,62	6,59	6,27	3,23	6,63	2,78	12,62	3,89	289,52
C90P	4,14	3,68	11,30	3,81	3,42	3,48	3,69	2,12	9,50	3,02	200,93
F90P	9,93	2,66	18,08	5,26	23,58	6,89	9,25	3,14	20,47	4,32	190,06
G90P	10,32	7,22	14,62	5,84	4,54	3,89	5,22	2,99	11,26	3,68	351,61
G90M	16,77	4,62	31,13	9,08	8,95	5,53	9,31	1,80	13,75	6,00	304,80
B91P1	8,44	4,29	16,54	4,42	11,98	5,31	10,10	2,99	15,42	4,96	401,79
B91P2	8,09	4,23	14,34	3,98	12,05	4,31	8,41	2,29	11,06	3,02	435,50
B91X1	14,78	8,32	48,29	8,50	15,68	18,86	39,07	11,68	46,03	8,27	497,84
B91P3	8,18	3,94	14,57	4,10	8,17	3,37	4,87	3,54	9,64	3,36	307,50
B91M1	5,23	2,66	10,98	3,25	3,48	2,83	5,60	4,24	9,74	2,85	205,65
B91M2	7,39	2,83	13,01	4,47	6,59	3,71	4,91	5,38	9,49	3,97	252,90
B91X2	9,29	6,77	16,95	5,40	9,90	4,52	6,03	7,14	10,22	5,59	432,22
D91P	14,43	5,59	21,12	7,33	9,54	6,66	7,70	3,76	13,30	5,18	353,47
E91P	7,99	3,57	9,34	3,34	4,19	2,81	3,59	1,86	6,79	5,26	225,37
G91M	7,20	4,41	11,34	3,51	6,21	4,31	4,01	1,89	7,12	13,74	228,45
G91P	7,01	3,17	9,63	3,64	4,81	3,12	3,63	2,38	6,91	9,01	258,58
A92M1	12,24	4,08	20,23	6,96	8,49	4,99	6,59	3,30	16,34	8,66	310,93
A92M2	9,27	4,54	22,33	8,90	11,23	6,57	4,68	5,47	17,25	9,93	264,20
A92X1	12,97	6,73	32,66	9,29	24,07	10,43	38,59	3,72	35,26	13,30	472,51
A92X2	13,71	8,39	34,76	11,31	22,97	12,53	25,95	4,95	34,17	12,95	606,34
A92X3	8,81	5,20	17,88	5,06	12,96	5,35	16,95	3,09	19,12	8,35	353,19
A92P1	12,18	8,78	26,35	6,68	15,57	7,94	26,37	2,96	28,43	3,32	528,33
A92P2	4,45	4,31	21,17	5,17	10,47	6,80	18,34	1,98	19,39	4,14	342,40
A92P3	14,63	8,88	31,61	9,00	22,02	9,33	36,73	3,79	40,05	3,43	450,27
B92M1	8,82	4,26	26,37	6,79	13,19	9,27	20,11	2,26	19,35	9,60	382,35
B92M2	7,27	4,34	15,80	4,93	9,25	6,11	9,43	3,35	8,68	9,73	336,61
B92X1	19,31	7,95	38,27	12,85	25,56	12,43	22,15	4,10	26,90	15,41	558,06
B92X2	15,78	8,15	39,39	10,26	29,55	10,54	44,93	4,37	34,28	11,80	434,72
B92P1	11,49	6,11	30,37	8,83	30,01	9,38	43,62	2,83	26,57	11,13	385,06
B92P2	6,73	5,14	20,91	6,64	25,65	7,73	31,62	1,77	21,88	7,42	343,46
C92M	34,48	12,21	53,13	21,07	13,90	14,28	1,33	11,11	43,21	3,80	516,71
C92X	17,87	6,10	33,18	12,05	13,77	11,45	2,87	5,60	56,82	10,32	337,28
C92P	21,72	8,31	44,29	15,50	18,50	13,06	4,71	6,30	53,64	16,97	509,75
D92X	16,01	8,17	3,84	9,66	14,92	8,99	3,16	5,69	35,92	15,65	295,50
E92P	16,81	5,94	27,39	10,61	9,90	5,86	2,44	5,32	22,04	14,03	349,51
F92M	14,42	3,80	24,00	7,75	16,95	7,92	4,65	4,13	29,31	12,31	291,09
F92P	14,92	4,46	25,80	9,21	27,07	8,54	16,92	3,97	32,20	9,13	346,85
G92P1	14,68	6,06	21,11	8,39	12,26	6,60	2,40	4,92	17,04	5,57	519,78
G92P2	8,93	3,18	12,96	4,91	5,91	4,01	1,73	3,56	11,01	4,03	297,27
H92M	13,91	5,09	25,12	9,16	9,10	6,91	3,93	6,97	14,18	11,12	225,07

Tabla 5.1.3.a. Contenido en aminoácidos (mg/l), para n=2, de las muestras de vinos base de 1990, 1991 y 1992. A, B, C, D, E, F, G, H: bodegas elaboradoras. M, X, P: variedades (M: Macabeo, X: Xarel.lo y P: Parellada)

MUESTRA	Gaba	Arg	Etanolamina	Tyr	Val	Met	Ile	Leu	Phe	Orn	Trp	Lys
C90M	5,14	28,50	11,56	13,77	7,64	6,51	6,53	32,92	13,23	1,25	2,68	22,39
C90X	5,82	20,98	11,79	15,91	7,40	6,45	5,63	24,61	10,08	2,06	2,41	13,69
C90P	3,74	5,95	16,91	8,34	4,52	2,68	2,92	7,87	2,13	2,11	2,11	7,73
F90P	8,75	23,14	12,39	11,37	6,21	5,04	4,23	17,51	10,68	2,28	2,82	17,96
G90P	6,54	17,47	10,43	11,56	5,73	4,51	5,23	16,97	8,75	2,01	1,78	12,16
G90M	5,55	13,82	8,30	11,38	7,22	2,85	4,07	21,74	9,04	1,97	3,25	11,08
B91P1	6,81	14,30	29,70	13,07	4,25	4,31	3,60	11,38	11,95	5,87	2,44	9,27
B91P2	6,72	11,43	30,22	8,53	3,23	3,47	4,60	10,40	7,13	5,76	3,52	7,59
B91X1	5,16	22,70	22,69	12,49	4,03	4,66	5,07	16,58	14,95	17,73	3,43	15,33
B91P3	6,23	16,16	27,73	9,65	3,81	4,70	5,09	12,13	9,31	2,02	4,93	11,24
B91M1	5,34	9,71	13,18	5,97	4,17	3,12	5,22	8,43	5,67	2,20	3,23	7,59
B91M2	5,52	15,55	16,10	8,17	4,53	4,46	5,60	12,12	8,06	2,88	5,55	10,53
B91X2	7,07	23,27	16,14	15,28	4,85	6,18	6,57	16,67	12,03	2,70	6,34	12,92
D91P	4,28	20,86	18,58	11,05	5,92	4,66	4,24	18,27	12,43	2,16	3,72	12,03
E91P	2,93	10,37	16,42	6,39	3,48	5,26	2,81	10,29	7,11	1,26	2,41	6,65
G91M	10,27	8,35	23,08	5,04	3,39	2,56	2,45	9,06	5,71	2,78	3,82	6,79
G91P	4,69	9,56	24,18	4,52	3,26	2,31	2,74	8,81	5,17	1,80	1,92	6,77
A92M1	9,72	24,71	16,64	10,93	7,32	5,07	4,55	16,51	8,91	1,81	2,32	15,07
A92M2	7,65	26,35	14,32	13,04	9,18	5,43	4,00	18,22	10,51	2,28	3,52	15,88
A92X1	79,86	37,07	22,93	17,23	9,92	6,00	15,80	17,20	13,80	13,25	6,53	13,71
A92X2	84,28	42,25	30,09	22,70	9,68	5,30	13,45	19,80	14,37	16,53	7,08	18,62
A92X3	15,35	25,01	17,44	8,56	4,85	3,65	1,77	11,70	6,87	4,91	4,21	9,86
A92P1	50,66	135,04	26,43	15,71	5,86	14,20	6,31	11,39	7,40	20,18	8,37	9,58
A92P2	41,78	103,68	23,42	14,51	6,67	2,99	2,47	8,88	9,42	17,61	7,43	7,72
A92P3	62,66	150,51	20,91	17,00	6,57	18,66	9,30	14,37	8,70	16,27	7,42	9,74
B92M1	30,05	31,10	19,64	10,16	6,31	2,97	8,64	11,76	8,78	11,05	2,86	12,85
B92M2	14,38	21,97	17,72	8,65	3,91	14,22	3,50	11,43	5,91	3,59	3,59	10,22
B92X1	39,01	42,7	26,62	16,71	11,22	8,02	4,84	19,91	13,13	5,82	3,14	17,94
B92X2	49,43	78,05	19,48	15,50	8,13	5,62	10,90	20,05	11,00	6,82	4,35	14,68
B92P1	42,07	232,32	28,14	20,13	4,97	16,01	1,93	11,33	9,60	10,67	6,48	9,85
B92P2	32,36	107,67	23,69	13,56	2,55	4,16	1,38	7,29	6,71	9,57	5,47	8,03
C92M	27,21	21,87	25,91	18,54	11,15	24,64	9,93	39,61	21,83	2,96	5,98	31,94
C92X	34,24	83,71	16,43	15,49	10,03	11,57	6,27	16,69	11,89	6,07	2,43	13,00
C92P	60,29	79,57	22,72	20,84	9,61	8,79	6,10	22,32	15,64	5,63	4,64	18,45
D92X	58,03	166,01	14,83	16,90	6,64	7,51	3,82	17,77	13,33	4,63	3,43	14,46
E92P	12,23	26,95	12,89	14,46	8,27	5,88	4,65	19,93	11,65	0,99	3,67	18,87
F92M	24,74	40,53	16,96	10,05	5,21	6,23	4,67	15,45	9,22	4,75	2,95	14,39
F92P	16,48	26,81	23,61	15,10	7,10	9,07	3,91	15,33	9,17	2,87	2,87	11,15
G92P1	16,37	22,83	25,64	11,22	5,34	4,09	3,82	15,75	10,25	0,99	4,05	14,83
G92P2	11,17	14,53	17,29	7,53	3,67	3,15	2,95	11,62	6,77	0,92	2,59	11,57
H92M	10,81	24,02	11,44	15,34	11,41	9,71	7,94	23,89	13,13	1,44	4,28	18,80

Tabla 5.1.3.b. Contenido en aminoácidos y etanolamina (mg/L), para n=2, de las muestras de vinos base de 1990, 1991 y 1992. A, B, C, D, E, F, G, H: bodegas elaboradoras. M, X, P: variedades (M: Macabeo, X: Xarel·lo y P: Parellada)

