

El vinagre de vino: compuestos volátiles

M.L. Morales y A.M^a Troncoso
Area de Nutrición y Bromatología. Fac. Farmacia
Universidad de Sevilla

1. Introducción

El vinagre ha formado parte de la alimentación humana desde la antigüedad más remota como condimento y conservador de alimentos. El vinagre de vino es un producto cuyo valor y apreciación por parte de los consumidores está experimentando un importante incremento en los últimos años. Las empresas productoras de vinagres se marcan como objetivo obtener vinagres de calidad y aplican toda la tecnología a su alcance para ello. Es tal la importancia que está alcanzando la elaboración de vinagres de calidad que empieza a surgir la necesidad de organismos que velen por dichos productos, un ejemplo es la aparición de la D.O. Vinagre de Jerez [1].

Se puede hablar de forma general de dos métodos de elaboración del vinagre de vino bien sea mediante el uso de biorreactores y cultivo sumergido, cuyos productos se pueden envejecer o no en madera, o por métodos tradicionales, generalmente lentos, con cultivo superficial, que se llevan a cabo en toneles de madera de diferente capacidad. La combinación del empleo de distintos sustratos vínicos y métodos de elaboración da lugar a una amplia gama de productos de muy diferente calidad (Fig. 1).

Cada vinagre posee su propia y singular fisonomía organoléptica. La fracción volátil es importante a la hora de la calificación sensorial, además, puede sumi-

nistrarnos información acerca de su proceso de elaboración [2], así como del estado de integridad o de alteración química, enzimática o biológica del vinagre. Por ello, las características organolépticas y en particular el "flavor" son las propiedades que hacen a los vinagres de vino, como el de Jerez o los vinagres balsámicos de Módena, productos típicos y de características singulares.

Para incrementar la calidad aromática del vinagre de vino, debe comenzarse con el empleo de las mejores materias primas y los mejores procesos de acetificación, ya que, como veremos más adelante, ambos factores influyen de manera decisiva en el contenido final en compuestos [3 y 4]. Numerosos autores han abordado su análisis y con las nuevas técnicas analíticas se ha ido poniendo de manifiesto la existencia de compuestos volátiles no detectados con anterioridad. Sin embargo, queda mucho por investigar en este campo, donde aún hay que conocer con detalle qué compuestos tienen impacto en el aroma del vinagre, para poder cuantificarlos a lo largo del proceso de elaboración y establecer su importancia en calidad final del vinagre [5].

Se han publicado gran variedad de trabajos sobre la historia del vinagre, sus usos, su tecnología de producción y su composición, aunque aún queda un largo camino para alcanzar el conocimiento total de un producto tan complejo como éste.

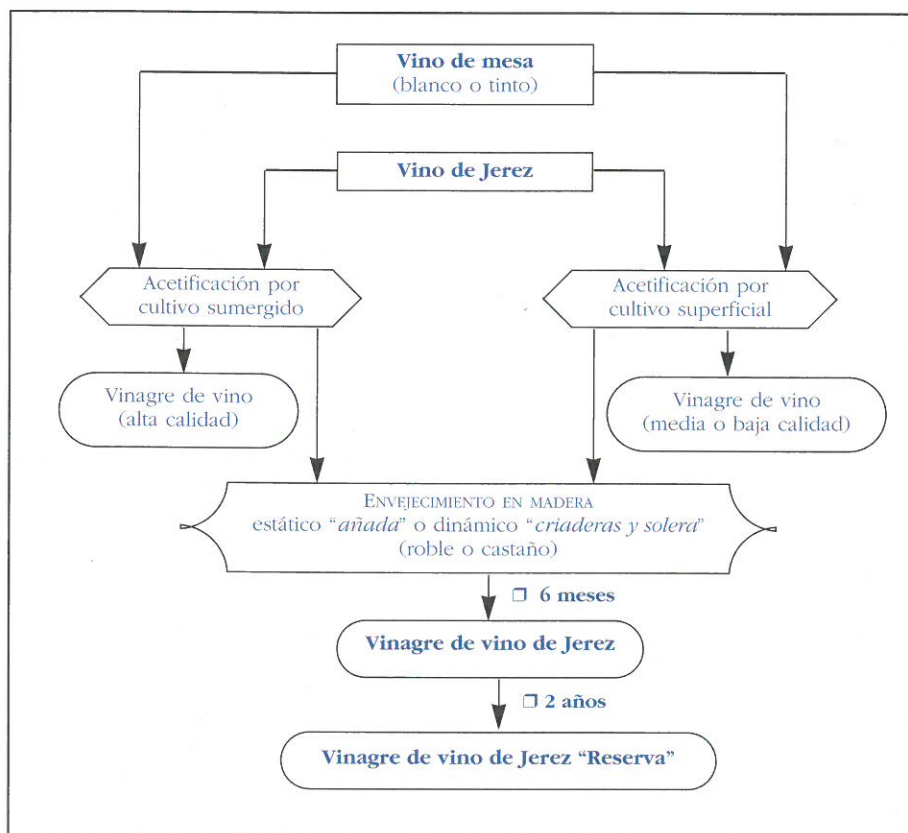
Este trabajo intenta aproximar al lector al conocimiento de los compuestos volátiles del vinagre y su influencia en la calidad. Se realiza un recorrido por los métodos aplicados al análisis del perfil aromático del vinagre presentando las tendencias del futuro en este campo.

