

13. Los aromas responsables de la tipicidad y de la vinosidad

Contenidos

Los aromas primarios	1
Aromas de fermentación.....	6
Aromas de envejecimiento.....	14
Ejercicios recomendados.....	18
Literatura citada	18

Los aromas primarios

También son llamados varietales porque son los compuestos odoríferos provenientes de las uvas. Son característicos de cada variedad y modificables según las características del terruño y también del manejo del viñedo. Son los compuestos que le dan la tipicidad aromática a los diferentes cepajes y a fines de su estudio los podemos dividir en: 1) aromas existentes en el grano fuertemente odoríferos y que se pueden apreciar simplemente por degustación de la baya y en 2). precursores de aromas que son compuestos que existen en los granos en forma ligada y no volátil y por lo tanto inodoros y se manifiestan en el vino a través de diversas reacciones químicas o enzimáticas al liberar la molécula aromática.

Las Piracinas

Estos compuestos son los responsables del típico aroma a pimienta verde del Cabernet-Sauvignon. Fue identificado por Bayonove y otros (1975 y 2000). Es un fuerte aroma primario que no se modifica en el curso de la vinificación y que se produce a partir de los aminoácidos. También ha sido encontrado en otros cepajes como el Merlot, el Cabernet-Franc, el Sauvignon Blanc, el Merlot, el Petit Verdot, el Semillon y en general en todas las cepajes de Burdeos (Roujou de Boubée 1999a). En otras cepas también han sido detectadas pero en cantidades inferiores al nivel de detección olfativa como el caso del Malbec de Argentina (Fanzone y otros 2002). Estas sustancias no son solo típicas de algunas uvas, sino que están bastante difundidas en especies del mundo vegetal como la arveja, el poroto y la manzana verde.

Existen varias piracinas (Figura 1) siendo la más abundante la 3-isobutil-2-metoxipiracina (IBMP). Las otras son la 3-isopropil-2-metoxipiracina y la 3-sec.butil-2-metoxipiracina, dos isómeros que generalmente en los vinos están por debajo del umbral de percepción (Darriet 1999).

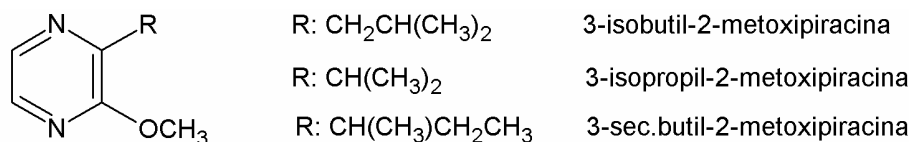


Figura 1 Principales metoxipiracinas identificadas en las uvas.

La IBMP es una sustancia fuertemente odorante y tiene un bajo umbral de percepción olfativa, cercano a los 15 ng.L⁻¹ en vinos (Roujou de Boubée 1999 b), percibiéndose mejor en los tintos que en los blancos, y la cantidad presente varía mucho, desde 0,5 a 60 ng/L⁻¹ (Roujou de Boubée 2004).

Existe una correlación entre el aumento de IBMP y el carácter vegetal de los vinos. El manejo del viñedo tiene una fuerte incidencia en los tenores de piracinas pero estos compuestos no son tan sensibles como los polifenoles a los cambios del manejo. En general disminuyen con la madurez de la uva y son fotosensibles es decir que se degradan cuando los racimos están expuestos a la luz, de ahí la importancia de los deshojes (Centro de Aromas 2003) (Figura 2).

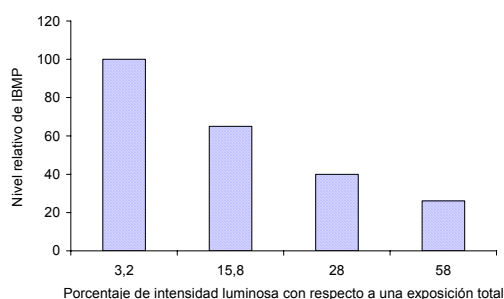


Figura 2 Influencia del sombreado de los racimos sobre los niveles de IBMP (3-isobutil-2-metoxipiracina) (Adaptado de Centro de Aroma 2003).

Aumentan en viñedos vigorosos. Igualmente se encuentran tenores más altos en regiones frías que en templadas. En Burdeos y respecto al Cabernet-Sauvignon se considera que la uva está óptima para la cosecha cuando al degustar los granos notamos una casi desaparición de estos aromas. Esta desaparición coincide con el aumento de fruta y color en los vinos. (Roujou de Boubée 1999a). En nuestra región se considera interesante una nota vegetal en este cepaje.

En Sauvignon Blanc se busca que este carácter perdure ya que es uno de los que le da la tipicidad varietal a este cepaje (Allen y otros 1991).

El antranilato de metilo

Este compuesto es el responsable del aroma a zorrino ("foxé") presente en las uvas americanas y sus híbridos. Lo citamos solo por curiosidad ya que la elaboración de vinos a partir de estas uvas está prohibida en nuestro país y por otro lado son casi inexistentes en la región vitivinícola argentina.

El umbral de percepción es de 300 ug.L⁻¹. Debido a que en muchos vinos de estas uvas aparece el olor foxé pero la cantidad presente es inferior a este umbral, es que se supone la presencia de otras sustancias también responsables de este aroma, entre ellas la aminocetofenona (Acree y otros 1994).

Los Terpenos

Son los compuestos aromáticos originarios de las uvas que más han sido estudiados y numerosos equipos de investigadores han esclarecido el tema, entre los que podemos citar Ribereau-Gayon y otros (1975), Straus y otros (1986) y Bayonove (1992). Fueron los primeros compuestos de origen varietal que han podido ser identificados en las uvas.

En general se les atribuye un poder para repeler los insectos y también como inhibidores de crecimiento. También serían importantes como productores de ATP (adenosina-trifosfato) en la respiración, ya que son sustancias muy oxidables.

Se han identificado alrededor de setenta monoterpenos entre la uva y el vino. Se producen en la uva y casi sin transformaciones llegan al vino. Luego en el mismo pueden sufrir nuevas transformaciones produciendo nuevos terpenos, por ello los encontrados en uvas son menos numerosos que los encontrados en vino. Intervienen en la tipicidad aromática de los Moscateles, Traminer, Torrontés, Chardonnay amoscateado y otros cepajes aromáticos. Se han encontrado también en otros cepajes no aromáticos pero en cantidades inferiores al umbral de percepción olfativa.