MUESTRA	ác. Cítrico	ác. Tartárico	ác. Galacturónico	ác. Máfico	Glucosa	Fructosa	ác. Succínico	ác. Láctico	Glicerol
B90M	0,32	5,32	0,47	1,44	0,47	1,32	0,26	0,54	4,81
B90X	0,39	5,60	0,44	1,36	0,44	0,78	0,31	0,52	4,84
B90P	0,29	5,76	0,32	0,96	0,32	0,78	0,27	0,49	4,09
C90M	0,15	2,93	0,51	1,31	0,54	0,71	0,61	0,34	4,60
C90X	0,22	2,86	0,51	1,59	0,49	0,52	0,61	0,35	4,58
C90P	0,07	3,27	0,39	0,04	0,49	0,31	0,56	1,40	4,71
F90P	0,11	2,88	0,25	0,94	0,61	0,43	0,41	0,34	4,24
G90P	0,11	2,02	0,19	0,03	0,44	0,20	0,52	1,24	4,37
G90M	0,25	1,39	0,55	0,71	0,85	0,28	0,69	1,75	5,03
B91P1	0,13	2,75	0,35	1,14	0,54	0,95	0,49	0,35	4,82
B91P2	0,12	3,52	0,32	1,11	0,46	0,86	0,49	0,30	5,09
B91X1	0,18	2,20	0,25	1,51	0,37	1,19	0,52	0,35	4,62
B91P3	0,13	3,34	0,36	1,40	0,52	0,93	0,58	0,23	4,73
B91M1	0,15	3,67	0,36	1,93	0,30	1,57	0,46	0,22	4,37
B91M2	0,16	3,04	0,44	2,05	0,41	0,59	0,50	0,30	4,39
B91X2	0,17	2,93	0,23	2,06	0,37	0,70	0,51	0,34	4,71
D91P	0,27	2,06	0,34	0,02	0,42	0,42	0,39	1,74	4,11
E91P	0,15	3,10	0,23	0,80	0,50	0,39	0,40	0,14	4,25
G91M	0,15	3,40	0,51	1,10	0,58	1,12	0,58	0,21	5,22
G91P	0,08	3,58	0,21	0,71	0,25	0,31	0,48	0,19	4,60
A92M1	0,22	2,86	0,46	2,56	0,48	0,43	0,45	0,52	3,99
A92M2	0,21	2,49	0,48	0,02	0,48	0,40	0,44	2,78	3,88
A92X1	0,23	2,79	0,37	2,44	0,43	0,15	0,50	0,33	4,55
A92X2	0,25	2,95	0,40	2,52	0,44	0,43	0,40	0,26	4,34
A92X3	0,19	2,61	0,37	2,21	0,23	0,47	0,40	0,26	3,53
A92P1	0,18	3,78	0,28	1,44	0,40	0,34	0,37	0,16	4,48
A92P2	0,14	3,53	0,27	1,23	0,27	0,45	0,34	0,16	3,99
A92P3	0,18	3,09	0,34	0,39	0,45	0,57	0,39	0,16	4,05
B92M1	0,16	3,42	0,46	2,43	0,38	1,20	0,40	0,23	4,55
B92M2	0,14	2,62	4,96	2,51	0,34	0,99	0,47	0,24	4,48
B92X1	0,21	4,02	0,54	2,60	0,52	0,89	0,41	0,23	4,66
B92X2	0,19	3,35	0,46	2,62	0,36	1,06	0,46	0,30	4,72
B92P1	0,12	3,36	0,34	1,94	0,40	1,10	0,44	0,26	4,91
B92P2	0,18	3,66	0,31	1,61	0,33	0,66	0,43	0,22	4,63
C92M	0,26	2,08	0,55	0,34	0,69	0,23	0,61	2,72	4,72
C92X	0,13	2,55	0,51	0,13	0,83	0,72	0,51	2,23	4,56
C92P	0,16	2,56	0,32	0,11	0,95	0,58	0,44	2,25	4,26
D92X	0,23	3,69	0,57	0,09	0,93	1,16	0,49	2,85	4,70
E92P	0,30	3,07	3,38	0,03	0,89	0,57	0,29	1,99	4,21
F92M	0,23	2,70	0,42	1,26	0,83	0,29	0,50	1,78	4,71
F92P	0,23	2,08	0,35	1,86	0,88	0,36	0,50	0,40	5,09
G92P1	0,18	3,28	0,24	1,40	0,43	0,19	0,47	0,40	4,48
G92P2	0,13	3,76	0,23	1,28	0,36	0,25	0,87	0,39	4,05
H92M	0,55	2,25	0,67	0,08	0,90	0,34	0,53	2,45	4,54

Tabla 5.1.-4. Contenido en ácidos orgánicos y azúcares (mg/mL), para n=2, de las muestras de vinos base de 1990, 1991 y 1992. A, B, C, D, E, F, G, H, bodegas elaboradoras: M, X y P: variedades (M: Macabeo, X: Xarel.lo y P: Parrellada)

MUESTRA	Acetaldehído	Acetato de metilo	Acetato de etilo	Diacetato	Metanol	1-Propanol	Isobutanol	Alcoholes Isoamílicos
C90M	7,98	3,24	16,27	2,02	35,00	19,54	16,23	117,88
C90X	10,47	3,68	48,03	5,69	19,81	19,26	23,59	154,98
C90P	7,72	3,50	17,77	2,53	38,34	16,74	24,48	114,45
F90P	9,13	2,50	22,82	1,92	23,77	27,08	10,95	107,07
G90P	16,04	2,33	29,15	1,99	14,99	22,69	15,50	159,75
G90M	12,24	2,89	18,17	2,88	36,01	21,09	15,30	183,05
B91P1	11,29	4,75	5,55	1,40	11,72	23,65	15,92	137,20
B91P2	14,00	2,08	42,94	2,79	10,67	27,60	15,51	146,98
B91X1	15,56	2,10	47,55	4,44	13,46	28,77	14,36	152,51
B91P3	9,60	2,38	30,21	2,26	11,97	20,12	13,46	157,59
B91M1	16,46	2,47	34,41	3,37	20,36	14,67	12,44	113,37
B91M2	10,13	1,82	29,35	1,65	17,76	17,28	12,22	123,22
B91X2	9,01	1,39	29,20	0,89	12,18	30,46	12,68	179,75
D91P	11,32	5,07	17,31	2,80	15,79	19,25	21,29	119,39
E91P	18,16	3,31	22,13	6,66	10,40	12,59	8,18	119,52
G91M	12,99	2,22	22,31	1,63	21,68	17,16	13,09	156,52
G91P	9,34	2,07	19,95	1,36	11,62	13,55	10,99	123,31
A92M1	20,81	4,33	44,06	4,92	30,80	38,84	24,31	163,82
A92M2	20,90	5,14	38,47	6,50	31,25	29,91	34,63	180,04
A92X1	19,22	7,73	68,85	11,50	20,26	26,56	9,33	176,28
A92X2	18,33	10,73	42,02	4,99	53,72	24,01	23,14	139,95
A92X3	13,60	3,42	35,44	5,10	30,74	39,34	25,29	169,00
A92P1	15,27	6,63	40,02	8,10	14,95	21,24	21,55	142,07
A92P2	17,04	2,65	45,50	6,95	23,92	23,05	15,18	161,11
A92P3	15,30	8,85	58,17	7,51	22,92	28,47	16,52	158,32
B92M1	18,22	7,86	58,29	6,65	33,12	22,88	16,91	153,12
B92M2	20,33	4,16	67,14	8,96	27,40	30,46	6,88	203,96
B92X1	19,39	2,91	45,43	4,11	26,37	23,90	23,14	159,42
B92X2	22,49	3,78	50,12	2,81	18,77	35,64	16,94	161,96
B92P1	19,49	4,01	41,77	3,52	14,36	25,55	11,62	143,04
B92P2	14,64	1,75	48,86	2,24	14,42	30,35	19,39	156,97
C92M	8,64	4,77	32,09	7,75	37,88	31,71	75,96	165,13
C92X	8,05	7,87	53,74	7,40	27,02	30,22	37,57	122,41
C92P	14,34	6,82	47,03	9,97	19,94	34,35	47,67	154,73
D92X	14,90	2,50	43,71	0,78	26,03	23,47	34,74	112,09
E92P	15,55	4,64	36,03	10,00	148,54	22,68	41,83	133,64
F92M	8,14	2,73	36,49	2,05	39,63	50,77	25,20	122,03
F92P	13,89	3,23	29,46	6,96	58,20	48,95	22,66	135,59
G92P1	13,01	1,26	29,90	1,46	28,33	39,29	21,01	163,02
G92P2	11,44	4,40	40,36	5,58	15,35	34,86	30,73	161,44
H92M	18,53	10,90	42,61	5,94	33,20	27,98	29,96	220,39

Tabla 5.1.5. Contenido en alcoholes superiores (mg/l), para n=2, de las muestras de vinos base de 1990, 1991 y 1992, A, B, C, D, E, F, G, H: bodegas elaboradoras: M, X, P: variedades(M: Macabeo, X: Xarel.lo y P: Parellada)

<b>Macabeo '93</b>				<b>Xarel.lo '93</b>				<b>Parellada '93</b>			
<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>
(meses)	(mm)	(mm)	(sec)	(meses)	(mm)	(mm)	(sec)	(meses)	(mm)	(mm)	(sec)
3	68	28	153	3	69	29	113	3	94	27	90
3	56	25	144	3	70	29	98	3	85	26	90
6	58	35	530	6	56	29	390	6	56	27	195
6	56	35	583	6	56	29	390	6	49	27	185
9	63	29	480	9	65	29	375	9	52	27	178
9	60	33	527	9	66	30	345	9	47	26	178
12	48	28	500	12	36	30	385	12	41	27	405
12	46	27	500	12	41	31	355	12	41	26	402
15	31	24	275	15	37	27	300	15	36	23	295
15	31	24	250	15	38	28	315	15	39	24	310
18	48	32	480	18	44	31	425	18	42	32	445
18	43	31	470	18	39	33	505	18	44	28	415
23	29	28	403	23	33	27	455	23	32	27	373
23	34	28	420	23	29	24	450	23	31	26	390
26	32	27	436	26	34	28	456	26	33	27	340
26	35	29	446	26	35	28	456	26	34	28	371
<b>Chardonnay '93</b>				<b>CP '93</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)				<b>CPC '93</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada: Chardonnay) (3:3:3:1)			
<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>
(meses)	(mm)	(mm)	(sec)	(meses)	(mm)	(mm)	(sec)	(meses)	(mm)	(mm)	(sec)
3	107	26	80	3	81	30	170	3	81	29	90
3	107	27	63	3	80	29	190	3	76	28	87
6	96	29	50	6	61	29	248	6	76	28	113
6	91	28	47	6	58	30	249	6	72	24	114
9	90	32	143	9	52	25	200	9	63	26	123
9	81	31	141	9	53	29	213	9	64	27	114
12	86	24	85	12	51	30	355	12	51	24	237
12	85	23	82	12	52	31	372	12	50	25	250
15	61	38	213	15	40	30	263	15	42	24	305
15	66	35	198	15	37	30	283	15	43	24	300
18	85	30	90	18	46	31	590	18	38	29	570
18	94	32	87	18	44	30	563	18	38	28	557
23	55	30	275	23	32	25	425	23	35	25	355
23	51	32	300	23	31	26	430	23	34	23	430
26	67	31	225	26	37	28	440	26	32	26	350
26	71	33	280	26	39	29	426	26	35	24	380

**Tabla 5.2.1.** Valores de las características espumosas (HM: espumabilidad; HS: permanencia de la espuma; TS: tiempo de estabilidad) de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

<b>Macabeo '93</b>					<b>Xarel.lo '93</b>					<b>Parellada '93</b>				
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)				<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)				<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)			
	280 (nm)	320 (nm)	365 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	365 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	365 (nm)	420 (nm)
3	493	405	83	62	3	468	340	77	71	3	502	371	85	70
3	497	409	88	61	3	475	345	77	73	3	499	370	88	72
6	496	399	78	73	6	468	330	64	84	6	492	354	68	86
6	505	407	83	72	6	468	330	62	86	6	486	350	64	84
9	451	362	50	80	9	406	282	35	87	9	436	310	35	85
9	448	360	47	80	9	416	289	31	85	9	437	309	32	86
12	480	387	67	70	12	457	326	59	76	12	480	347	63	76
12	479	388	67	71	12	467	333	64	75	12	483	350	65	76
15	458	359	37	65	15	454	309	40	73	15	468	323	37	75
15	468	366	43	67	15	452	307	33	73	15	466	322	35	75
18	513	401	76	69	18	492	342	70	79	18	513	359	69	83
18	516	403	73	68	18	500	346	70	79	18	519	364	70	82
23	540	419	92	73	23	507	351	69	86	23	514	358	65	88
23	537	416	81	75	23	507	348	67	84	23	516	360	67	89
26	470	362	63	77	26	455	304	59	84	26	470	323	58	88
26	469	362	65	78	26	453	303	58	84	26	470	321	57	89
<b>Chardonnay '93</b>					<b>CP '93</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)					<b>CPC '93</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada: Chardonnay) (3:3:3:1)				
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)				<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)				<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)			
	280 (nm)	320 (nm)	365 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	365 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	365 (nm)	420 (nm)
3	624	391	92	89	3	511	374	83	72	3	489	372	81	80
3	625	388	91	88	3	499	378	87	70	3	515	374	80	80
6	648	400	98	102	6	497	367	74	79	6	503	362	70	78
6	631	382	90	103	6	489	364	70	80	6	503	362	70	80
9	576	343	54	116	9	473	337	53	90	9	556	329	45	86
9	579	341	52	116	9	467	334	52	93	9	447	330	45	87
12	611	369	71	100	12	504	363	72	76	12	470	348	56	75
12	616	372	74	99	12	494	358	67	76	12	465	346	55	75
15	607	354	56	101	15	458	333	44	76	15	476	328	37	78
15	600	349	51	102	15	456	330	42	75	15	469	324	35	79
18	650	383	77	106	18	555	402	78	76	18	562	394	84	80
18	650	385	81	107	18	559	408	84	76	18	543	381	80	80
23	653	383	75	124	23	528	365	69	87	23	507	364	66	83
23	646	377	72	113	23	526	366	67	84	23	523	377	74	80
26	605	344	68	118	26	464	330	58	86	26	480	328	59	92
26	606	344	67	119	26	461	325	60	86	26	457	330	58	91