2. Perfil de los compuestos volátiles mayoritarios del vinagre de vino

La composición volátil del vinagre de vino puede tener tres orígenes: el vino, materia prima de la que procede, los formados durante la acetificación y aquellos que aparecen durante la maduración o envejecimiento en madera. Cuando se intenta describir sensorialmente este producto, se hace referencia a estos tres factores que vienen representados en: la vinosidad, es decir, aquella fracción del vino que permanece en el vinagre, los aromas de la fermentación acética, representados por la sensación punzante del ácido acético y el olor a madera, entre otros [2].

El aroma del vinagre es una fracción compleja que contiene muchos componentes con un amplio margen de volatilidad, polaridad y concentración [6]. Entre ellos podemos encontrar

Figura 1. Elaboración de Vinagres de Vino.



tanto compuestos carbonílicos como éteres, acetales, lactonas, ácidos, fenoles volátiles y ésteres, que participan en mayor o menor medida en esta fracción compleja.

El acetaldehído es un compuesto presente en el vino, sobre todo en aquellos con crianza biológica. Además, este compuesto se forma durante la fermentación acética bien sea por la oxidación química del etanol o como metabolito intermedio en la conversión oxidativa del etanol a ácido acético. Otro posible origen de este compuesto es la oxidación del ácido láctico a ácido pirúvico que es transformado posteriormente a acetaldehído, que puede rendir finalmente acético por la misma vía metabólica de transformación del etanol a acético [7]. Se ha constatado que durante los procesos de acetificación tiene lugar una disminución del contenido en ácido láctico del sustrato de partida, sin embargo, al ser el acetaldehído un compuesto tan volátil, desaparece en el

desarrollo del proceso de acetificación que cursa con fuerte aireación [3].

La acetoína es un compuesto característico que se acumula durante el proceso de acetificación, por ello está íntimamente relacionada con la calidad [8]. Se puede encontrar en los vinagres en un amplio rango que puede ir desde 100 mg/L hasta alrededor de 1.000 mg/L en vinagres envejecidos [4]. Se puede formar por varias vías, ya que una parte del acetaldehído que se origina en la oxidación del etanol a acético experimenta lo que se denomina la llamada condensación acetoínica, para dar acetoína [9] y además, diversas cepas de bacterias acéticas son capaces de formar acetoína mediante la descarboxilación del α -acetolactato [10]. En dicha transformación tiene lugar una descarboxilación de una molécula de piruvato que posteriormente formará el complejo α -acetolactato al reaccionar con una segunda molécula de piruvato. Finalmente este α -acetolactato se descarboxila dando lugar a la molécula de acetoína. Por otro lado, la acetoína es el punto intermedio en el proceso oxidoreductor en el que se forman diacetilo y 2,3-butanodiol, y de este modo, la acetoína puede de forma instantánea y cuantitativamente transformarse en butanodiol si el medio es reductor o bien oxidarse parcialmente a diacetilo [11] (Fig. 2).