Se originan a partir de la glucosa. El primer paso es la formación del ácido mevalónico. Un segundo paso conduce a la formación del isopentilpirofosfato (Bayonove 1992) y de allí por condensación se llega a la formación de los monoterpenos (10 átomos de carbono) y sesquiterpenos (15 átomos de carbono). También a partir de este compuesto se forman los carotenoides, importantes como precursores de aromas pero no del tipo terpénicos como ya veremos.

Los Terpenos libres

En este grupo existe un grupo numeroso de sustancias que podemos agrupar en monoterpenos y sesquiterpenos. Dentro de los sesquiterpenos encontramos los alcoholes sesquiterpénicos, de poca importancia a nivel sensorial en los vinos. En cambio los monoterpenos tienen una gran incidencia sensorial y en este grupo encontramos los terpenoles como el geraniol, el nerol, el citronerol y otros que son los más importantes por su rol aromático y que son muy olorosos, los dioles terpénicos, poco olorosos como tales pero importantes como precursores de otros aromas y finalmente los óxidos terpénicos y los hidrocarburos terpénicos, poco importante desde el punto de vista olfativo.

Los terpenoles o alcoholes monoterpénicos son los más importantes y abundantes. Tienen un poder odorífero muy elevado relacionado con flores, miel y cera, dando el típico aroma moscatel a numerosas uvas. Los más importantes son el linalol, el geraniol, el citronellol, el alfa-terpineol y el ho-trienol (Figura 3). Todos los demás monoterpenos identificados derivan de estos cinco monoterpenoles por reacciones de oxidación reducción, adicción o sustitución.

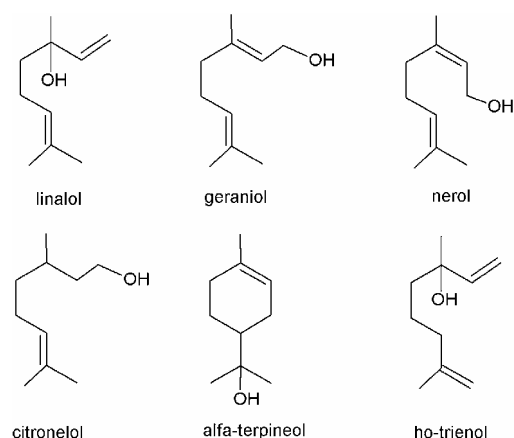


Figura 3 Principales terpenos encontrados en cepajes amoscateados.

En la Tabla 1 se muestran los principales monoterpenos, la nota olfativa, los umbrales de percepción y los tenores máximos en el vino. Vemos que en general los umbrales de percepción olfativa están por debajo de los contenidos encontrados en los vinos. La mezcla de los principales monoterpenos de la uva tiene un umbral de percepción olfativa más bajo que el de los monoterpenos tomados aisladamente, lo que muestra una acción sinérgica de estos compuestos (Marais 1983).

Tabla 1 Principales monoterpenos odorantes de los cepajes moscateles (Adaptado de Marais 1983).

Monoterpenos	Descriptor olfativo	Umbral de percepción (ug.L ⁻¹)	Tenor máximo encontrado vinos en ug.L ⁻¹
Linalol	Coriandro, flor de naranjo	100	1500
Nerol	Rosa, magnolia	400	500
Geraniol	Rosa, cera	130	1100
Citronelol	Rosa, citronela	100	5
á-Terpineol	Coníferas, aceite de pino	450	150
Ho-trienol	Tilo, jacinto	100	120

En la Figura 4 se muestran los principales terpenos que participan en el aroma de algunas variedades.

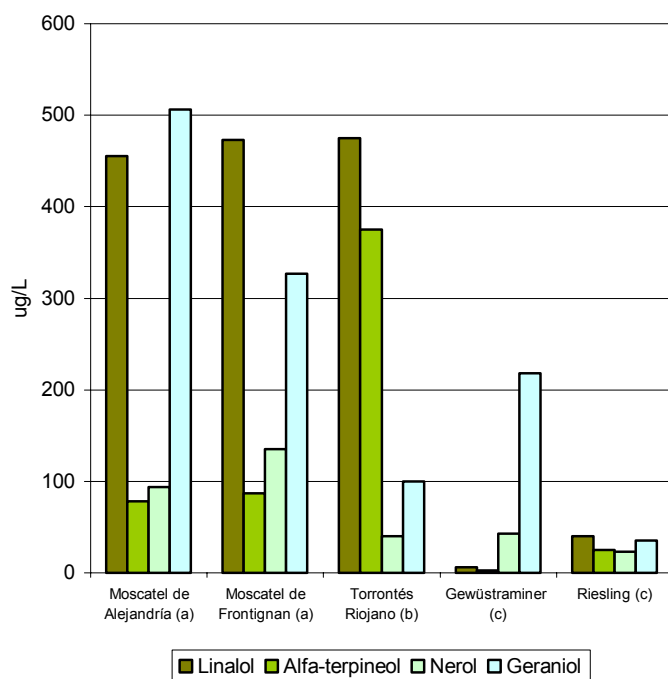


Figura 4 Terpenoles en $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ encontrados en vinos de algunos cepajes aromáticos (a) Riberau-Gayon y otros 1975, (b) Gunata 1984, (c) La Agrícola 2000.

Las formas glicosiladas de los terpenos. Los precursores de aromas.

En el grano de uva existen terpenos que están unidos a la D-Glucosa que también puede estar unida a otros azúcares como L-Arabinosa, D-Xilosa y otros formando compuestos glicosilados que poseen una aglicona terpénica que puede aparecer durante el proceso de fermentación y que puede ser odorante o precursora de otro compuesto odorante. Su presencia fue sugerida por Coordonier y Bayonove (1974) y se liberan por acción de las levaduras durante la fermentación y también durante el proceso de crianza y envejecimiento por hidrólisis ácida o enzimática. Las bacterias lácticas también podrían tener actividad glicosidásica y liberar agliconas odorantes (Decort y otros 1994).