**Tabla 5.2.2.** Valores de las determinaciones espectrofotométricas (n=2) en vinos espumosos de la vendimia de 1993.

**Macabeo '93**

Crianza	SO <sub>2</sub> Libr	SO <sub>2</sub> Tota	Acidez total	Acidez volátil	pH	Grado alcohólico	Densida	Polifenoles Totales	Presión	Conductividad
(meses)	(mg/l)	(mg/l)	(g ác. tartárico/l)	(g ác. acético/l)		(% v/v)	(g/l, 20°C)	(mg ác. galico/l)	atm.	(mS/cm)
3	6	73	4,33	0,37	2,9	12,10	990,7	152	7,2	1,30
3	6	71	4,35	0,36	2,9	12,05	990,7	160	7,2	1,30
6	6	67	4,34	0,34	2,8	12,05	991,0	150	7,2	1,30
6	6	69	4,35	0,34	2,8	12,05	991,0	170	7,2	1,30
9	6	69	4,33	0,35	2,9	11,96	990,8	162		1,29
9	6	68	4,30	0,33	2,9	11,95	990,8	164		1,29
12	7	70	4,19	0,32	2,9	11,93	990,7	160	6,5	1,49
12	7	70	4,20	0,32	2,9	11,94	990,7	163	6,6	1,49
15	11	77	4,29	0,38	2,8	11,00	990,8	172	6,6	1,30
15	11	75	4,29	0,36	2,8	11,92	990,7	187	6,7	1,30
18	6	70	4,50	0,37	2,9	12,04	990,8	170	6,8	1,31
18	6	68	4,47	0,37	2,9	12,04	990,8	174	6,8	1,31
23	8	62	4,31	0,33	2,8	12,12	990,8	161	6,6	1,28
23	8	67	4,25	0,36	2,8	12,12	990,9	167	6,7	1,28
26	6	73	4,16	0,32	2,9	12,00	990,7	171	6,2	1,29
26	6	67	4,25	0,34	2,9	12,08	990,7	176	6,3	1,30

**Xarel.lo '93**

3	6	62	4,27	0,27	2,9	12,52	990,8	169	7,5	1,28
3	6	63	4,28	0,26	2,9	12,53	990,8	173	7,5	1,27
6	7	67	4,21	0,24	2,9	12,43	991,0	154	7,5	1,27
6	7	67	4,24	0,26	2,9	12,43	991,0	164	7,7	1,26
9	7	62	4,09	0,24	2,9	12,33	990,5	167		1,26
9	6	59	4,06	0,23	2,9	12,33	990,4	176		1,26
12	6	67	4,04	0,28	2,8	12,30	990,3	150	7,4	1,34
12	6	65	4,05	0,27	2,8	12,30	990,4	167	7,4	1,34
15	11	64	4,00	0,27	2,9	12,33	990,3	186	6,9	1,28
15	11	63	4,06	0,26	2,9	12,33	990,3	174	7,1	1,28
18	6	61	4,22	0,28	3,0	12,56	990,4	170	6,6	1,28
18	6	63	4,21	0,27	2,9	12,57	990,4	175	6,8	1,28
23	8	60	4,12	0,25	2,9	12,49	990,4	166	7,1	1,25
23	8	57	4,00	0,26	2,9	12,49	990,5	170	6,7	1,25
26	6	70	4,05	0,25	2,9	12,50	990,2	172	6,4	1,27
26	6	67	4,00	0,27	2,9	12,45	990,3	173	6,7	1,27

**Parellada '93**

3	7	61	4,22	0,36	2,8	11,85	991,9	157	7,2	1,27
3	7	56	4,17	0,35	2,8	11,85	991,9	161	7,2	1,26
6	7	66	4,11	0,43	2,8	11,85	991,9	153	7,2	1,27
6	7	65	4,70	0,43	2,8	11,85	991,9	158	7,2	1,27
9	7	57	4,09	0,30	2,9	11,76	991,6	163		1,26
9	6	59	4,10	0,30	2,9	11,77	991,5	182		1,26
12	6	66	4,18	0,34	2,9	11,70	991,7	160	6,9	1,34
12	7	62	4,20	0,32	2,9	11,71	991,6	158	6,8	1,34
15	8	60	4,17	0,31	2,9	11,74	991,6	164	6,6	1,26
15	8	63	4,14	0,32	2,9	11,74	991,6	166	6,6	1,27
18	7	59	4,22	0,33	2,9	11,78	991,5	184	6,3	1,41
18	7	58	4,16	0,35	2,9	11,80	991,4	187	6,4	1,41
23	7	60	4,09	0,32	2,9	11,93	991,3	169	6,3	1,24
23	7	57	4,16	0,32	2,9	11,94	991,4	164	6,5	1,24
26	7	67	4,02	0,32	2,9	11,90	990,6	177	6,2	1,26
26	7	60	4,08	0,32	2,9	11,95	990,6	182	6,3	1,26

**Tabla 5.2.3.b.** Valores de los parámetros generales de los vinos espumosos de la vendimia de 1993

## Chardonnay '93

Crianza	SO <sub>2</sub> Libr	SO <sub>2</sub> Tota	Acidez total	Acidez volátil	pH	Grado alcohólico	Densida	Polifenoles Totales	Presión	Conductividad
(meses)	(mg/l)	(mg/l)	(g ác. tartárico/l)	(g ác. acético/l)		(% v/v)	(g/l, 20°C)	(mg ác. galico/l)	atm.	(mS/cm)
3	8	69	4,47	0,28	3,0	12,63	991,0	185	7,7	1,38
3	9	70	4,46	0,28	3,0	12,63	991,0	191	7,7	1,38
6	8	57	4,41	0,36	2,9	12,65	991,7	172	7,7	1,38
6	8	56	4,41	0,36	2,9	12,72	991,7	187	7,8	1,38
9	8	56	4,43	0,28	2,9	12,70	990,9	190		1,36
9	8	59	4,43	0,27	2,9	12,74	990,9	197		1,36
12	7	67	4,40	0,26	3,0	12,68	991,2	192	7,1	1,43
12	6	67	4,41	0,26	3,0	12,70	991,2	196	7,2	1,43
15	10	64	4,43	0,31	3,0	12,64	991,3	219	7,3	1,37
15	10	66	4,45	0,32	3,0	12,68	991,3	219	7,4	1,37
18	7	59	4,48	0,29	3,0	12,76	991,2	213	7,1	1,39
18	7	60	4,51	0,30	3,0	12,75	991,1	200	7,1	1,39
23	9	51	4,40	0,27	3,0	12,88	991,1	193	7,1	1,37
23	8	57	4,38	0,29	3,0	12,87	991,0	196	7,3	1,37
26	7	60	4,32	0,27	3,0	12,80	990,8	202	7,1	1,38
26	8	64	4,30	0,29	3,0	12,78	990,9	205	7,0	1,38

## CP '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)

3	7	70	4,14	0,32	2,9	12,05	991,3	157	7,3	1,28
3	7	66	4,16	0,31	2,9	12,02	991,3	161	7,3	1,29
6	8	77	4,18	0,33	2,9	12,12	991,9	163	7,2	1,30
6	8	74	4,19	0,32	2,9	12,15	991,9	164	7,3	1,29
9	8	70	4,17	0,32	2,8	12,08	991,5	158		1,29
9	7	66	4,15	0,32	2,8	12,03	991,5	183		1,28
12	7	72	4,15	0,31	2,9	12,00	991,5	158	6,5	1,32
12	6	71	4,15	0,31	2,9	12,03	991,5	159	6,8	1,32
15	6	72	4,22	0,32	2,9	12,02	991,3	165	6,7	1,21
15	7	69	4,27	0,31	2,9	12,04	991,3	171	6,7	1,21
18	5	61	4,20	0,34	2,9	12,09	991,4	172	6,6	1,27
18	5	67	4,19	0,35	2,9	12,10	991,3	173	6,8	1,27
23	6	66	4,12	0,31	2,9	12,19	991,2	169	6,6	1,26
23	6	67	4,08	0,33	2,9	12,22	991,2	173	6,7	1,26
26	6	67	4,03	0,30	2,9	12,20	990,9	174	6,6	1,28
26	7	70	4,05	0,31	2,9	12,18	991,1	179	6,7	1,28

## CPC '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)

3	8	67	4,20	0,33	2,9	12,14	992,1	160	7,6	1,30
3	7	67	4,16	0,30	2,9	12,16	992,1	167	7,6	1,31
6	7	67	4,16	0,29	2,9	12,25	991,2	165		1,30
6	7	65	4,19	0,31	2,9	12,27	991,2	170		1,30
9	7	64	4,17	0,30	2,9	12,14	991,2	163		1,31
9	6	64	4,16	0,29	2,9	12,13	991,1	176		1,32
12	7	66	4,22	0,31	2,9	12,13	991,0	166	6,9	1,47
12	8	67	4,27	0,31	2,9	12,11	991,0	171	6,8	1,47
15	6	60	4,28	0,30	2,9	12,11	991,3	173	7,0	1,22
15	6	63	4,27	0,31	2,9	12,11	991,3	187	7,0	1,22
18	5	60	4,23	0,31	2,9	12,25	991,1	171	6,8	1,30
18	5	62	4,22	0,32	2,9	12,25	991,1	178	6,8	1,30
23	6	66	4,17	0,28	2,9	12,29	991,1	174	6,8	1,27
23	6	64	4,14	0,30	2,9	12,30	991,0	177	6,9	1,27
26	5	54	3,99	0,28	2,9	12,24	990,9	174	6,8	1,29
26	6	57	4,06	0,31	2,9	12,22	991,0	185	6,7	1,30

Tabla 5.2.3.b. Valores de los parámetros generales de los vinos espumosos de la vendimia de 1993

**Macabeo '93**

<b>Crianza</b> (meses)	<b>Tensión Superficial</b> (mN/m)	<b>Polisacáridos Totales</b> (mg/L galactosa)	<b>Polisacáridos ácidos</b> (mg/L ác. galacturónico)	<b>Polisacáridos neutros</b> (mg/L galactosa)	<b>Proteínas</b> (mg/L albúmina)
3	48,0	248	48	229	5,2
3	47,6	240	45	222	5,7
6	50,3	214	49	194	5,9
6	51,1	202	46	183	5,5
9	50,0	233	54	211	5,5
9	50,1	239	59	215	5,5
12	50,5	229	52	208	4,8
12	50,5	237	59	213	4,2
15	50,5	193	57	170	4,7
15	50,5	196	56	174	5,6
18	49,3	288	53	267	4,8
18	49,7	294	51	273	6,3
23	49,6	252	41	236	5,3
23	49,5	266	39	250	5,3
26	49,4	265	28	237	3,2
26	49,6	259	32	228	3,4

**Xarel.lo '93**

3	47,5	261	41	244	5,9
3	47,4	259	40	244	6,6
6	50,5	238	39	223	6,7
6	50,3	263	38	248	6,3
9	51,1	223	50	203	5,3
9	51,1	221	47	202	6,0
12	50,2	220	51	200	5,8
12	49,8	224	51	204	5,2
15	50,4	200	59	177	5,3
15	50,3	208	68	181	6,0
18	49,7	291	44	274	5,8
18	49,5	290	39	274	6,4
23	47,9	259	38	244	5,0
23	47,7	277	38	262	5,4
26	49,3	229	26	203	3,8
26	49,8	234	26	208	3,9

**Parellada '93**

3	48,0	224	43	206	5,4
3	47,6	222	46	204	6,3
6	51,0	234	38	219	6,5
6	51,0	236	37	222	6,0
9	51,7	222	60	198	5,7
9	51,9	225	63	200	5,9
12	50,5	217	61	192	5,8
12	50,3	216	56	194	5,2
15	51,0	224	56	201	4,9
15	50,7	212	55	190	5,9
18	50,4	288	40	273	6,1
18	50,3	283	43	266	6,0
23	48,3	291	40	275	6,0
23	48,4	266	47	247	5,0
26	49,9	273	34	239	3,8
26	49,9	261	34	227	3,8

**Tabla 5.2.4.a.** Valores de la tensión superficial, polisacáridos totales, ácidos y neutros y proteínas de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