Los alcoholes superiores tienen una importante presencia en los vinos antes de la acetificación, unos permanecen en cantidad inalterada o casi inalterada durante el ciclo de transformación del vino en vinagre [11 y 12]. Otros, en cambio, decrecen de forma acusada durante la acetificación y lo mismo ocurre con la glicerina [13]. Las bacterias acéticas tienen la capacidad de oxidar aquellos alcoholes con un número de átomos de carbono no superior a cinco, esto unido a su pérdida en procesos de acetificación con fuerte aireación nos lleva a contenidos

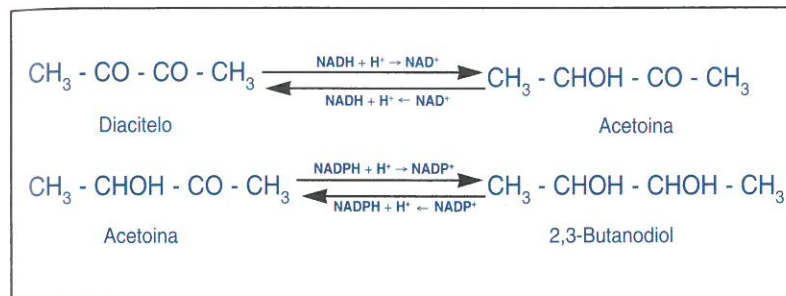


Figura 2. Equilibrio oxidoreducción entre diacetilo, acetoína y 2,3-butanodiol.

finales de alcoholes superiores en el vinagre inferiores a lo que cabría esperar [7]. Por último, estos alcoholes se ven implicados en la formación de ésteres lo que supone otra causa del descenso que se observa en sus valores.

El alcohol propílico puede oxidarse a ácido propiónico por la acción de *Acetobacter pasteurianum* y *kützingianum* [11]. Los alcoholes isoamílicos representan una fracción abundante dentro de los compuestos volátiles del vinagre de vino, de hecho constituyen el 6-7% del total de éstos, siendo su concentración superior en productos considerados de alta calidad [14].

Los alcoholes isoamílicos pueden transformarse en el correspondiente ácido isovalérico. El cociente entre 3-metil-1-butanol y 2-metil-1-butanol es un indicador adecuado para juzgar el proceso de acetificación ya que disminuye conforme avanza el mismo [13]. El 2-metil-1-butanol es metabolizado por las bacterias acéticas a un ritmo más lento que el 3-metil-1-butanol, por ello, cuando la velocidad de acetificación es elevada se produce un brusco descenso de dicho cociente [3].

El contenido equilibrado de ésteres juega un papel importante sobre las características organolépticas del vinagre de vino, ya que intervienen en el perfume y sabor, en especial en los envejecidos, dándole la finura y el valor típico de los productos de calidad.

En el caso de los vinagres, pequeñas cantidades de ésteres proceden del vino y en gran me-

dida se forman por la reacción interna durante la maduración y el envejecimiento. Alcanzan la cantidad óptima después de algunos meses y permanecen casi inalterados incluso durante años, si no se da un proceso fermentativo anormal que produzca la hidrólisis de éstos [11]. Los ésteres se clasifican en volátiles y no volátiles. Los primeros intervienen en el aroma y son principalmente el acetato de metilo, etilo, amilo e isoamilo, mientras que los no volátiles influyen en el gusto y los más destacables son el succinato, malato y tartrato de etilo. El éster volátil cuantitativamente más importante es el acetato de etilo. Se forma a partir de acético y etanol, previa eliminación de una molécula de agua, reacción catalizada por una esterasa [15].