Influencia del manejo del viñedo y de las condiciones de vinificación sobre los tenores en sustancias terpénicas

En el caso de las uvas moscateles y malvasías donde incluimos a nuestro Torrontés existe un aumento constante de los compuestos terpénicos desde el envero, luego se llega a una meseta y posteriormente como en casi todos los aromas se llega a una fase de decrecimiento cualitativo disminuyendo algunos como el linalol (aroma a flor de naranjo) y el alfa-terpineol (aroma a aceite de pino) y aumentando los aromas de geranio y nerol (aromas de rosas) produciendo un cambio notable en el perfil aromático del vino (Bayonove 1992). En general comienzan a disminuir los aromas antes de que se alcance el grado azucarino buscado.

Aumenta la cantidad de terpenoles cuando están más expuestos al sol (Reynolds y Wardle 1997). La luz es importante a tal punto que viñedos con poca insolación tienen tenores menos elevados

de compuestos terpénicos. Lógicamente ciertos hongos como la *Botrytis Cinerea* disminuyen drásticamente la cantidad de terpenos.

Durante el envejecimiento del vino este se enriquece de terpenoles por hidrólisis de los glicósidos. Los terpenos libres se encuentran en las partes sólidas de la baya especialmente el hollejo (Bayonove 1992). Por ello es que la maceración prefermentaria es interesante para estos compuestos. La piel contiene la mayor parte del geraniol y el nerol, mientras que el linalol y alfa-terpineol se encuentran mayoritariamente en el jugo. En cuanto a los terpenos ligados esta diferencia es menos marcada. En el Moscatel de Alejandría el jugo es más rico en estos compuestos ligados que la parte sólida. En el vino los terpenoles se transforman en terpenoles cíclicos (alfa-terpineol, termine) y óxidos de linalol, mientras que los terpenoles libres abundan en los vinos jóvenes (Punata y otros 1999).

Aromas de fermentación

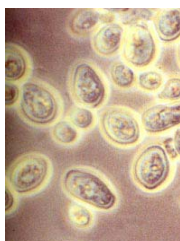


Figura 5 La levadura vínica responsable de muchos aromas del vino.

El perfil aromático de un mosto cambia notablemente durante y luego de la fermentación. El trabajo de la levadura *Sacharomyces cerevisiae* (Figura 5) como productora de aromas es tremendamente importante. Existe el aporte individual de compuestos sensorialmente activos responsables de la vinosidad del vino y también aromas provenientes de la transformación de precursores aromáticos varietales, contribuyendo también así a la tipicidad del vino.

La producción de estos compuestos deseables (aromas propiamente dichos) y indeseables (defectos) depende de las características individuales de la cepa de levadura, de la temperatura de fermentación y de la disponibilidad de nutrientes entre otros.

Acción de la levadura como reveladora de algunos precursores de aromas que se encuentran en las uvas

Los terpenos

Como ya vimos estos compuestos muy olorosos típicos de los moscateles existen en las uvas en forma libre (terpenoles) y también bajo forma de mono y diglucósidos inodoros que se revelan por acción enzimática. Se trata de β -glicosidasas de origen vegetal o presentes en las levaduras. Las β -glicosidasas de origen vegetal (que se encuentran en la uva o desarrolladas a partir de cultivos de *Aspergillus niger*) son fuertemente inhibidas por la glucosa y bastante inestables al pH del vino. En cambio las de las levaduras son mucho más resistentes a la glucosa, al alcohol y a la acidez del vino y se desempeñan mejor, aunque se considera que siempre el pH del vino inhibe bastante la acción de esta enzima (Cordonnier y otros 1989) y es un fenómeno de menor importancia.

Los tioles

Las notas de fruto de la pasión, ruda u hoja de tomate del cepaje Sauvignon Blanco, se producen a partir de ciertas moléculas S-conjugadas a la cisteína de las cuales la más notable es la 4-metil-1-mercaptopentano-2-ona y son reveladas por la levadura dependiendo notablemente de la cepa de la misma y que veremos detalladamente en el capítulo correspondiente a Sauvignon Blanc.

Los fenoles volátiles

La *Saccharomyces cerevisiae* tiene la cinnamato descarboxilasa (CD), una enzima específica de esta levadura capaz de descarboxilar los ácidos cinámicos de la uva formando el vinilfenol (olor a caucho) y el vinilguaiacol (olor a medicamento o clavo de olor) perceptibles cuando la suma de ambos están por arriba de los 700 ng.L⁻¹ (Chatonnet 1993). Estos compuestos serían responsables

de parte de la tipicidad aromática del Gewurztraminer (Grand 1993). La actividad CD es endocelular y se manifiesta solo durante la fermentación alcohólica y sería inhibida por los compuestos fenólicos, por ello solo abundan en los vinos blancos y rosados. Los vinos rojos tienen poco pero si aparece la levadura *Brettanomyces sp.* (ver capítulo referente a defectos de los vinos) se producen el etilfenol y el etilguayacol potentes aromas que pueden depreciar al vino.

Acido grasos, esteroides, carotenoides, norisoprenoides y esteroides de aminoácidos

La levadura puede contribuir a liberar ácidos grasos y esteroides a partir de lípidos y estos forman ésteres etílicos sensorialmente muy activos. Igualmente los carotenoides y norisoprenoides son sustancias primarias posibles de contribuir con moléculas aromáticas en el vino (ver aromas de envejecimiento).

Compuestos derivados directamente de la actividad de la levadura

Etol

Es el producto principal de la fermentación alcohólica. Es un solvente que favorece la solubilización en el vino de algunos componentes. A menor grado alcohólico menos sustancias son retenidas en la superficie del líquido. Es poco aromático pero de fuerte impacto en el vino por la gran cantidad que se encuentra en el mismo. Su umbral de percepción olfativa en agua es cerca de 8 g.L⁻¹ para gente no entrenada y 2,5 g.L⁻¹ para gente entrenada. De sabor dulce provoca en boca una reacción pseudo-térmica (Fregoni 1999).

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) también llamado gas carbónico le aporta una cierta frescura a los vinos blancos. El tenor óptimo varía entre 800 a 1000 mg.L⁻¹ en los vinos blancos jóvenes. En los vinos tintos, tenores superiores a 500 mg.L⁻¹ otorgan cierta astringencia al vino y se considera que estos vinos deberían tener lo menos posible.