<b>Chardonnay '93</b>					
<b>Crianza</b>	<b>Tensión Superficial</b>	<b>Polisacáridos Totales</b>	<b>Polisacáridos ácidos</b>	<b>Polisacáridos neutros</b>	<b>Proteínas</b>
(meses)	(mN/m)	(mg/L galactosa)	(mg/L ác. galacturónico)	(mg/L galactosa)	(mg/L albúmina)
3	46,2	256	46	237	7,3
3	46,4	247	52	227	7,8
6	50,1	270	60	246	7,9
6	50,2	278	57	255	7,6
9	50,3	273	63	247	7,1
9	50,1	279	62	254	7,2
12	49,6	248	50	228	7,3
12	49,4	255	48	236	5,9
15	49,6	280	55	258	6,2
15	49,9	272	51	251	7,4
18	48,7	339	61	315	7,7
18	48,7	328	55	306	8,4
23	47,3	277	42	260	6,8
23	47,6	282	47	263	6,9
26	48,8	234	39	195	7,5
26	48,9	239	42	198	5,8
<b>CP '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>					
3	47,3	258	55	236	5,5
3	47,3	247	59	224	6,5
6	50,7	255	48	236	6,8
6	50,7	259	48	239	6,3
9	50,2	237	55	215	5,1
9	50,7	231	54	210	4,7
12	50,2	236	45	218	5,2
12	50,1	217	42	200	4,7
15	50,5	232	57	209	5,6
15	50,6	248	54	227	6,3
18	49,5	297	55	275	5,8
18	49,7	313	54	292	6,4
23	48,5	288	47	269	5,6
23	48,7	272	49	252	5,8
26	49,4	212	38	174	4,3
26	49,3	204	39	165	4,2
<b>CPC '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>					
3	47,2	248	58	225	5,1
3	47,3	247	55	225	6,6
6	50,9	243	56	221	6,9
6	50,6	247	56	225	6,6
9	51,0	247	57	225	5,0
9	50,8	251	59	227	5,8
12	50,3	233	54	211	5,6
12	50,4	217	58	193	4,7
15	50,2	252	61	228	5,5
15	50,4	237	60	212	6,5
18	49,8	325	52	304	5,4
18	49,7	318	53	297	6,2
23	48,4	273	46	255	5,6
23	48,5	260	50	240	5,8
26	49,7	250	40	210	4,3
26	49,1	237	40	197	4,0

**Tabla 5.2.4.b.** Valores de la tensión superficial, polisacáridos totales, ácidos y neutros y proteínas (n=4) de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

<b>Macabeo '93</b>							
<b>Crianza</b>	<b>Acetaldehído</b>	<b>Acetato de metilo</b>	<b>Acetato de etilo</b>	<b>Metanol</b>	<b>1-Propano</b>	<b>Isobutanol</b>	<b>Alcoholes Isoamílicos</b>
(meses)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
3	24,2	0,17	47,1	33,7	20,5	12,2	84,0
3	26,2	0,52	51,9	34,4	24,2	16,3	133,7
6	21,9	0,89	50,6	55,1	26,5	14,7	148,6
6	22,1	0,62	49,9	50,4	25,5	16,2	147,0
9	25,3	0,29	50,3	66,8	25,9	16,4	147,0
9	18,1	0,25	41,0	55,1	22,7	15,9	130,6
12	15,1	0,29	33,7	21,3	16,5	10,4	86,0
12	11,9	0,14	37,7	25,6	20,3	13,0	117,0
15	15,3	0,19	31,6	27,0	15,6	10,1	91,1
15	19,5	0,30	40,9	36,4	18,9	12,6	103,8
18	18,8	0,36	27,7	67,2	18,3	12,2	105,2
18	17,4	0,77	19,7	57,7	17,8	13,3	108,5
23	20,0	0,53	24,6	68,5	19,6	13,0	112,9
23	17,4	0,77	19,7	57,7	17,8	13,3	108,5
26	18,7	0,34	36,5	52,6	12,3	18,4	108,7
26	21,3	0,27	27,2	41,6	19,0	12,6	110,3
<b>Xarel.lo '93</b>							
3	17,7	0,67	32,6	25,7	27,5	13,1	108,7
3	18,2	0,68	32,3	21,6	26,8	12,4	107,5
6	20,8	0,63	34,0	25,9	27,5	13,3	113,3
6	16,5	0,10	35,3	25,3	28,8	14,2	116,6
9	17,9	1,32	43,0	31,8	36,7	17,6	152,7
9	21,9	1,13	33,2	32,0	28,5	14,2	114,3
12	19,9	0,68	30,7	28,3	28,0	14,9	120,3
12	16,0	0,67	28,0	26,5	26,1	13,0	113,3
15	23,9	0,76	33,6	23,0	27,1	13,7	115,4
15	19,4	0,45	33,0	21,3	26,6	11,8	102,5
18	28,1	1,26	19,1	101,9	28,0	13,8	87,4
18	22,9	0,78	17,7	85,9	26,3	12,4	67,6
23	21,6	1,05	21,7	63,8	28,5	13,4	119,5
23	18,7	0,89	18,8	48,9	26,2	12,4	104,8
26	26,9	0,92	27,6	79,1	28,2	14,9	121,3
26	24,2	0,35	24,0	63,0	27,2	14,1	110,2
<b>Parellada '93</b>							
3	20,3	0,77	41,5	15,9	27,7	10,2	108,8
3	20,5	0,12	43,1	14,9	28,2	9,2	91,3
6	18,3	0,75	43,1	19,1	28,6	9,9	111,7
6	17,6	0,93	47,6	17,8	30,5	11,3	119,2
9	20,6	0,73	40,7	24,1	29,3	11,0	115,6
9	21,5	0,74	39,1	23,7	29,2	10,9	111,9
12	17,7	1,22	44,2	25,5	30,5	14,0	115,7
12	17,6	0,61	42,7	21,9	28,2	8,7	113,7
15	20,7	1,60	43,8	20,5	29,0	10,4	110,6
15	19,8	0,34	36,2	17,3	27,3	9,6	109,1
18	23,0	1,05	32,2	82,3	29,9	10,6	115,5
18	19,1	0,97	25,8	80,1	28,0	10,3	107,2
23	28,3	1,95	31,9	36,9	30,0	11,8	124,9
23	24,8	1,19	31,0	34,4	28,4	10,5	113,3
26	27,3	0,82	36,1	33,4	29,6	13,4	120,3
26	26,0	0,52	35,3	32,6	28,6	10,9	114,2

Tabla 5.2.5.a. Contenido en compuestos volátiles (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

## Chardonnay '93

Crianza (meses)	Acetaldehído (mg/l)	Acetato de metilo (mg/l)	Acetato de etilo (mg/l)	Metanol (mg/l)	1-Propano (mg/l)	Isobutanol (mg/l)	Alcoholes Isoamílicos (mg/l)
3	21,9	1,38	36,8	30,8	32,6	15,7	129,1
3	17,3	0,74	34,8	29,2	29,8	10,3	125,6
6	13,6	0,64	34,2	36,6	31,5	13,8	128,4
6	17,5	0,62	35,7	38,0	32,5	14,7	132,1
9	15,4	0,59	27,0	29,0	23,3	11,5	95,9
9	14,7	0,41	23,9	27,4	22,8	9,8	90,4
12	21,7	1,03	34,4	39,0	28,4	12,3	131,2
12	16,5	1,02	29,6	36,4	28,0	11,7	95,9
15	22,8	1,18	32,5	38,1	30,4	12,5	121,3
15	18,6	1,04	29,7	35,2	29,4	11,9	115,7
18	26,1	1,05	22,6	166,1	31,9	14,9	128,2
18	22,4	0,88	19,6	149,5	31,8	13,1	123,6
23	25,2	0,88	28,5	59,0	32,6	14,7	132,9
23	20,2	0,88	25,7	56,8	31,4	13,1	125,6
26	21,3	1,06	26,4	91,0	33,1	15,1	130,8
26	19,3	0,98	23,7	86,1	31,5	13,4	129,4
<b>CP '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>							
3	17,2	0,00	36,1	25,9	22,8	10,1	97,7
3	20,5	0,76	40,5	25,7	24,8	11,9	109,7
6	21,6	0,81	42,4	23,5	26,5	12,2	116,5
6	20,6	0,88	38,6	25,0	24,7	13,0	108,3
9	21,1	1,02	42,8	30,0	26,2	12,3	115,3
9	20,2	0,71	41,8	29,5	25,3	13,1	108,9
12	29,6	0,99	43,7	23,6	25,9	13,0	123,3
12	26,6	0,65	40,9	22,0	25,5	12,5	110,6
15	23,2	1,03	29,4	30,6	20,0	9,8	89,3
15	16,0	0,87	29,0	23,7	18,7	8,9	83,9
18	28,4	1,39	26,1	97,6	25,4	12,9	115,6
18	24,3	1,16	24,4	93,2	24,6	10,1	111,4
23	21,4	1,94	25,4	71,5	27,0	13,3	117,7
23	18,4	0,22	24,8	67,8	23,5	10,7	106,6
26	25,4	0,97	26,0	115,8	26,2	12,2	118,2
26	16,2	0,69	24,4	100,6	23,7	12,0	108,3
<b>CPC '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>							
3	18,1	0,54	37,2	27,3	25,8	13,1	110,2
3	18,1	0,54	37,2	27,3	25,8	13,1	110,2
6	17,9	1,20	42,8	30,2	28,0	13,3	123,2
6	18,6	0,68	39,7	26,2	27,0	12,6	115,0
9	18,9	0,60	33,0	25,2	22,8	10,6	97,4
9	14,2	0,95	34,1	21,8	20,2	9,8	88,1
12	30,1	0,55	43,8	35,8	28,9	14,4	124,4
12	25,9	0,55	34,5	26,3	24,1	11,3	104,0
15	26,2	1,57	41,3	32,4	27,6	13,6	114,2
15	21,3	0,51	38,2	31,0	25,7	11,8	113,2
18	25,6	1,25	30,7	106,9	28,6	12,9	123,9
18	21,8	0,94	22,6	92,8	26,6	10,4	113,5
23	21,9	1,15	30,0	65,2	27,0	12,0	116,5
23	20,4	1,14	28,8	63,0	25,3	10,8	100,8
26	21,8	0,94	30,2	68,6	26,8	12,0	110,2
26	20,8	0,62	28,6	63,3	26,4	10,7	108,8

Tabla 5.2.5.b. Contenido en compuestos volátiles (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