En el vinagre común, que contiene una cantidad pequeña de etanol residual, la concentración de acetato de etilo es similar a la que existía en el vino del cual se originó, mientras que en los vinagres de calidad, que se caracterizan por una concentración de etanol residual del orden del 0,6-1%, la cantidad de acetato de etilo puede ser más elevada alcanzando valores superiores a 1.000 mg/L [6]. De aquí la mayor fragancia y perfume de estos vinagres frente a los de fabricación y composición normal [11]. El acetato de etilo es un compuesto altamente volátil y de baja solubilidad [16]. En los sistemas de acetificación abiertos, este compuesto es arrastrado por la corriente de aire y se observan importantes pérdidas [3]. No obstante si la maduración se lleva a cabo en presencia de cantidades de etanol residual del orden de

2º, se consigue que en sólo tres meses de envejecimiento, se duplique e incluso triplique la cantidad de acetato de etilo con la que se inicia el envejecimiento del vinagre llegándose en algunos casos a concentraciones del orden de 8 g/L para este compuesto [4].

Otros dos ésteres a destacar son el acetato de metilo y el acetato de isoamilo. El contenido en acetato de metilo en los vinagres procedentes de vino tinto es mayor que en los de vino blanco, ya que el contenido de metanol es superior en tales vinos. La formación de acetato de metilo se ve favorecida en medios ácidos, así, los vinagres que maduren con un alto grado acético presentarán mayor contenido de dicho éster. Por último, formiato de etilo ha sido encontrado en cantidades importantes en los vinagres de vino de Jerez [17].

La γ -butirolactona, lactona procedente del vino, ha sido detectada en diversos tipos de vinagres [5 y 6].

3. La cromatografía de gases y los compuestos volátiles en el vinagre de vino

Hasta el advenimiento de las técnicas de cromatografía gaseosa no se pudo llevar a cabo la separación y cuantificación conjunta de la fracción volátil del vinagre.

La aplicación de los métodos cromatográficos comenzó en Italia en 1962, cuando Morgantini detectó etanol en vinagre de malta [18]. Suomalainen y Kangasperko (1963) afinan más en la caracterización de los compuestos volátiles del vinagre víni-co. Establecen que la fracción de ésteres contiene acetatos de etilo, isobutilo e isoamilo, identificando, también, diacetilo y los siguientes alcoholes: isobutílico, n-amílico e isoamílico. Comprueban, además, que una muestra de vinagre destilado contiene como

único compuesto volátil acetato de etilo [19]. Aurand y cols. (1966) utilizan la técnica de espacio de cabeza llegando a identificar hasta 25 componentes volátiles distintos, analizando muestras procedentes de materias primas muy diversas (vino, sidra, malta y alcohol) [20]. Kahn y cols. (1972) realizan un estudio cualitativo de compuestos volátiles en muestras de vinagre de vino, malta, sidra y alcohol empleando por primera vez en vinagres para la identificación de los compuestos la espectrometría de masas [21]. Las muestras se neutralizan previamente con MgO y se extraen con una mezcla de éter etílico-pentano. Rechazan el uso hidróxido sódico, empleado previamente por otros autores, por considerar que podría originar saponificación de los ésteres.

En 1978 Cabezudo y cols. diseñaron dos columnas de fase mixta denominadas ESCARTO® 5905 y UCAR® 5050 para la separación y cuantificación de los componentes volátiles mayoritarios característicos de los productos de fermentación alcohólica, de ciertos destilados, y de vinagres [22]. Las muestras de vinagre se inyectan directamente, después de fijar el pH entre 7-7,4 con disolución de hidróxido sódico. El método supuso indiscutibles ventajas frente a todos los descritos hasta la época; sin embargo, el análisis resultaba largo, porque se requerían dos columnas de 4,8 y 6,7 m que, aunque podían trabajar en paralelo, suponían un tiempo de análisis de 75 y 90 minutos cada uno. La preparación de la columna de Escarto en forma microrrellena [23], introdujo numerosas ventajas. La longitud de la columna se rebajaba a 3 m y el tiempo de análisis a 30 min, aumentándose a la vez la eficacia. Troncoso (1986) utilizó la columna Escarto para analizar compuestos volátiles en vinagres de vino de "Jerez" y "El Condado", neutralizando las muestras con hidróxido sódico antes del análisis [14]. Hasta un total de 15 compuestos fueron determinados aunque la cuantificación de formiato de eti-

lo y acetato de metilo presentaba problemas pues los picos podían solaparse cuando se encontraban en las muestras a concentraciones elevadas. De igual modo, cuando el acetato de etilo estaba presente en grandes concentraciones, el diacetilo llegaba a quedar enmascarado en la cola de aquel. El análisis completo se conseguía en 65 minutos.