Alcoholes superiores

La formación de alcoholes superiores (AS) está ligada a los aminoácidos y fuertemente influenciada por el tenor de compuestos nitrogenados de los mostos.

La principal vía de formación a partir de los aminoácidos es por la reacción de Erlich (decarboxilación con formación de cetoácidos y posterior reducción por transaminación). Así de la lisina se produciría el alcohol amílico, de la valina el isobutanol y así con los otros aminoácidos (Bidan 1975).

Los más importantes son el 2-metilbutanol (alcohol amílico), el 3-metilbutanol, (alcohol isoamílico), el 2-feniletanol (alcohol feniletílico) (Tabla 2 y Figura 6). De menor importancia son el propanol, el butanol, el alcohol isobutílico (2-metilpropan-1-ol), el pentanol y el hexanol.

Tabla 2 Principales alcoholes superiores y sus notas sensoriales.	
3-Metilbutanol (alcohol isoamílico)	crema de almendras alcohol de fúsel
2-Metilbutanol (alcohol amílico)	crema de almendras

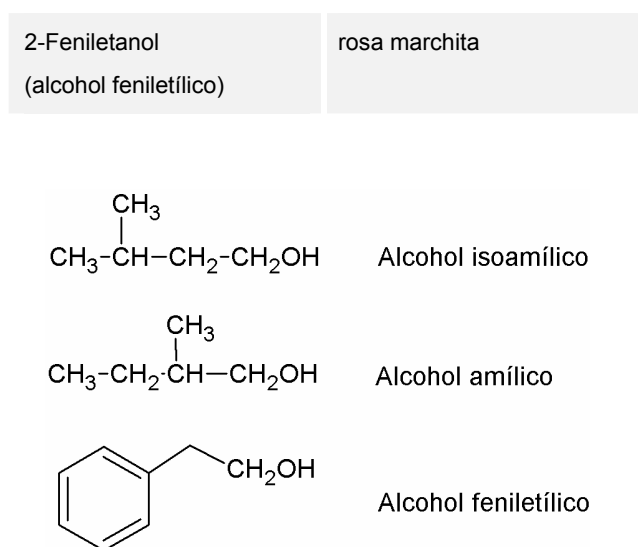


Figura 6 Principales alcoholes superiores con impacto sensorial producidos por la levadura.

Mostos pobres en nitrógeno favorecen la formación de AS. La levadura primero usa el amonio y la arginina como fuente nitrogenada y si no hay, recurre a los otros aminoácidos, aumentando de esta manera la producción de AS. (Ough y Bell 1980). Otros factores citados como influyentes en su producción son generalmente los que favorecen el crecimiento celular de la levadura, como turbidez elevada en el mosto, aireación, temperatura elevada, elevado tenor azucarino, pH elevado y la presión elevada de gas carbónico.

La producción de alcoholes superiores también está muy influenciada por las cepas de levadura. En la Figura 7 se muestran las diferencias en los tenores de AS de vinos fermentados con diferentes especies de levaduras según Gil y otros (1996) apreciándose que las cepas de *Saccharomyces* son las que producen mayor cantidad.

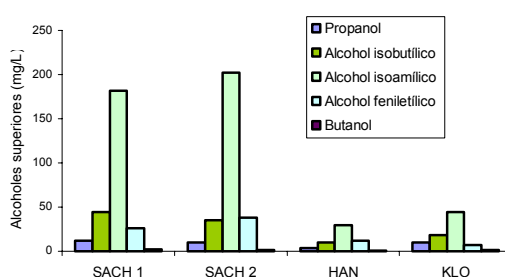


Figura 7 Concentración en alcoholes superiores en vinos producidos por diferentes levaduras (Adaptado de Gil y otros 1996).

Sach 1= *S. cerevisiae* cepa L2226, Sach 2= *S. cerevisiae* cepa T73, HAN= *Hanseniospora uvarum* y KLO= *Kloekera apiculata*.

El contenido medio en los vinos está cerca de los 400 a 500 mg.L⁻¹ y se considera óptimo para el aroma. Contenidos mayores (cerca de 1g.L⁻¹) se consideran un defecto. Individualmente la mayor parte está por debajo de los umbrales de percepción olfativa. Se concentran notablemente en los destilados y no son tan importantes en los vinos (Dubois 1994).

En general se consideran aromas desagradables, salvo el 2-feniletanol (alcohol feniletílico). Los más importantes desde el punto de vista organoléptico son los llamados alcoholes amílicos (Figura 7), que son el alcohol amílico propiamente dicho que proviene de la leucina con un umbral de percepción olfativa (UPO) de 65 mg.L⁻¹ y el isoamílico que proviene de la isoleucina con un UPO de 300 mg.L⁻¹ cuyas concentraciones en los vinos puede superar los UPO con variaciones de 15 a 150 mg.L⁻¹ en el primer caso y 45 a 490 mg.L⁻¹ en el segundo (Lambrechts y Pretorius 2000).

En cuanto al 2-feniletanol o también llamado alcohol fenético o feniletílico recuerda a la rosa pero generalmente no es perceptible en vinos y las levaduras lo pueden formar en años calurosos y con fermentaciones a altas temperaturas con gran cantidad de levaduras, a partir de la fenilalanina de las proteínas con riesgo de aparición de sulfuro de hidrógeno (SH₂) con aroma a huevo podrido (Fregoni 1999).

Los ácidos grasos

La levadura los produce en cantidades notables en los vinos. Son ácidos de cadena corta de 2 a 10 carbonos. Son importantes a nivel aromático porque son las bases de los ésteres frutados generalmente juzgados como agradables. Pero los ácidos grasos propiamente dichos se consideran desagradables y sus umbrales no sobrepasan el UPO (Fregoni 1999).

En el proceso de síntesis el primer paso es la formación de la acetil coenzima A (acetil-CoA) a partir del ácido pirúvico. La acetil-CoA carboxilasa, transforma a la acetil-CoA en malonyl-CoA. Luego la enzima ácido graso sintetasa va llevando a cabo condensaciones entre la acetil-CoA y la malonyl-CoA, alargando la cadena y formando los diferentes ácidos grasos.