<b>Macabeo '93</b>									
<b>Crianza</b>	<b>Ácido Cítrico</b>	<b>Ácido Tartárico</b>	<b>Ácido Galacturónico</b>	<b>Ácido Málico</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Fructos</b>	<b>Ácido Succínico</b>	<b>Ácido Láctico</b>	<b>Glicerol</b>
(meses)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)
3	0,12	3,02	0,36	1,56	0,19	1,01	0,40	0,12	4,43
3	0,12	3,02	0,39	1,58	0,19	1,00	0,38	0,12	4,62
6	0,15	3,35	0,43	1,67	0,21	1,14	0,38	0,11	4,94
6	0,17	3,38	0,45	1,71	0,21	1,10	0,39	0,10	4,78
9	0,24	3,49	0,50	1,78	0,48	1,46	0,38	0,13	4,89
9	0,20	3,51	0,48	1,87	0,23	1,15	0,54	0,17	4,91
12	0,15	3,15	0,44	1,77	0,19	1,00	0,61	0,12	5,37
12	0,14	3,04	0,40	1,57	0,22	1,10	0,52	0,12	4,59
15	0,15	2,93	0,34	1,52	0,16	0,99	0,56	0,12	4,76
15	0,02	2,91	0,36	1,52	0,20	1,01	0,56	0,13	4,42
18	0,14	3,10	0,37	1,60	0,21	1,12	0,32	0,17	4,86
18	0,15	3,19	0,39	1,65	0,25	1,32	0,36	0,38	4,97
23	0,12	3,42	0,54	1,60	0,25	1,63	0,17	0,57	5,33
23	0,06	3,68	0,57	1,90	0,32	1,43	0,28	0,73	4,77
26	0,11	4,99	0,69	2,64	0,54	1,92	0,14	0,21	8,31
26	0,17	3,12	0,46	2,64	0,54	1,65	0,13	0,50	4,84
<b>Xarel.lo '93</b>									
3	0,17	2,96	0,28	1,61	0,21	1,09	0,34	0,10	4,29
3	0,20	3,17	0,31	1,60	0,23	1,12	0,36	0,13	4,95
6	0,15	3,09	0,31	1,60	0,23	1,28	0,35	0,11	4,70
6	0,17	2,89	0,32	1,45	0,23	1,20	0,34	0,10	4,35
9	0,14	3,17	0,33	1,62	0,31	1,48	0,50	0,11	4,62
9	0,24	3,30	0,35	1,65	0,37	1,82	0,54	0,12	5,04
12	0,18	3,15	0,35	1,79	0,26	1,39	0,48	0,14	5,10
12	0,20	3,19	0,32	1,68	0,23	1,29	0,36	0,15	5,02
15	0,16	3,04	0,29	1,55	0,27	1,48	0,54	0,12	4,98
15	0,15	3,17	0,29	1,68	0,31	1,51	0,36	0,11	4,71
18	0,15	3,06	0,30	1,60	0,24	1,26	0,32	0,11	4,59
18	0,16	3,02	0,32	1,71	0,26	1,36	0,32	0,26	4,69
23	0,08	3,54	0,46	1,71	0,46	2,64	0,17	0,59	4,78
23	0,06	3,19	0,40	1,63	0,41	2,21	0,16	0,50	4,63
26	0,18	5,32	0,70	2,71	0,55	3,29	0,17	0,92	7,96
26	0,20	5,17	0,67	2,31	0,44	2,53	0,23	0,82	7,51
<b>Parellada '93</b>									
3	0,19	3,25	0,35	1,48	0,53	1,87	0,27	0,10	4,53
3	0,16	2,92	0,24	1,26	0,48	1,68	0,25	0,09	4,23
6	0,15	3,32	0,35	1,50	0,64	2,24	0,27	0,12	4,74
6	0,16	3,56	0,35	1,48	0,65	2,28	0,29	0,14	5,13
9	0,20	3,43	0,37	1,56	0,64	2,16	0,36	0,17	4,97
9	0,15	3,37	0,33	1,50	0,55	2,16	0,29	0,15	5,14
12	0,15	3,18	0,24	1,45	0,53	2,01	0,29	0,13	4,51
12	0,17	3,59	0,31	1,58	0,59	2,08	0,30	0,16	5,29
15	0,09	3,08	0,29	1,45	0,56	2,08	0,31	0,15	4,66
15	0,15	3,21	0,28	1,50	0,56	2,04	0,26	0,13	4,81
18	0,23	3,01	0,36	1,32	0,56	1,87	0,32	0,40	4,11
18	0,15	3,61	0,31	1,52	0,56	2,16	0,59	0,46	5,84
23	0,03	3,39	0,46	1,94	0,38	3,14	0,27	0,38	5,25
23	0,04	3,37	0,64	1,28	0,36	2,49	0,16	0,22	4,73
26	0,36	4,84	0,58	2,09	0,73	2,86	0,23	0,52	6,69
26	0,22	4,97	0,53	2,71	0,54	1,93	0,32	0,62	7,47

**Tabla 5.2.6.a.** Contenido en ácidos orgánicos, azúcares y glicerol (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

<b>Chardonnay '93</b>									
<b>Crianza</b>	<b>Ácido Cítrico</b>	<b>Ácido Tartárico</b>	<b>Ácido Galacturónico</b>	<b>Ácido Málico</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Fructos</b>	<b>Ácido Succínico</b>	<b>Ácido Láctico</b>	<b>Glicerol</b>
(meses)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)
3	0,28	3,05	0,46	1,96	0,27	1,24	0,33	0,14	4,65
3	0,19	3,14	0,39	1,91	0,27	1,23	0,31	0,11	4,82
6	0,18	3,43	0,45	2,07	0,30	1,51	0,33	0,14	5,49
6	0,22	3,33	0,44	2,03	0,29	1,50	0,39	0,14	5,11
9	0,14	3,27	0,44	1,98	0,30	1,51	0,35	0,14	5,00
9	0,46	3,57	0,43	2,31	0,37	1,64	0,38	0,17	5,54
12	0,19	3,40	0,36	1,95	0,28	1,42	0,33	0,18	5,02
12	0,19	3,38	0,42	2,08	0,31	1,51	0,31	0,16	5,69
15	0,18	2,98	0,46	1,98	0,25	1,40	0,37	0,16	4,75
15	0,18	2,93	0,37	1,76	0,25	1,32	0,30	0,15	4,73
18	0,16	2,59	0,37	1,70	0,28	1,22	0,29	0,15	4,08
18	0,14	2,96	0,33	1,82	0,28	1,31	0,29	0,11	4,81
23	0,18	3,69	0,56	2,10	0,43	2,52	0,18	0,64	5,88
23	0,02	3,22	0,53	1,89	0,35	2,29	0,22	0,55	6,10
26	0,14	5,02	0,69	3,50	0,49	2,68	0,27	0,80	7,71
26	0,07	2,60	0,43	1,60	0,34	1,50	0,21	0,52	4,51
<b>CP '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>									
3	0,17	3,23	0,35	1,49	0,55	2,03	0,36	0,10	4,64
3	0,11	3,22	0,32	1,50	0,57	2,06	0,32	0,09	4,57
6	0,20	3,24	0,35	1,63	0,68	2,46	0,36	0,15	5,12
6	0,18	3,28	0,37	1,63	0,62	2,31	0,34	0,17	4,93
9	0,18	3,31	0,39	1,66	0,71	2,61	0,39	0,13	5,13
9	0,13	3,06	0,34	1,46	0,62	2,25	0,49	0,11	4,57
12	0,14	3,01	0,26	1,47	0,68	2,26	0,46	0,14	4,76
12	0,17	3,21	0,36	1,72	0,59	2,32	0,51	0,11	5,11
15	0,09	2,74	0,27	1,36	0,49	1,87	0,31	0,14	4,30
15	0,13	3,03	0,30	1,47	0,62	2,19	0,28	0,28	4,44
18	0,13	3,02	0,28	1,49	0,69	2,40	0,28	0,17	4,61
18	0,13	3,11	0,29	1,73	0,55	2,33	0,28	0,20	4,58
23	0,09	3,41	0,41	2,40	0,68	2,48	0,13	0,14	5,45
23	0,06	3,34	0,39	2,29	0,36	2,57	0,06	0,12	5,37
26	0,08	5,10	0,62	2,40	0,83	4,08	0,27	0,85	7,18
26	0,10	5,07	0,65	2,33	0,78	4,10	0,26	0,83	7,29
<b>CPC '93 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>									
3	0,18	3,21	0,37	1,62	0,44	1,70	0,34	0,10	4,84
3	0,18	3,10	0,37	1,62	0,01	1,70	0,34	0,10	4,61
6	0,09	1,73	0,20	0,86	0,21	0,92	0,19	0,08	2,45
6	0,22	3,47	0,44	1,87	0,46	1,99	0,42	0,18	5,31
9	0,15	2,88	0,31	1,45	0,35	1,65	0,35	0,10	4,78
9	0,22	3,54	0,40	1,73	0,44	1,84	0,53	0,21	5,02
12	0,15	3,12	0,33	1,56	0,33	1,62	0,49	0,12	4,80
12	0,16	3,09	0,33	1,61	0,41	1,85	0,34	0,12	4,85
15	0,13	2,87	0,24	1,46	0,39	1,73	0,29	0,13	4,46
15	0,16	3,15	0,33	1,55	0,40	1,80	0,31	0,28	4,57
18	0,12	3,06	0,30	1,50	0,45	1,88	0,31	0,12	4,65
18	0,72	2,94	0,39	1,85	0,49	2,01	0,46	0,43	4,74
23	0,17	2,78	0,43	1,17	0,31	3,19	0,14	0,33	4,13
23	0,18	2,59	0,40	1,14	0,24	1,88	0,16	0,30	3,67
26	0,11	5,00	0,63	2,46	0,66	3,19	0,23	0,92	7,94
26	0,09	3,08	0,42	1,46	0,36	1,61	0,13	0,48	4,76

**Tabla 5.2.6.b.** Contenido en ácidos orgánicos, azúcares y glicerol (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1993.

<b>Macabeo '94</b>				<b>Xarel.lo '94</b>				<b>Parellada '94</b>			
<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>
(meses)	(mm)	(mm)	(seg)	(meses)	(mm)	(mm)	(seg)	(meses)	(mm)	(mm)	(seg)
3	56	30	206	3	43	26	128	3	64	27	94
3	70	35	279	3	61	35	192	3	72	36	140
6	57	31	409	6	45	32	430	6	45	29	470
6	67	37	475	6	45	36	470	6	46	29	507
9	39	32	473	9	33	25	340	9	26	20	475
9	47	35	520	9	37	27	503	9	32	25	498
12	35	26	374	12	32	24	396	12	29	16	138
12	40	29	460	12	37	27	468	12	36	29	289
15	49	31	375	15	37	27	298	15	26	20	115
15	53	35	432	15	44	34	362	15	29	22	145
18	39	26	370	18	34	28	233	18	26	18	128
18	45	35	393	18	35	31	290	18	29	20	135
23	29	24	293	23	18	12	164	23	21	15	230
23	30	27	362	23	20	19	196	23	30	27	414
26	27	17	187	26	22	19	164	26	20	16	245
26	36	24	274	26	33	25	285	26	31	22	288
<b>Chardonnay '94</b>				<b>CP '94</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)				<b>CPC '94</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada: Chardonnay) (3:3:3:1)			
<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>	<b>Crianza</b>	<b>HM</b>	<b>HS</b>	<b>TS</b>
(meses)	(mm)	(mm)	(seg)	(meses)	(mm)	(mm)	(seg)	(meses)	(mm)	(mm)	(seg)
3	63	31	124	3	63	24	128	3	57	27	94
3	69	36	192	3	72	32	289	3	57	34	176
6	49	29	470	6	47	27	383	6	44	34	307
6	62	37	510	6	57	35	434	6	50	34	390
9	44	27	515	9	29	24	455	9	39	27	400
9	47	36	602	9	40	27	525	9	42	30	425
12	52	36	463	12	47	27	388	12	49	29	391
12	66	38	561	12	49	32	453	12	55	34	476
15	61	38	373	15	49	31	267	15	49	34	321
15	72	46	470	15	52	34	313	15	61	37	389
18	49	37	527	18	40	29	310	18	42	28	305
18	58	42	580	18	47	33	350	18	53	33	331
23	34	28	133	23	26	24	158	23	30	26	201
23	39	34	302	23	33	33	477	23	32	27	532
26	46	39	489	26	33	24	303	26	33	25	605
26	54	40	575	26	35	29	340	26	40	34	670

**Tabla 5.2.7.** Valores de las características espumosas (HM: espumabilidad; HS: permanencia de la espuma; TS: tiempo de estabilidad) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Macabeo '94</b>				<b>Xarel.lo '94</b>				<b>Parellada '94</b>			
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)			<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)			<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)		
	280 (nm)	320 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	420 (nm)
3	355	248	64	3	355	248	82	3	355	248	82
3	430	303	79	3	411	261	81	3	411	261	81
6	574	400	85	6	574	400	81	6	574	400	81
6	559	400	85	6	520	330	77	6	520	330	77
9	536	371	105	9	488	306	66	9	488	306	66
9	538	372	95	9	483	300	72	9	483	300	72
12	535	365	97	12	489	301	87	12	489	301	87
12	523	359	88	12	479	294	84	12	479	294	84
15	546	374	85	15	514	327	79	15	514	327	79
15	553	380	84	15	496	312	78	15	496	312	78
18	561	376	102	18	502	308	97	18	502	308	97
18	558	376	98	18	507	312	95	18	507	312	95
23	554	372	92	23	524	328	87	23	524	328	87
23	567	384	93	23	520	321	89	23	520	321	89
26	545	356	90	26	511	307	91	26	511	307	91
26	551	361	93	26	521	316	94	26	521	316	94
<b>Chardonnay '94</b>				<b>CP '94</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)				<b>CPC '94</b> (Macabeo:Xarel.lo:Parellada: Chardonnay) (3:3:3:1)			
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)			<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)			<b>Crianza</b> (meses)	<b>Absorbancia</b> (u.a. x 1000)		
	280 (nm)	320 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	420 (nm)		280 (nm)	320 (nm)	420 (nm)
3	638	372	123	3	638	372	76	3	638	372	81
3	633	369	125	3	438	300	82	3	500	336	92
6	741	432	122	6	537	368	85	6	569	378	86
6	740	431	116	6	537	368	81	6	570	378	83
9	695	395	104	9	507	343	80	9	551	364	69
9	695	395	105	9	494	332	73	9	562	374	86
12	685	388	120	12	492	328	82	12	529	343	95
12	696	394	124	12	507	341	82	12	531	344	92
15	715	412	113	15	513	345	85	15	521	340	93
15	716	419	113	15	494	325	92	15	543	357	87
18	721	407	131	18	522	343	94	18	556	358	97
18	722	407	132	18	518	341	92	18	557	359	98
23	733	417	122	23	550	365	85	23	545	366	89
23	735	418	123	23	547	363	84	23	544	365	95
26	734	411	135	26	532	345	94	26	567	359	106
26	711	386	139	26	526	339	98	26	542	338	106