El siguiente avance en el estudio de los compuestos volátiles fue la aparición de las columnas capilares. Aunque tienen menor capacidad de carga, estas columnas poseen eficacias totales altas, siendo la mejor alternativa cuando se han de separar mezclas muy complejas. La fase que rellena estas columnas queda inmovilizada y entrecruzada mediante enlaces covalentes entre las moléculas de la fase estacionaria entre sí y con la superficie del tubo [24].

La presencia de instrumentos cada vez más sofisticados de forma extensiva en los laboratorios de investigación está permitiendo la aplicación de técnicas complejas de forma casi rutinaria al análisis de los compuestos volátiles en vinagre como el empleo de detectores de espectrometría de masas acoplados a los cromatógrafos de gases.

Los cambios efectuados en la instrumentación hacia métodos más sofisticados de análisis de compuestos volátiles en vinagres ha obligado paralelamente a optimizar los tratamientos de muestra para que dichos métodos de análisis supongan un avance real en el conocimiento del aroma del vinagre. Los tratamientos de las muestras han ido desde el empleo de la extracción líquido-líquido con diferentes solventes pasando por la extracción en fase sólida o el empleo de técnicas de espacio de cabeza dinámico, etc.

Diferentes sustancias tales como el triclorofluorometano y diclorometano se han recomendado para la extracción líquido-líquido y posterior análisis de aro-

mas de alimentos [25, 26, 27 y 28]. Sin embargo, algunos compuestos volátiles pueden perderse en los pasos de concentración que hay que realizar. También suele ocurrir que aparecen interferencias entre los picos de compuestos volátiles de interés en la muestra y los de los disolventes y sus impurezas, perdiéndose en ocasiones una valiosa información.

La destilación con extracción simultánea (SDE) [29, 30, 31 y 32] ha demostrado su utilidad, proporcionando un adecuado enriquecimiento en varios tipos de muestras sin el requerimiento del paso previo de concentración [33, 34 y 35].

Blanch y cols (1992) analizaron diferentes vinagres de vino (convencionales y de Jerez) por cromatografía de gases empleando dos métodos de trabajo [6]. Para la determinación de los compuestos volátiles mayoritarios emplean la inyección directa en un cromatógrafo de gases con detector de ionización en llama y columna microrrellena con la que determinaron catorce compuestos. Sin embargo, para el estudio de los componentes volátiles minoritarios de los vinagres introdujeron un método de extracción-destilación simultánea, que dura aproximadamente una hora y media, sin necesidad de neutralización de las muestras. El extracto así obtenido se analizaba por cromatografía de gases empleando una columna capilar y como detector un espectrómetro de masas. Este método permitió la identificación de un total de 52 compuestos considerando los autores que ninguno de ellos eran artefactos formados por el proceso de extracción. Sin embargo, dada la alta temperatura que se emplea en este proceso (120°C) la probabilidad de aparición de dichos artefactos es alta [5].

El estudio comparativo de la extracción en fase sólida (resina Extrelut, Merck) con la extracción líquido-líquido (pentano:diclorometano) aplicada a vina-

gres confirmó que los dos procesos eran cualitativamente similares pero la extracción en fase sólida resultó ser cuantitativamente superior [36].