Una gran cantidad de ácidos grasos es producida durante los primeros días de la fermentación alcohólica alcanzando el máximo a los 4 o 5 días. Igualmente, condiciones de fermentación anaerobia estricta, bajadas repentinas de temperatura durante el proceso fermentativo y poca clarificación de los mostos serían factores para la formación de los ácidos grasos (Delfini y otros 1999).

Entre los ácidos grasos más importantes a nivel sensorial en vinos podemos citar el acético (que puede sobrepasar el UPO), el hexanoico, el octanoico y el decanoico. Otros ácidos de cierta importancia son el butírico y el propiónico (Tabla 3 y Figura 8). Cacho (2006) cita al ácido 3-metilbutírico (ácido isovaleriánico) responsable de notas descritas como "rancio" y "graso" en vinos rosado de la variedad Garnacha superando las 20 unidades de aroma.

Acido acético	Vinagre
Acido hexanoico	Sudor
Acido octanoico	Mantequilla rancia
Decanoico	Acre ,cítrico

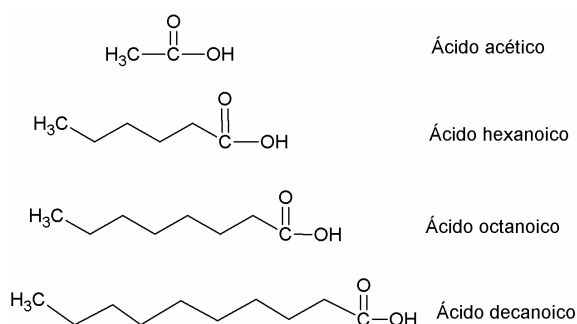


Figura 8 Principales ácidos grasos importantes a nivel sensorial producidos por las levaduras.

El ácido acético formado por la *Sacharomyces cerevisiae* aumenta con pH altos, con las altas concentraciones de azúcares y con mostos con limitaciones para su fermentación. Si bien se asocia al vinagre a pesar de no tener este aroma (el responsable es el acetato de etilo) es un compuesto formado por la levadura y necesario para el aroma del vino. Su UPO es de 175 mg.L^{-1} (Etièvant 1991) mientras que la cantidad presente en los vinos (acidez volátil) ronda los $0,40 \text{ g.L}^{-1}$.

Los ésteres

En general se consideran agradables al olfato. Los producen las levaduras como productos secundarios de la fermentación de los azúcares. Constituyen uno de los grupos más grandes e importantes que constituyen los aromas. Se encuentran en cantidades que están bien por arriba de los UPO. El aroma frutado y fresco de los vinos recién fermentados se debe esencialmente a los ésteres.

En el proceso de síntesis hay una vía de formación directa, sin intervención enzimática y que es simplemente una reacción de equilibrio entre alcoholes y ácidos. Esta vía es muy lenta y reversible teniendo en cuenta la gran cantidad de ésteres que se encuentran en el vino. Por esa vía aparecen durante el envejecimiento los ésteres de los ácidos tartáricos y málicos.

Sería más importante otra vía de formación en el cual el ácido graso reacciona con la acetil-CoA, activándose y combinándose con los alcoholes. Se producirían en mayor proporción al fin de la fermentación cuando hay más disponibilidad de esta enzima pues ya se terminó la síntesis de ácidos grasos en la cual participaba. En la Figura 9 se muestra la formación de acetato de etilo por esta vías según Nordström (1964).

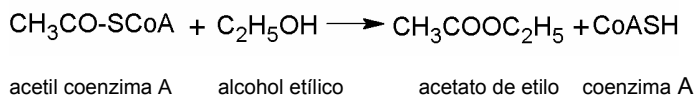


Figura 9 Formación de ésteres por la vía de la acetil coenzima A (Nordström 1964).

En la Tabla 4 y Figura 10 y se muestran los ésteres más importantes que aparecen en el vino y sus descriptores sensoriales.

Acetato de etilo	Barniz, acetona
Acetato de isoamilo (acetato de 3-metilbutilo)	Banana
Acetato de 2-metilfenilo	Rosa Miel
Hexanoato de etilo	Manzana. Banana
Octanoato de etilo	Ananá. Pera
3-Metilbutanoato de etilo	Manzana
Fenilacetato de etilo	Miel
Lactato de etilo	Leche agria

El éster más abundante es el acetato de etilo con un UPO de 150 mg/L^{-1} en vino (Shinohara y Shimizu 1981). En cantidades entre 50 y 80 mg.L^{-1} sería favorable a la calidad pero en mayor cantidad se considera un defecto. Su descriptor característico es el barniz para uñas.

Los ésteres etílicos de los ácidos grasos como el butanoato de etilo (ananá), hexanoato de etilo (manzana y banana), octanoato de etilo (piña y pera), tienen un papel importante en los vinos jóvenes sobre todo el hexanoato de etilo y son de olores parecidos. Sus olores a veces dominan en los vinos blancos jóvenes y pueden ser considerados defectos. El isobutanoato de etilo y los isopentanoatos de etilo podrían estar relacionados con ciertos aromas que recuerdan a las manzanas (Fregona 1999). El poder odorante de estos compuestos se superpone dando una nota de vinosidad al vino (Peynaud 1980). Individualmente el que con más frecuencia sobrepasa el UPO es el hexanoato de etilo con aroma descripto como manzana o banana.