**Tabla 2.5.8.** Valores de las determinaciones espectrofotométricas (n=2) en vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Macabeo '94</b>										
<b>Crianza</b>	<b>SO<sub>2</sub> Libr</b>	<b>SO<sub>2</sub> Total</b>	<b>Acidez volátil</b>	<b>Acidez total</b>	<b>pH</b>	<b>Grado alcohólico</b>	<b>Densida</b>	<b>Polifenoles Totales</b>	<b>Presión atm.</b>	<b>Conductividad (mS/cm)</b>
(meses)	(mg/l)	(mg/l)	(g ác. acético/l)	(g ác. tartárico/l)		(% v/v)	(g/l. 20°C)	(mg ác. gálico/l)		
3	7	80	0,30	3,70	2,9	11,60	990,4	196	6,8	1,32
3	7	73	0,30	3,76	2,9	11,71	990,4	182	6,8	1,32
6	7	73	0,33	3,65	2,9	11,79	990,4	180	6,6	1,31
6	7	77	0,37	3,72	2,9	11,78	990,4	181	6,7	1,31
9	6	77	0,28	3,65	2,9	11,83	990,3	178	6,8	1,30
9	6	77	0,29	3,68	2,9	11,84	990,4	178	6,8	1,30
12	10	77	0,31	3,48	2,9	11,83	990,5	193	6,6	1,33
12	8	73	0,33	3,54	2,9	11,86	990,3	189	6,7	1,32
15	7	64	0,31	3,50	2,8	11,89	990,4	178	6,6	1,31
15	8	67	0,41	3,57	2,8	11,83	990,5	180	6,5	1,31
18	10	77	0,30	3,55	2,8	11,81	990,5	179	6,5	1,31
18	10	80	0,34	3,65	2,8	11,83	990,5	181	6,7	1,31
23	7	73	0,32	3,71	2,9	11,80	990,8	168	6,1	1,31
23	7	80	0,33	3,75	2,9	11,83	990,9	191	6,3	1,31
26	5	73	0,28	3,56	3,0	11,82	989,0	164	6,3	1,35
26	5	73	0,31	3,75	3,0	11,82	989,5	159	6,2	1,32
<b>Xarel.lo '94</b>										
3	7	70	0,29	3,81	2,9	11,95	990,2	188	6,6	1,33
3	7	73	0,31	4,01	2,9	12,10	990,2	169	6,5	1,33
6	7	70	0,37	3,90	2,9	12,08	990,2	172	6,4	1,31
6	7	73	0,35	3,95	2,9	12,10	990,3	170	6,4	1,32
9	8	73	0,27	3,87	2,9	12,28	990,3	167	6,6	1,30
9	7	70	0,30	3,84	3,0	12,30	990,4	171	6,6	1,31
12	7	67	0,31	3,70	2,9	12,26	990,2	179	6,4	1,32
12	8	73	0,32	3,75	2,9	12,29	990,3	183	6,5	1,33
15	7	60	0,29	3,76	2,9	12,30	990,2	169	6,1	1,31
15	7	70	0,31	3,71	3,0	12,33	990,3	177	6,4	1,31
18	10	70	0,30	3,73	2,9	12,25	990,3	173	6,5	1,35
18	10	70	0,31	3,77	2,9	12,27	990,4	181	6,6	1,35
23	6	64	0,33	3,71	2,9	12,25	990,3	163	6,1	1,31
23	6	64	0,35	3,75	2,9	12,25	990,4	171	6,1	1,31
26	5	67	0,25	4,28	3,0	12,25	988,7	155	5,9	1,32
26	5	67	0,29	4,22	3,0	12,18	988,9	159	6,0	1,34
<b>Parellada '94</b>										
3	6	80	0,31	4,14	2,9	11,61	990,8	184	6,8	1,37
3	7	83	0,33	4,06	2,9	11,67	990,7	191	6,8	1,37
6	7	77	0,28	4,05	2,9	11,72	990,9	175	6,8	1,36
6	6	80	0,29	4,08	2,9	11,72	990,8	178	6,8	1,36
9	6	70	0,28	4,07	2,9	11,77	990,7	170	6,8	1,35
9	6	70	0,29	4,08	2,9	11,79	990,7	169	6,8	1,35
12	6	70	0,32	3,87	2,9	11,79	990,7	179	6,7	1,38
12	6	73	0,31	3,95	2,9	11,81	990,6	183	6,7	1,38
15	6	67	0,35	3,90	2,8	11,79	990,6	170	6,5	1,36
15	7	60	0,37	3,94	2,8	11,77	990,6	173	6,6	1,36
18	8	70	0,30	3,86	2,8	11,73	990,8	169	6,5	1,35
18	10	73	0,32	3,92	2,8	11,75	990,8	172	6,6	1,35
23	6	64	0,36	3,88	2,9	11,75	990,8	158	6,4	1,36
23	6	64	0,38	3,88	2,9	11,75	991,0	164	6,6	1,36
26	5	67	0,32	3,98	2,9	11,75	989,4	157	6,3	1,37
26	5	75	0,27	3,92	2,9	11,72	989,4	156	6,3	1,39

**Tabla 2.5.9.** Valores de los parámetros generales de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Chardonnay '94</b>										
<b>Crianza</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>Acidez</b>	<b>Acidez</b>	<b>pH</b>	<b>Grado</b>	<b>Densida</b>	<b>Polifenoles</b>	<b>Presión</b>	<b>Conductividad</b>
(meses)	Libr	Total	volátil	total		alcohólico		Totales	atm.	(mS/cm)
	(mg/l)	(mg/l)	(g ác. acético/l)	(g ác. tartárico/l)		(% v/v)	(g/l, 20°C)	(mg ác. gálico/l)		
3	8	70	0,26	3,52	3,1	12,68	990,1	254	7,5	1,33
3	8	67	0,26	3,60	3,1	12,70	990,1	218	7,5	1,33
6	8	60	0,23	3,54	3,1	12,76	990,1	225	7,3	1,31
6	7	60	0,25	3,45	3,1	12,77	990,2	223	7,3	1,32
9	10	60	0,24	3,51	3,1	12,85	990,0	220	7,3	1,31
9	8	64	0,25	3,48	3,1	12,87	990,1	223	7,5	1,31
12	8	60	0,24	3,35	2,9	12,75	990,1	226	7,2	1,31
12	10	57	0,27	3,34	2,9	12,82	990,1	237	7,1	1,31
15	8	54	0,25	3,37	3,1	12,85	990,1	225	6,9	1,31
15	7	51	0,24	3,43	3,1	12,88	990,0	220	7,0	1,31
18	10	64	0,24	3,41	3,1	12,81	990,1	218	6,9	1,31
18	11	64	0,25	3,48	3,1	12,84	990,2	223	6,9	1,31
23	5	63	0,27	3,47	3,0	12,74	990,3	193	6,9	
23	5	63	0,27	3,48	3,0	12,75	990,3	202	7,0	
26	5	62	0,26	3,70	3,1	12,77	988,6	196	6,8	1,32
26	5	59	0,30	3,90	3,1	12,80	988,6	202	6,4	1,31
<b>CP '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>										
3	7	70	0,29	3,82	2,9	11,95	990,5	187	6,9	1,34
3	6	77	0,33	3,76	2,9	12,05	990,4	196	6,9	1,35
6	7	77	0,29	3,95	2,8	12,07	990,3	173	7,0	1,31
6	6	80	0,29	4,08	2,8	12,06	990,3	175	7,0	1,32
9	8	77	0,30	3,85	2,9	12,09	990,2	171	7,0	1,31
9	7	70	0,31	3,93	2,9	12,11	990,2	179	6,9	1,32
12	10	70	0,27	3,78	2,7	12,12	990,3	195	6,8	1,32
12	8	73	0,29	3,88	2,7	12,08	990,2	178	6,8	1,31
15	7	70	0,37	3,72	3,0	12,06	990,3	172	6,2	1,34
15	7	70	0,32	3,79	2,9	12,11	990,3	168	6,7	1,35
18	8	77	0,29	3,75	2,9	11,96	990,5	159	6,4	1,32
18	10	77	0,30	3,84	2,9	12,04	990,6	174	6,7	1,34
23	4	75	0,32	3,74	2,8	11,99	990,5	150	6,1	1,32
23	4	75	0,32	3,76	2,8	12,04	990,5	153	6,8	1,32
26	4	66	0,30	4,10	2,9	12,06	988,9	155	5,8	1,33
26	4	67	0,32	4,19	2,9	11,97	988,8	156	6,3	1,33
<b>CPC '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>										
3	7	80	0,28	3,86	2,9	12,18	990,4	225	7,4	1,34
3	7	80	0,32	3,78	2,9	12,19	990,4	205	7,4	1,34
6	7	80	0,27	3,86	2,8	12,20	990,3	182	7,4	1,31
6	6	77	0,28	3,92	2,8	12,21	990,4	185	7,3	1,32
9	7	70	0,28	3,83	2,9	12,26	990,3	182	7,3	1,31
9	7	80	0,30	3,88	2,9	12,28	990,2	188	7,4	1,32
12	8	77	0,30	3,77	2,7	12,30	990,3	188	7,2	1,30
12	8	80	0,32	3,72	2,7	12,25	990,3	200	7,3	1,31
15	7	70	0,32	3,66	2,9	12,25	990,2	182	7,0	1,34
15	6	60	0,33	3,76	3,0	12,25	990,1	183	6,9	1,34
18	8	83	0,30	3,68	2,9	12,22	990,3	178	6,1	1,32
18	10	83	0,30	3,77	2,9	12,23	990,3	184	6,5	1,32
23	5	76	0,33	3,72	2,8	12,16	990,5	160	6,6	1,32
23	5	76	0,33	3,72	2,8	12,18	990,5	163	7,1	1,32
26	5	67	0,29	4,31	3,0	12,09	988,7	164	6,6	1,32
26	5	77	0,26	4,12	3,0	12,18	988,9	167	6,2	1,34

**Tabla 2.5.9.** Valores de los parámetros generales de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Macabeo '94</b>					
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Tensión Superficial</b> (mN/m)	<b>Polisacáridos Totales</b> (mg/L galactosa)	<b>Polisacáridos ácidos</b> (mg/L ác. galacturónico)	<b>Polisacáridos neutros</b> (mg/L galactosa)	<b>Proteínas</b> (mg/L albúmina)
3	45,6	192	28	164	6,5
3	44,0	224	28	196	7,6
6	40,0	277	18	258	6,0
6	39,9	275	24	251	5,4
9	41,6	277	43	234	6,8
9	40,1	285	41	244	6,0
12	41,1	289	27	262	6,5
12	41,3	276	31	244	5,9
15	50,1	246	47	199	6,3
15	50,5	238	37	202	6,8
18	50,6	311	38	270	5,7
18	50,6	312	43	268	5,8
23	50,0	248	25	226	6,8
23	50,0	261	25	235	6,8
26	50,1	304	37	267	5,7
26	49,8	285	42	243	5,3
<b>Xarel.lo '94</b>					
3	43,3	253	26	242	10,7
3	43,8	312	44	296	11,3
6	39,9	264	22	242	5,5
6	39,7	281	24	258	5,5
9	41,0	250	44	207	5,6
9	40,6	247	37	210	5,7
12	40,6	288	36	252	5,8
12	40,4	284	30	254	6,0
15	49,6	286	33	253	6,4
15	49,7	282	33	249	6,2
18	50,2	334	35	301	5,9
18	44,6	322	44	271	5,8
23	49,2	293	30	264	6,7
23	49,2	279	30	249	6,7
26	48,8	323	49	274	4,9
26	48,7	319	48	271	4,6
<b>Parellada '94</b>					
3	42,6	252	31	221	9,5
3	44,0	260	32	227	10,6
6	40,2	245	18	227	5,1
6	40,0	259	14	245	5,3
9	40,9	241	45	196	5,6
9	40,9	280	46	234	5,7
12	41,2	295	30	265	5,7
12	41,3	307	32	274	5,9
15	50,3	226	38	187	6,4
15	50,4	315	35	279	6,3
18	50,7	350	34	316	5,4
18	50,4	368	44	321	5,5
23	50,0	290	26	260	6,5
23	49,6	271	25	245	6,6
26	49,2	299	42	256	5,0
26	49,8	317	49	268	5,0