La técnica del espacio de cabeza no se considera apta para el estudio de la fracción volátil de los vinagres dada su baja sensibilidad; por otro lado, la destilación seguida de concentración parece provoca la aparición de nuevas sustancias, así como cambios en las concentraciones de algunos compuestos. El empleo de la extracción con solventes, en particular n-pentano, y la posterior concentración del extracto conlleva pérdidas de los compuestos volátiles más ligeros. Estos hechos conducen a los investigadores a probar otras técnicas de extracción como la de purga y trampa. Esta técnica ha permitido extraer muchos compuestos volátiles y sublimables de las muestras, pudiéndose caracterizar objetivamente las sustancias responsables del aroma y diferenciar, basándose en ellas, varios tipos de vinagres: vinagre tradicional balsámico procedente de Módena y procedente de *Reggio Emilia*, vinagre común, y vinagre balsámico [37]. Tras la extracción de la fracción volátil mediante el método antes mencionado, estos autores emplean la técnica de inyección *on column* del espacio de cabeza generado. La identificación de los compuestos la llevan a cabo por espectrometría de masas concluyendo que el octanol, diacetilo, hexanal, heptanal y acetato de 1,3-butanodiol están presentes en mayores concentraciones en los vinagres balsámicos tradicionales de Módena y de *Reggio Emilia*. Los vinagres comunes presentan mayor proporción de etanol, 2-propanol y acetaldehído, siendo los vinagres balsámicos los más ricos en ácido propiónico, ésteres y determinados alcoholes como 1-propanol, iso-butilo, isoamilo y 1-hexanol.

Así queda patente que para analizar la fracción aromática de los vinagres, la fase más crítica

es la extracción y concentración de las sustancias volátiles, por ello, algunos autores se han decantado por el empleo de la inyección directa de las muestras, siendo suficiente para la detección de fraudes [13] y la caracterización de vinagres de vino según los métodos de elaboración, sustratos vínicos empleados y tiempo de envejecimiento en madera [3 y 4].

Uno de los retos que se plantean en la actualidad con referencia al conocimiento de la fracción volátil de los alimentos es definir la contribución que cada compuesto hace al aroma. Para hacer frente a tal cuestión aparece una nueva herramienta analítica, la cromatografía de gases olfatométrica, en la cual, se han sustituido los detectores convencionales por el órgano olfatorio humano que tiene unos umbrales de percepción muy inferiores a la sensibilidad de las técnicas analíticas actuales. Un panel de jueces entrenados va adjudicando una descripción verbal a cada olor detectado.

Para aplicar esta técnica a los vinagres, los investigadores consideran que se debe obtener un extracto representativo del producto, siendo necesario eliminar el ácido acético antes de la extracción [38]. Para ello se ha ensayado la neutralización de muestras de vinagre de vino tinto con NaOH y MgO. A estos vinagres neutralizados se aplican cuatro procesos distintos de extracción, uno líquido-líquido empleando diclorometano, y los tres restantes ensayando fase sólida diferentes [5]. El extracto más representativo fue el obtenido tras la neutralización con NaOH y diclorometano. Este extracto fue entonces analizado empleando la cromatografía de gases olfatométrica. Paralelamente, se llevó a cabo, tanto para la identificación como para la cuantificación el análisis mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas. En estos últimos estudios se llegaron a identificar, por primera vez en los vinagres de vino tinto, hasta un total de 12 com-

puestos volátiles, principalmente cetonas y ésteres formados por reacción del ácido acético con 2,3-butanodiol y glicerol, pero también otros compuestos como 4-etilguayacol, 4-etilfenol, etc. Estos resultados confirman la importancia de las características organolépticas de los vinos empleados como sustratos para la elaboración de los vinagres.

Las tendencias actuales en el campo del análisis de compuestos volátiles indican que la combinación de la extracción en fase sólida con la técnica de desorción térmica automática que introduce los compuestos volátiles directamente en la columna permite obtener muy buenos resultados. Esta técnica, se irá imponiendo tanto en los laboratorios de investigación, como en los de análisis rutinario, ya que presenta un valor añadido como es la eliminación de una fuente de contaminación ambiental, al prescindir del uso de disolventes orgánicos que extraigan los compuestos absorbidos a la fase sólida. Creemos que la aplicación de este último método abrirá un amplio abanico de posibilidades en el estudio de los aromas del vinagre de vino.