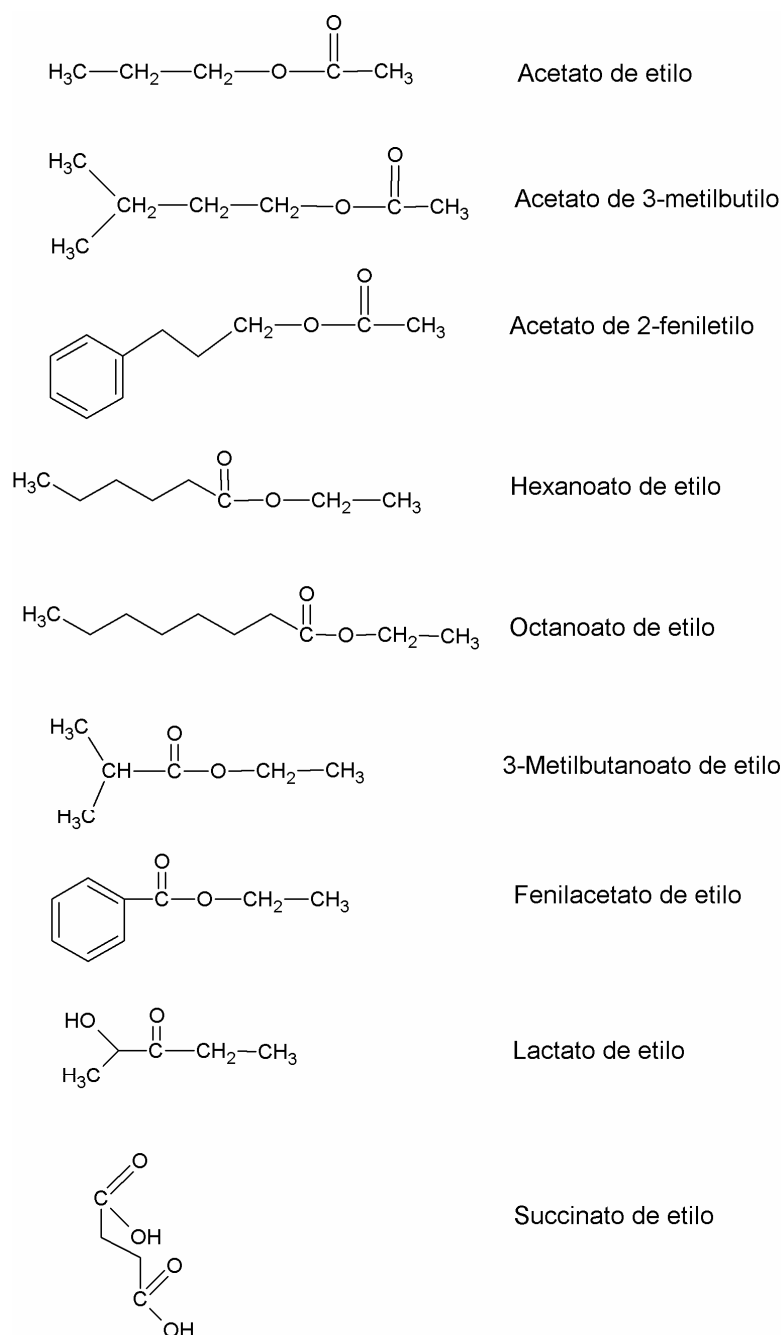


Figura 10 Principales ésteres producidos por las levaduras

Los acetatos de alcoholes superiores como el acetato de 2-metilpropilo, el acetato de 3-metilbutilo (acetato de isoamilo) y el acetato de 2-metilbutilo tienen el mismo olor a banana y un factor determinante en su producción es la falta de oxígeno en la fermentación como ocurre en la maceración carbónica donde la cantidad presente puede sobrepasar los respectivos UPO. En vinos de más de 2 a 3 años se produce una hidrólisis de estos compuestos formándose otros sin interés (Dubois 1994). También serían una fuente importante de aroma los ésteres etílicos originados a partir de aminoácidos producidos a partir de la autólisis de la levadura (Herraiz y otros 1992).

Las levaduras son muy importantes en la producción de ésteres variando mucho con las cepas como se puede apreciar en la Tabla 5. Vemos que la cepa K1 produce mayor cantidad de ésteres totales y sobretodo de acetato de isoamilo

Cepas de levaduras	K1	D47
Acetato de isoamilo	16,45	9,00
Dodecanato de etilo	0,09	0,05
Acetato de hexilo	0,33	0,53
Hexanoato de etilo	1,13	1,38
Octanoato de etilo	1,54	1,85
Decanoato de etilo	0,6	0,50
Succinato de dietilo	0,33	0,41
Esteres totales	23,66	14,26

Compuestos carbonílicos

Estos importantes compuestos aromáticos (Figura 11 y Tabla 6) producen aromas que muchas veces son considerados defectos cuando están en gran cantidad. El etanal (acetaldehído) recuerda a manzanas o similares y el fenilacetaldehído a rosas o jacinto. Al diacetilo (descriptor manteca) y a la acetoina (descriptor manteca rancia) los veremos cuando tratemos la fermentación maloláctica.

También dentro de este grupo podemos citar el el aldehído benzoico (benzaldehído) que da aroma a almendras amargas y que consideraremos en el capítulo sobre defectos de los vinos.

Acetaldehído	Manzana
Fenilacetaldehído	Jacinto. Rosa
Diacetilo	Mantequilla
Acetoina	Mantequilla

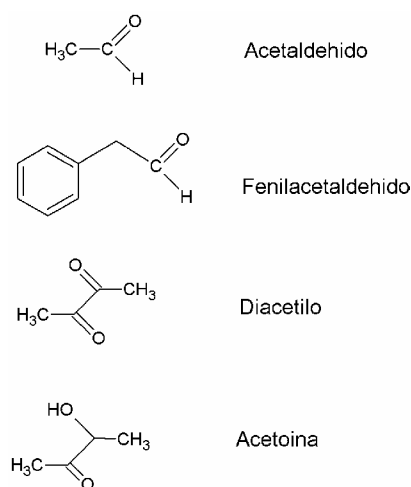


Figura 11 Principales compuestos carbonilados producidos por las levaduras.

Aromas de envejecimiento

Durante el proceso de conservación y crianza de los vinos y según sea el sistema de añejamiento los aromas sufrirán notables cambios por reacciones biológicas y fisicoquímicas. Los aromas frutados de los vinos nuevos cambiarán hacia aromas más complejos que a la larga definirán la tipicidad del vino.

Evolución de los ésteres

Luego de la fermentación los procesos de hidrólisis van destruyendo los ésteres frutales o florales que están en cantidades superiores a los UPO, lo que trae como consecuencia una pérdida de la frescura de los vinos jóvenes. Con pH y temperaturas elevadas la hidrólisis es más rápida. Igualmente la hidrólisis está correlacionada con el peso molecular de los ésteres, siendo más rápida para los de mayor peso molecular.