**Tabla 5.2.10.a.** Valores de la tensión superficial, polisacáridos totales, ácidos y neutros y proteínas (n=4) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Chardonnay '94</b>					
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Tensión Superficial</b> (mN/m)	<b>Polisacáridos Totales</b> (mg/L galactosa)	<b>Polisacáridos ácidos</b> (mg/L ác. galacturónico)	<b>Polisacáridos neutros</b> (mg/L galactosa)	<b>Proteínas</b> (mg/L albúmina)
3	42,6	331	37	293	12,4
3	42,6	343	36	307	11,9
6	39,1	266	23	243	7,1
6	39,2	247	29	218	7,2
9	40,0	325	33	291	7,7
9	40,2	371	37	334	8,2
12	40,0	357	40	342	8,2
12	40,0	325	45	307	7,8
15	49,5	356	58	297	8,6
15	50,2	390	60	330	8,5
18	50,2	409	48	362	6,6
18	50,1	417	51	365	6,9
23	49,2	405	47	357	7,7
23	47,4	358	45	313	8,0
26	49,8	447	65	382	7,2
26	48,8	418	64	353	7,3
<b>CP '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>					
3	44,0	267	42	225	7,1
3	43,7	273	41	232	7,8
6	40,1	291	42	249	5,4
6	40,1	263	22	242	5,4
9	40,6	279	45	234	6,0
9	40,7	263	42	221	5,6
12	40,9	251	32	278	5,8
12	40,3	269	33	256	5,9
15	50,1	279	45	234	7,0
15	50,1	296	46	249	6,6
18	51,3	329	44	279	5,4
18	50,8	329	30	299	5,5
23	48,2	295	33	264	6,4
23	48,0	282	31	250	6,5
26	48,9	309	46	309	5,5
26	48,8	262	56	206	5,0
<b>CPC '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>					
3	42,8	268	35	233	7,9
3	41,9	280	35	245	9,0
6	40,1	234	26	224	5,7
6	40,1	238	29	227	5,8
9	40,7	297	33	285	6,4
9	40,7	291	32	279	6,4
12	41,4	294	45	276	6,0
12	40,8	303	45	285	6,4
15	49,4	319	45	275	6,9
15	49,5	332	52	281	7,1
18	50,4	385	50	334	5,9
18	50,3	305	38	269	6,1
23	47,2	274	28	246	7,0
23	48,0	262	29	233	7,0
26	48,8	319	46	273	5,5
26	49,9	303	47	255	5,3

**Tabla 5.2.10.b.** Valores de la tensión superficial, polisacáridos totales, ácidos y neutros y proteínas (n=4) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

**Macabeo '94**

Crianza (meses)	Acetaldehído (mg/l)	Acetato de metilo (mg/l)	Acetato de etilo (mg/l)	Metanol (mg/l)	1-Propano (mg/l)	Isobutanol (mg/l)	Alcoholes Isoamílicos (mg/l)
3	26,1	1,35	30,1	50,2	20,4	14,5	119,6
3	17,7	0,81	28,5	47,8	17,6	13,7	99,1
6	30,2	1,65	30,1	63,5	20,6	14,3	99,6
6	24,9	0,72	25,3	45,7	20,0	13,9	99,5
9	33,1	0,86	34,5	49,1	22,8	16,2	136,4
9	27,4	0,62	27,7	36,0	18,0	12,9	107,5
12	34,8	0,89	37,8	36,3	21,7	15,1	129,7
12	27,6	0,80	33,0	27,5	20,8	12,3	116,3
15	28,0	0,94	28,8	47,5	20,8	14,3	115,0
15	23,4	0,63	28,2	40,5	18,2	13,9	108,7
18	39,7	1,81	34,5	43,4	27,1	18,9	151,9
18	34,3	1,41	34,3	27,7	25,6	18,3	138,7
23	32,0	1,04	36,0	32,2	21,2	15,4	131,8
23	29,6	0,84	35,2	31,6	21,1	15,0	107,7
26	41,8	1,54	47,7	33,5	23,2	19,8	173,4
26	40,2	1,54	47,4	32,9	21,3	17,8	164,3

**Xarel.lo '94**

3	24,3	1,07	30,9	42,2	20,0	12,1	117,2
3	22,0	0,97	28,5	28,7	17,6	11,6	101,2
6	34,1	1,40	36,9	55,7	25,6	16,4	145,6
6	24,8	1,08	30,2	47,8	22,9	7,4	118,9
9	28,2	1,43	26,9	40,6	22,4	11,7	130,5
9	18,8	0,42	25,7	34,9	22,1	8,6	114,6
12	25,2	1,26	35,3	47,4	24,3	13,9	141,9
12	25,0	0,97	30,5	39,8	22,5	11,5	115,9
15	28,4	0,83	31,0	38,9	22,3	12,4	117,3
15	23,4	0,74	30,0	33,9	18,8	11,0	117,2
18	27,4	1,20	35,3	43,2	29,0	13,6	148,1
18	25,9	1,03	34,5	40,1	18,5	10,7	102,1
23	42,0	0,63	45,7	41,3	30,9	17,4	189,0
23	36,2	0,54	44,7	37,0	29,4	15,0	182,1
26	43,6	0,82	55,6	50,9	31,6	17,5	185,2
26	43,4	0,82	49,3	37,0	26,9	16,8	181,0

**Parellada '94**

3	27,8	1,18	27,2	41,5	21,8	18,2	134,8
3	21,8	0,67	25,5	39,7	17,7	16,7	115,5
6	24,8	0,91	27,4	19,6	25,2	11,6	88,0
6	21,6	0,64	26,8	16,0	9,5	6,8	78,2
9	27,3	0,88	31,3	49,2	18,7	16,2	139,1
9	23,7	0,80	27,9	44,8	16,8	14,2	100,0
12	29,7	1,39	30,8	52,9	20,3	16,3	129,0
12	25,6	0,93	27,7	45,0	18,2	15,1	123,1
15	25,1	1,52	34,0	28,6	16,8	16,7	125,6
15	23,8	1,01	30,5	25,2	12,5	13,7	113,1
18	44,1	1,39	41,0	38,7	24,1	21,1	162,3
18	36,1	1,13	38,9	33,2	23,3	19,0	148,2
23	42,6	0,00	47,8	72,5	25,8	21,2	159,1
23	39,4	0,00	45,5	68,4	17,4	21,0	156,1
26	48,1	0,82	47,4	46,7	25,9	21,0	193,1
26	37,5	0,82	46,0	37,7	23,2	20,7	170,9

Tabla 5.2.11.a. Contenido en compuestos volátiles (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994

<b>Chardonnay '94</b>							
<b>Crianza</b>	<b>Acetaldehído</b>	<b>Acetato de metilo</b>	<b>Acetato de etilo</b>	<b>Metanol</b>	<b>1-Propano</b>	<b>Isobutanol</b>	<b>Alcoholes Isoamílicos</b>
(meses)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
3	21,2	1,16	20,0	54,6	33,9	15,5	128,1
3	19,6	1,05	18,4	49,1	32,5	14,7	118,3
6	19,6	1,01	18,0	40,6	28,8	11,8	122,6
6	17,2	0,61	17,2	39,1	25,4	10,9	94,7
9	25,1	1,13	23,7	58,3	36,8	15,9	136,5
9	22,7	0,90	23,0	52,4	35,9	14,0	119,1
12	25,5	0,95	23,0	64,6	38,4	15,9	139,4
12	23,0	0,68	20,4	58,8	37,7	15,1	119,5
15	24,7	1,40	24,0	61,4	39,6	17,6	161,3
15	22,0	1,04	23,1	48,7	37,9	17,1	129,8
18	28,0	1,19	29,2	55,2	45,3	20,1	246,9
18	23,0	0,88	27,7	48,4	44,5	19,5	240,0
23	27,5	1,28	28,1	46,6	38,3	17,5	139,7
23	24,8	0,60	27,1	45,7	38,1	16,6	138,5
26	41,7	1,67	47,4	42,4	31,7	18,8	161,1
26	36,5	1,46	44,9	39,8	27,7	17,8	151,9
<b>CP '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>							
3	29,3	0,85	29,4	48,5	20,2	12,3	111,5
3	25,5	0,65	28,2	46,8	18,2	9,7	95,7
6	29,3	1,07	31,0	47,7	21,6	13,6	135,1
6	26,3	0,92	30,2	43,7	20,5	11,9	108,0
9	25,7	0,67	35,2	39,5	21,0	13,6	115,8
9	21,8	0,63	33,1	33,7	19,9	12,2	112,6
12	28,8	1,07	32,9	38,4	20,4	13,3	128,2
12	24,6	0,99	32,3	30,8	18,5	13,1	92,2
15	30,3	1,59	27,6	45,8	20,8	13,2	104,6
15	27,1	1,35	26,8	36,8	17,4	13,1	87,5
18	31,1	1,24	22,7	36,9	20,9	14,1	120,3
18	26,6	0,86	22,0	34,0	20,0	13,4	108,6
23	33,0	0,00	34,4	35,5	20,2	14,5	135,0
23	32,2	0,00	33,5	19,0	13,0	14,3	115,8
26	43,2	0,82	48,4	40,6	26,4	18,4	162,6
26	40,9	0,82	46,2	32,7	24,9	16,1	134,2
<b>CPC '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>							
3	25,0	1,19	30,5	56,6	24,3	14,2	126,9
3	19,8	0,88	28,9	46,5	22,8	13,8	86,1
6	27,9	1,01	28,9	48,1	22,4	13,8	129,4
6	25,5	0,84	28,2	44,1	21,5	12,9	103,1
9	31,4	0,83	25,4	55,6	22,7	13,6	123,5
9	24,8	0,69	24,9	31,2	21,8	11,9	104,5
12	30,4	1,21	30,1	49,7	17,5	14,6	125,6
12	29,1	1,15	29,2	41,9	11,7	13,3	117,1
15	32,0	0,97	31,5	36,3	23,5	15,4	126,7
15	26,7	0,82	30,3	31,7	19,8	12,7	114,0
18	31,6	1,40	34,5	47,1	29,1	18,3	157,3
18	31,3	1,28	33,8	43,0	28,3	17,5	141,4
23	46,1	2,01	52,4	37,1	29,3	20,6	223,2
23	26,4	0,08	34,7	15,6	15,9	11,9	93,8
26	47,3	0,82	45,9	43,5	29,2	18,5	169,8
26	38,5	0,82	41,3	35,6	20,6	18,3	153,9