4. Bibliografía

- [1] Consejería de Agricultura y Pesca "Reglamento de la denominación de origen Vinagre de Jerez". Boletín Oficial de la Junta de Andalucía del 18 de marzo (2000).
- [2] Tesfaye, W., García-Parrilla, M. C. y Troncoso, A. M. "Sensory evaluation of Sherry wine vinegar". *J. of Sensory Studies*. In press (2002).
- [3] Morales, M.L., Tesfaye, W., García-Parrilla, M.C., Casas, J.A. y Troncoso, A.M. "Sherry wine vinegar: physicochemical changes during the acetification process". *J.Sci.Food Agric.* 81, 611-619. (2001).
- [4] Morales, M.L., Tesfaye, W., Casas, J.A. y Troncoso, A.M. "Evolution of the aroma profile of Sherry wine vinegars during and experimental aging in wood". *J.Agric.Food Chem.* In press (2002).
- [5] Charles, M., Martin, B., Ginies, C., Etiévant, P., Coste, G. y Guichard, E. "Potent aroma compounds of two red wine vinegars". *J.Agric.Food Chem.* 48, 70-77 (2000).
- [6] Blanch, G.P., Tabera, J., Sanz, J., Herranz, M. y Reglero, G. "Volatile composition of vinegars. Simultaneous distillation-extraction and gas chromatographic-mass spectrometric analysis". *J.Agric.Food Chem.* 40, 1046-1049 (1992).
- [7] Parés, R. y Juárez, A. "Bioquímica de los microorganismos". Editorial: Reverté S.A., Barcelona (1997).