Existe una disminución de los ésteres del ácido acético con los alcoholes superiores (por ejemplo el acetato de isoamilo responsable del olor a banana y pera o el acetato de 2-metilfenilo responsable de aromas a rosa o frutados en general) (Ramey y Ough 1980).

Igualmente hay una disminución de los ésteres de ácidos grasos con el alcohol etílico como son el butanoato de etilo o el hexanoato de etilo responsables de aroma a ananá o etil octanoato y otros ésteres parecidos, responsables de aromas florales y frutales (Garofolo y Piraci 1994).

Durante la conservación del vino los procesos de esterificación van formando nuevos ésteres donde participan los ácidos orgánicos como el lactato de etilo (a partir del ácido láctico), pero que por estar en cantidades inferiores al UPO contribuyen poco al bouquet final del vino (Shinohara 1984).

Evolución de los alcoholes superiores

En general evolucionan poco. El 2-feniletanol (alcohol feniletílico) que recuerda la rosa y uno de los pocos con impacto aromático disminuye levemente sobre todo cuando la temperatura aumenta (Marais y Pool 1980).

Evolución de los compuestos terpénicos

Algunos terpenoles disminuyen durante la fermentación alcohólica como el geranio o nerol. (Gunata y otros 1999). En el vino recién hecho encontramos terpenoles libres y luego durante el proceso de envejecimiento se van formando más terpenoles a partir de los glicósidos. Pero los terpenoles de ambos orígenes luego sufren modificaciones también durante el envejecimiento por reacciones catalizadas por los ácidos. Es decir hay un proceso de formación de terpenoles y un proceso de modificación de los mismos.

La utilización de preparaciones enzimáticas ricas en actividad glicosidásica producidas a partir de *Aspergillus Niger* permiten enriquecer a los vinos en terpenoles, pese a que la actividad enzimática es poco activa en el pH del vino..

En la Figura 12 mostramos el perfil terpénico de un vino elaborado a partir de Torrontés Riojano tratado y sin tratar con dos tipos de enzimas. El ensayo fue realizado en el departamento de Santa Rosa por la Bodega la Agrícola 2000 y los análisis fueron realizados por Lamothe- Ablet- Pinosa. Los tenores de terpenoles totales llegaron a 1448 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en el testigo, 2062 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en el tratamiento A y 2070 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en el tratamiento B.

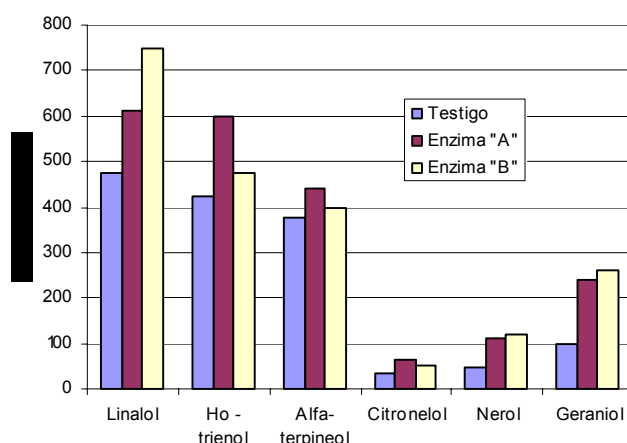


Figura 12 Contenidos en terpenoles de un vino Torrontés Riojano tratado con enzimas Beta-glicosidasas (Bodega La Agrícola 2000).

Los procesos de transformación de los monoterpenoles ocurren en medio ácido a través de una serie de reacciones químicas. Los monoterpenoles como el nerol, linalol y geraniol van desapareciendo y a sus expensas se forman terpenoles cíclicos de impacto aromático desconocido y generalmente de altos UPO como el óxido del nerol, los óxidos furánicos del linalol y el alfa-terpineol. De esta manera los aromas florales de variedades como el Torrontés, los moscateles, el Riesling o el Gewurstraminer disminuyen con el tiempo. Estas transformaciones se aceleran con el aumento de la temperatura (Williams y otros 1982).

Aparición de los compuestos nor-isoprenoides

Los nor-isoprenoides de 13 carbonos llamados también "C13 nor-isoprenoides" o simplemente C13 son compuestos que se encuentran como precursores en forma glicosídica en la uva (Strauss y otros 1987). Se producen por degradación oxidativa de los carotenoides, compuestos que pertenecen a la familia de los terpenos. En efecto a medida que avanza la madurez disminuyen los

carotenoides y se forman los isoprenoides (Bayonove 1992) (Figura 13). Durante el proceso de envejecimiento del vino van apareciendo mediante reacciones catalizadas por los ácidos del mismo.

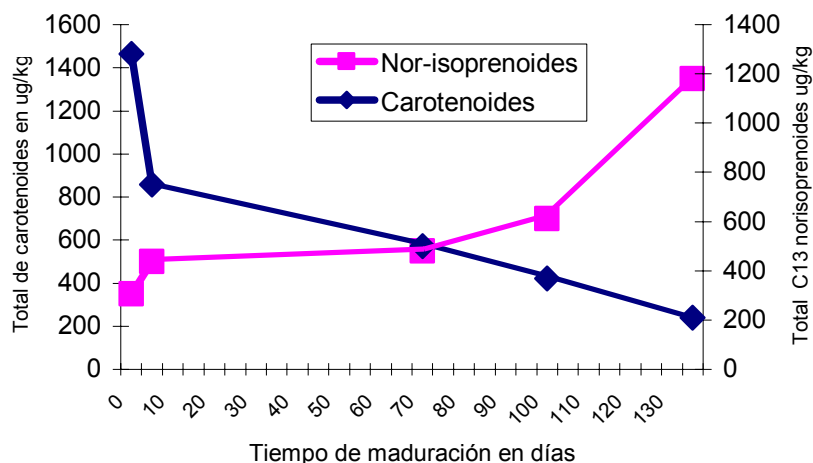


Figura 13 Evolución de los carotenoides y nor-isoprenoides durante la maduración de la baya de Moscatel de Alejandría (Adaptado de Bayonove 1992).