Tabla 5.2.11.b. Contenido en compuestos volátiles (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Macabeo '94</b>									
<b>Crianza</b>	<b>Ácido Cítrico</b>	<b>Ácido Tartárico</b>	<b>Ácido Galacturónico</b>	<b>Ácido Málico</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Fructos</b>	<b>Ácido Succínico</b>	<b>Ácido Láctico</b>	<b>Glicerol</b>
(meses)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)	(g/l)
3	0,07	2,45	0,22	0,32	0,06	0,21	0,18	0,32	3,28
3	0,10	3,02	0,29	0,41	0,07	0,50	0,23	0,38	3,66
6	0,10	3,36	0,23	0,37	0,13	0,29	0,22	0,16	3,99
6	0,16	3,33	0,30	0,40	0,13	0,27	0,22	0,16	4,34
9	0,12	3,45	0,34	0,55	0,17	1,14	0,34	0,30	4,39
9	0,12	3,37	0,36	0,50	0,21	1,14	0,36	0,32	4,41
12	0,09	3,53	0,37	0,53	0,18	1,18	0,17	0,15	4,73
12	0,13	3,36	0,33	0,52	0,18	1,15	0,38	0,30	4,58
15	0,19	4,82	0,48	0,80	0,18	0,95	0,35	0,59	6,29
15	0,17	4,49	0,43	0,81	0,23	0,85	0,40	0,59	5,85
18	0,13	3,35	0,38	0,48	0,10	0,68	0,26	0,51	4,43
18	0,15	3,18	0,36	0,45	0,11	0,64	0,27	0,46	4,25
23	0,13	3,70	0,36	0,63	0,48	0,36	0,50	0,44	4,86
23	0,13	3,70	0,38	0,47	0,27	0,38	0,56	0,45	4,91
26	0,12	3,16	0,34	0,41	0,18	0,39	0,37	0,41	4,56
26	0,12	3,50	0,40	0,48	0,26	0,49	0,52	0,46	4,87
<b>Xarel.lo '94</b>									
3	0,16	3,06	0,28	0,64	0,22	1,06	0,37	0,35	4,17
3	0,12	2,72	0,27	0,47	0,17	1,03	0,38	0,28	3,34
6	0,18	4,59	0,35	0,76	0,13	1,06	0,24	0,65	4,73
6	0,20	5,49	0,39	1,02	0,15	1,21	0,28	0,74	4,88
9	0,24	5,93	0,51	0,56	0,22	1,08	0,51	0,67	8,10
9	0,16	5,47	0,48	0,66	0,18	0,83	0,42	0,75	7,72
12	0,13	3,78	0,32	0,67	0,20	1,48	0,36	0,41	4,94
12	0,10	3,57	0,32	0,62	0,21	1,40	0,29	0,38	4,77
15	0,22	4,87	0,39	1,01	0,17	1,24	0,48	0,66	7,05
15	0,21	4,91	0,44	1,00	0,18	1,16	0,45	0,63	6,11
18	0,17	3,71	0,33	0,69	0,16	0,93	0,29	0,55	5,03
18	0,17	3,44	0,29	0,60	0,13	0,88	0,24	0,59	5,00
23	0,15	3,73	0,32	0,60	0,29	0,57	0,57	0,41	5,13
23	0,12	3,80	0,39	0,64	0,30	0,51	0,54	0,52	5,34
26	0,12	3,28	0,33	0,61	0,23	0,48	0,46	0,38	4,45
26	0,17	3,73	0,32	0,75	0,50	0,90	0,35	0,54	4,90
<b>Parellada '94</b>									
3	0,13	3,71	0,33	0,62	0,12	1,03	0,20	0,30	4,23
3	0,17	3,33	0,28	0,54	0,16	0,92	0,17	0,25	3,70
6	0,15	4,59	0,29	0,69	0,13	0,73	0,19	0,40	4,59
6	0,13	5,96	0,40	0,95	0,14	0,96	0,26	0,39	5,38
9	0,15	4,49	0,36	0,80	0,26	1,52	0,07	0,74	5,09
9	0,17	4,36	0,34	0,78	0,22	1,38	0,08	0,64	5,22
12	0,17	3,92	0,38	0,61	0,15	0,71	0,24	0,32	4,09
12	0,11	3,84	0,26	0,66	0,15	0,80	0,15	0,32	4,44
15	0,14	7,10	0,51	1,27	0,20	1,61	0,34	0,63	8,57
15	0,24	6,12	0,48	1,17	0,23	1,41	0,28	0,57	7,51
18	0,09	3,38	0,26	0,57	0,13	0,74	0,24	0,32	4,15
18	0,10	3,84	0,27	0,60	0,11	0,74	0,24	0,21	4,73
23	0,16	3,79	0,28	0,77	0,46	0,42	0,32	0,31	4,70
23	0,12	3,53	0,24	0,75	0,44	0,42	0,32	0,36	4,41
26	0,15	4,00	0,31	0,78	0,45	0,78	0,30	0,32	4,76
26	0,13	3,60	0,28	0,73	0,40	0,68	0,28	0,29	4,33

**Tabla 5.2.12.a.** Contenido en ácidos orgánicos, azúcares y glicerol (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

<b>Chardonnay '94</b>									
<b>Crianza</b> (meses)	<b>Ácido Cítrico</b> (g/l)	<b>Ácido Tartárico</b> (g/l)	<b>Ácido Galacturónico</b> (g/l)	<b>Ácido Málico</b> (g/l)	<b>Glucosa</b> (g/l)	<b>Fructos</b> (g/l)	<b>Ácido Succínico</b> (g/l)	<b>Ácido Láctico</b> (g/l)	<b>Glicerol</b> (g/l)
3	0,22	3,94	0,50	0,23	0,21	0,90	0,60	1,46	7,10
3	0,25	4,32	0,59	0,26	0,18	0,94	0,60	1,61	7,79
6	0,20	4,58	0,43	0,48	0,36	0,93	0,63	1,94	8,77
6	0,18	4,49	0,40	0,30	0,43	1,30	0,12	1,57	8,61
9	0,16	2,69	0,42	0,34	0,23	1,19	0,09	1,45	4,99
9	0,14	2,68	0,43	0,34	0,24	1,19	0,10	1,47	4,91
12	0,16	2,81	0,36	0,28	0,19	0,75	0,10	1,27	4,66
12	0,16	2,83	0,40	0,32	0,22	0,74	0,09	1,52	5,08
15	0,26	4,12	0,63	0,31	0,36	1,20	0,66	1,81	7,62
15	0,24	3,94	0,57	0,30	0,28	1,14	0,68	1,84	8,14
18	0,19	2,97	0,38	0,33	0,18	0,79	0,29	1,36	5,83
18	0,17	2,77	0,43	0,28	0,18	0,77	0,26	1,25	4,85
23	0,18	2,89	0,39	0,55	0,55	0,38	0,45	1,19	5,62
23	0,18	2,88	0,39	0,46	0,54	0,34	0,44	1,28	5,55
26	0,08	2,70	0,33	0,15	0,23	0,59	0,40	1,14	5,43
26	0,12	2,67	0,35	0,15	0,23	0,70	0,41	1,16	5,17
<b>CP '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada) (1:1:1)</b>									
3	0,20	5,25	0,41	0,99	0,16	1,07	0,49	0,46	6,22
3	0,24	5,65	0,51	1,15	0,21	1,17	0,51	0,52	6,78
6	0,19	6,33	0,49	1,00	0,20	1,33	0,49	0,50	4,72
6	0,14	6,25	0,48	0,99	0,20	0,88	0,47	0,64	4,68
9	0,07	3,72	0,30	0,61	0,18	1,29	0,06	0,61	4,53
9	0,20	4,21	0,28	0,63	0,15	1,17	0,06	0,57	4,89
12	0,11	3,55	0,32	0,61	0,19	0,96	0,09	0,63	4,42
12	0,08	3,24	0,26	0,54	0,17	0,86	0,05	0,48	3,74
15	0,14	4,11	0,33	0,69	0,20	1,07	0,16	0,36	5,05
15	0,10	4,11	0,33	0,66	0,21	1,27	0,22	0,38	5,08
18	0,08	3,49	0,29	0,55	0,12	0,84	0,21	0,48	4,90
18	0,08	3,35	0,29	0,55	0,11	0,86	0,24	0,44	4,81
23	0,11	3,59	0,28	0,61	0,42	0,34	0,23	0,19	4,50
23	0,10	3,64	0,29	0,71	0,44	0,31	0,25	0,27	4,82
26	0,10	3,60	0,32	0,54	0,25	0,49	0,46	0,26	4,45
26	0,10	3,34	0,28	0,49	0,22	0,45	0,42	0,26	4,40
<b>CPC '94 (Macabeo:Xarel.lo:Parellada:Chardonnay) (3:3:3:1)</b>									
3	0,19	4,92	0,36	0,79	0,14	1,05	0,43	0,52	6,29
3	0,21	5,41	0,49	0,98	0,21	1,23	0,49	0,58	7,07
6	0,15	5,47	0,49	0,86	0,21	1,04	0,45	0,76	4,62
6	0,17	5,56	0,46	0,99	0,17	1,29	0,53	0,65	5,00
9	0,14	3,96	0,35	0,64	0,23	1,57	0,08	0,76	5,34
9	0,15	3,92	0,34	0,57	0,21	1,54	0,07	0,73	5,05
12	0,18	3,73	0,32	0,52	0,15	1,14	0,35	0,27	4,92
12	0,11	3,91	0,30	0,55	0,16	1,17	0,31	0,30	4,37
15	0,21	5,64	0,55	1,08	0,33	1,76	0,57	0,86	8,00
15	0,22	5,77	0,53	1,05	0,29	1,67	0,55	0,74	7,49
18	0,10	3,78	0,33	0,57	0,14	1,08	0,25	0,52	5,05
18	0,13	3,66	0,34	0,56	0,18	1,12	0,28	0,55	4,88
23	0,11	3,55	0,30	0,67	0,46	0,53	0,32	0,48	4,59
23	0,13	3,44	0,35	0,46	0,29	0,63	0,44	0,38	4,62
26	0,11	3,28	0,32	0,46	0,28	0,62	0,50	0,35	4,49
26	0,10	3,32	0,31	0,43	0,28	0,59	0,45	0,34	4,42

**Tabla 5.2.12.b.** Contenido en ácidos orgánicos, azúcares y glicerol (n=2) de los vinos espumosos de la vendimia de 1994.

Tipo de vino espumoso	Bodega elaboradora	variedad	% Macabeo	% Xarel·lo	% Parellada	% Chardonnay	% Pinot noir	HM (mm) (espumabilidad) 3 botellas por duplicado	HS (mm) (permanencia) 3 botellas por duplicado	TS (seg) (estabilidad) 3 botellas por duplicado
Talento	1	CN	/	/	/	85	15	78	48	380
Talento	2	CN	/	/	/	90	10	105	50	363
Talento	3	CN	/	/	/	90	10	124	42	473
Talento	4	C	/	/	/	100	/	34	28	225
Talento	5	CN	/	/	/	90	10	70	49	496
Talento	6	CN	/	/	/	70	30	34	31	372
Talento	7	CN	/	/	/	90	10	93	45	312
Talento	8	CN	/	/	/	80	20	51	40	422
Talento	9	CN	/	/	/	70	30	25	17	81
Talento	10	CN	/	/	/	70	30	95	50	427
Talento	11	CN	/	/	/	10	10	63	46	401
Talento	12	CN	/	/	/	75	25	33	28	215
Talento	3	CN	/	/	/	90	10	96	47	387
Talento	13	CN	/	/	/	60	40	49	41	395
Talento	12	CN	/	/	/	70	30	27	18	96
Talento	3	CN	/	/	/	25	75	110	35	373
Talento	4	C	/	/	/	100	/	42	33	323
Talento	14	CN	/	/	/	50	50	35	26	243
Talento	14	CN	/	/	/	95	5	59	40	465
Talento	14	C	/	/	/	100	/	44	35	361
Talento	14	C	/	/	/	100	/	52	41	375
Cava	15	C	/	/	/	100	/	40	28	283
Cava	19	CP	20	10	70	/	/	16	13	33
Cava	20	OP	?	?	?	/	/	17	13	105
Cava	15	CPC	/	40	40	20	/	44	26	284
Cava	21	CPC	/	40	40	20	/	20	15	110
Cava	15	M	100	/	/	/	/	21	13	30
Cava	16	CN	?	?	?	?	?	70	31	308
Cava	15	P	/	/	100	/	/	18	11	100
Cava	15	X	/	/	100	/	/	17	16	100
Cava	17	X	100	/	/	/	/	17	15	125
Cava	23	M	100	/	/	/	/	39	30	450
Cava	23	P	/	/	100	/	/	44	34	385
Cava	23	X	100	/	/	/	/	41	31	453
Cava	23	C	/	/	/	100	/	52	42	545
Cava	23	CP	33	33	33	/	/	43	32	467
Cava	23	CPC	30	30	30	10	/	38	33	419
Cava	23	M	100	/	/	/	/	32	28	305
Cava	23	P	/	/	100	/	/	29	21	131
Cava	23	X	/	100	/	/	/	29	26	203
Cava	23	C	/	/	/	100	/	47	38	500
Cava	23	CP	33.3	33.3	33.3	/	/	36	28	284
Cava	23	CPC	30	30	30	10	/	40	31	345

**Tabla 5.3.1.** Descripción de los vinos espumosos incluidos en el estudio realizado en colaboración con el Instituto Trentino del Vino/Isituto Agrario di S. Michele all'Adige y valores de sus características espumosas (HM: espumabilidad, HS: permanencia de la corona y TS: estabilidad) Variedades: M: Macabeo, X: Xarel·lo, P: Parellada, C: Chardonnay, CP: Cava con las variedades autóctonas del Penedés CPC: Cava con las variedades autóctonas del Penedés más Chardonnay, CN: Cava chardonnay con Pinot noir.