- [8] Llaguno, C. y Polo, C. "La composición química de los vinagres vínicos". En: El vinagre de vino. Editor: C. Llaguno y C. Polo. Editorial: C.S.I.C. Madrid, pág. 106-132 (1991).
- [9] Garino-Canina, E. "The "gobierno" in wine-making: chemical, biological changes of refermentation". *Annuar.Staz.Enol.Sper.Asti.* 3, 37-48 (1953).
- [10] T. Asai, T. "Acetic acid bacteria classification and biochemical activities". Editorial: University of Tokyo Press, Tokio (1968).
- [11] Mecca, F., Andreotti, R. y Veronelli, L. "L'Aceto". Editorial: Aeb, Brescia (1979).
- [12] Guymon, J.F. "Mutant strains of *Saccharomyces cerevisiae* applied to studies of higher alcohol formation during fermentation". *Dev.Ind.Microbiol.* 7, 96 (1966).
- [13] Nieto, J., González-Viñas, M.A., Barba, P., Martín-Álvarez, P.J., Aldave, L., García-Romero, E. y Cabezudo, M.D. "Recent progress in wine vinegar R & D and some indicators for the future". En: Food flavor, ingredients and composition. Editor: Charalambous, G. Editorial: Elsevier Science Publisher B.V. New York, pág. 469-499 (1993).
- [14] Troncoso, A.M. y Guzmán, M. "Volatile components in Andalusian vinegars". *Z Lebensm Unters Forsch.* 185, 130-133 (1987).
- [15] Navascués, E., Calderón, F., Vila, J., Callejo, M. J., Colomo, B., y Suárez, J.A. "Influencia de la temperatura sobre la formación de volátiles secundarios". 2, 619-625. *Almendralejo. XVII Jornadas de Viticultura y Enología de Tierra de Barros* (1995). [16] Gómez, J. M., Romero, L. E., Caro, I. y Cantero, D. "Application of a gas recirculation system to industrial acetic fermentation processes". *Biothecnology Techniques.* 8, 711-716 (1994).
- [17] Morales, M.L., González, A.G., Casas, J.A. y Troncoso, A.M. "Multivariate analysis of commercial and laboratory produced Sherry wine vinegars: influence of acetification and aging". *Eur.Food Res.Technol.* 212, 676-682 (2001).
- [18] Morgantini, M. "The use of gas chromatography for the analysis of vinegars. I. Concentration of ethanol". *Boll.Lab.Chim.Prov.* 13, 117-121 (1962).
- [19] Suomalainen, H. y Kangasperko, J. "Aromas substances of vinegar fermentation". *Z Lebensm Unters Forsch.* 120, 353-356 (1963).
- [20] Aurand, L.W., Singleton, J.A., Bell, T.A. y Etchells, J.L. "Volatile components in the vapors of natural and distilled vinegars". *J.Food Sci.* 31, 172-177 (1966).
- [21] Kahn, J.H., Nickol, G.B. y Conner, H.A. "Identification of volatile components in vinegars by gas chromatography-mass spectrometry". *J.Agric.Food Chem.* 20, 214-218 (1972).
- [22] Cabezudo, M.D., Gorostiza, E.F. y Herraiz, M. "Mixed columns made to order in gas chromatography. IV. Isothermal selective separation of alcoholic and acetic fermentation products". *J.Chromatogr.Sci.* 16, 61-67 (1978).
- [23] Reglero, G., Herraiz, M., Cabezudo, M.D., Fernández-Sánchez, E. y García-Domínguez, J.A. "Contribution to the study of micropacked columns in gas chromatography". *J.Chromatogr.* 348, 327-338 (1985).
- [24] González, M., Reglero, G., Herraiz, M. y Cabezudo, M. D. "El análisis íntegro de los vinos III. La cromatografía de gases en enología". *Alimentación*, 65-72, nov-dic. (1985).
- [25] Hardy, P. J. "Extraction and concentration of volatiles from diluted aqueous and aqueous-alcoholic solution using trichlorofluoro-
- methano". *J.Agric.Food Chem.* 17, 656-658 (1969).
- [26] Rapp, A., Hastrich, H. y Engle, L. "Gas chromatographic investigations on the aroma constituents of grape. I. Concentration and separation by capillary glass columns". *Vitis.* 15, 29-36 (1976).
- [27] Brander, C.F., Kepner, R.E. y Webb, A.D. "Identification of some volatile compounds of wine of *Vitis vinifera* cultivar Pinot noir". *Am.J.Enol.Vitic.* 31, 69-75 (1980).
- [28] Fagan, G.L., Kepner, R.E. y Webb, A.D. "Additional volatile components of palomino film Sherry". *Am.J.Enol.Vitic.* 33, 47-50 (1982).
- [29] Likens, S.T. y Nickerson, G.B. "Detection of certain hop oil constituents in brewing products". *Am.Soc.Brew.Chem.Proc.* 5-13 (1964).
- [30] Nickerson, G.B. y Likens, S.T. "Gas chromatographic evidence for the occurrence of hop oil components in beer". *J.Chromatogr.* 21, 1-5 (1966).
- [31] Godefroot, M., Sandra, P. y Verzele, M. "New method for quantitative essential oil analysis". *J.Chromatogr.* 203, 325-335 (1981).
- [32] Godefroot, M., Stechele, M., Sandra, P. y Verzele, M. "A new method for the quantitative analysis of organochlorine pesticides al polychlorinated biphenyls". *HRC & CC.* 5, 75-79 (1982).
- [33] Núñez, A.J. y Bemelmans, J.M.H. "Recoveries from an aqueous model system using a semi-micro steam distillation-solvent extraction procedure". *J.Chromatogr.* 294, 361-365 (1984).
- [34] Núñez, A.J., Bemelmans, J.M.H. y Maarse, H. "Isolation methods for the volatile components of grapefruit juice. Distillation and solvent extraction methods". *Chromatographia.* 18, 153-158 (1984).
- [35] Blanch, G.P., Reglero, G., Herraiz, M. y Tabera, J. "A comparison of different extraction methods for volatile components of grape juice". *J.Chromatogr.Sci.* 29, 11-15 (1991).
- [36] Gerbi, V., Zeppa, G. y Carnacini, A. "Rapid extraction of volatile compounds in wine and vinegar using extrerlut resin". *Ital.J.Food Sci.* 4, 259-267 (1992).
- [37] Del Signore, A. "Chemometric analysis and volatile compounds of traditional balsamic vinegars from Modena". *Journal of Food Engineering.* 50, 77-90 (2001).
- [38] Etievant, P.X., Moio, L., Guichard, E., Langlois, D., Less-chaeve, I., Schlich, P. y Chambellant, E. "Aroma extract/dilution analysis (AEDA) and the representativeness of the odorant of food extracts". En: *Trends in Flavor Research*. Editores: Maarse, H., Van der Heij, D.G. Editorial: Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Holanda, pág. 179-190 (1994).

Recibir
más
información
es fácil y
rápido

Basta
con enviar
por fax o
correo
la tarjeta
del servicio
de información
que encontrará
en las páginas
finales de
la revista

Consulte
nuestro
Directorio

(situado al final
de la revista)