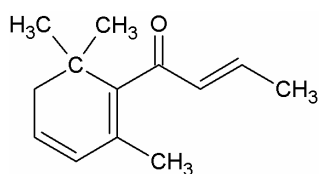
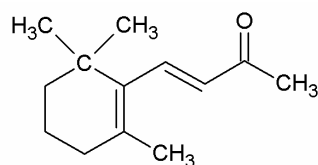
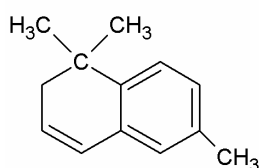
Los C13 tienen propiedades odoríferas muy interesantes y entre estos compuestos podemos citar algunos con impacto olfativo como son: la β -damascenona, la β -ionona, el TDN y el riesling acetal (Figura 14).

La β -damascenona tiene un aroma complejo que recuerda a la compota de manzana, al tabaco y a la rosa con un UPO algo bajo: 45 ng.L^{-1} (Ohloff 1978). Estaría en muchos cepajes entre ellos el Riesling y los moscateles e incluso en vinos tintos (Schreier y otros 1976).

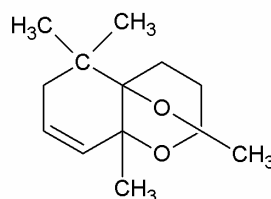
La β -ionona cuyo olor recuerda a la violeta y con un UPO de 600 ng.L^{-1} en solución hidroalcohólica se encuentra casi solamente en los vinos tintos y contribuye de manera limitada al aroma de los vinos blancos (Darriet 1999).

El TDN cuyo olor recuerda al kerosén y el riesling acetal de olor descrito como frutado son característicos de los vinos Riesling envejecidos y se consideran factor de tipicidad del vino (Versini y otros 1996). Su cantidad aumenta con la exposición de la uva al sol y con el almacenaje a más altas temperaturas (Strauss y otros 1987). El UPO del TDN es $0,02 \text{ ng.L}^{-1}$ (Simpson 1978).

Otro nor-isoprenoide importante es el vitispirano cuyo aroma es descrito como alcanfor. Es un C13 de impacto sensorial no bien estudiado (Simpson y Miller 1983) que también aparece en los vinos Riesling. El UPO del vitispirano es $0,80 \text{ ng.L}^{-1}$ (Simpson 1978).

 β - Damascenona β - Ionona

TDN



Riesling acetal

Figura 14 Principales compuestos nor-isoprenoides "C13" de los vinos.

Otros aromas de envejecimiento

Aroma a miel

Aparece en vinos blancos envejecidos en la botella y confiere un aroma a miel, a resina o a cera de abeja. Suele no ser considerado un factor de calidad e incluso un defecto. Su aparición se debería a fenómenos enzimáticos al abrigo del aire. Lavigne y otros (1999) asocian este problema a la furilhidroximetilcetona, el hidroximaltol, el 2,5-furanodicarbaldehído y la aminocetofenona. Según estos autores el contacto de los vinos con las borras de levaduras previene esta nota sensorial debido a que los compuestos reductores liberados por la autólisis de las levaduras como la cisteína, la homo-cisteína y el glutatión previenen su formación.

Aroma a rancio o nuez rancia o azúcar tostada.

Aparece en los vinos dulces naturales (VDN) franceses, en el oporto y también en los vinos bajo velo. Se lo asocia a los descriptores rancio, azúcar tostada y nuez rancia y la sustancia responsable sería el 4-5 dimetil-3 hidroxil-2(5H) furanona llamado también "sotolon". El UPO es de 10 ug.L^{-1} (Cutzach y otros 1998). Se forma en condiciones de oxidación, siendo mayor la cantidad producida cuando la situación de oxidación es mayor. Los mismos autores han estudiado el impacto aromático del sotolón en los vinos (Figura 15) agregando cantidades crecientes de este compuesto en esta bebida y cosa curiosa con 310 ug.L^{-1} aparece para los degustadores el aroma a ciruela, con 510 ug.L^{-1} aparece el aroma a higo seco y con cantidades mayores a 810 ug.L^{-1} recién aparece el típico aroma a nuez rancia de estos tipos de vino (Cutzach y otros 1999). Lógicamente se podría considerar defecto cuando aparece en vinos tintos o blancos donde no se busca este aroma. Puede ser utilizado como marcador de oxidación en vinos.

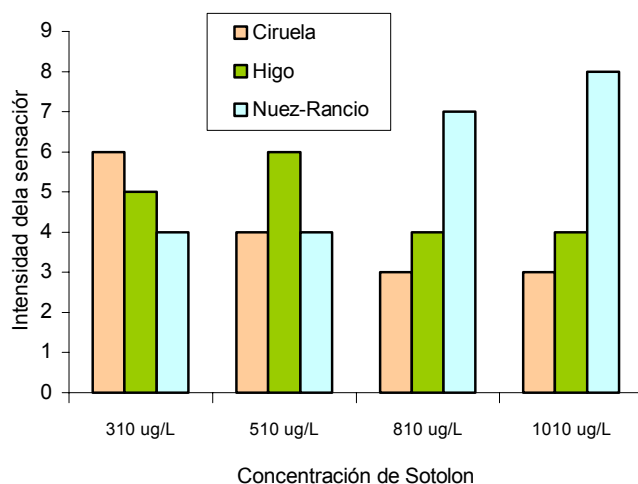


Figura 15 Intensidad aromática de los descriptores “ciruela”, “higo” y “nuez-rancio” en la degustación de un vino dulce natural blanco adicionada de cantidades crecientes de sotolon (Adaptado de Cutzach y otros 1999).

El aroma a eucaliptus

Este aroma presente en muchos vinos y tan notables en los Cabernet-Sauvignon chilenos, californianos y en general de zonas mediterráneas se debe, según alguna idea generalizada, a la presencia de árboles de eucalyptus sp. en la región donde se cultiva la uva. El compuesto causante de este aroma es el eucaliptol (1-8 cineol) y la misma molécula ha sido encontrada en vinos Merlot de California que olían a eucaliptus. Por acción del viento el eucaliptol pasaría desde las hojas hasta las uvas y desde ahí al vino. El UPO de este compuesto en vinos Merlot de California varía de 1,1 a 3,2 ug/L⁻¹ (Herve y otros 2003).

Según otros autores (Fariña y otros 2003) el 1-8 cineol se formaría en el vino a partir de la transformación de compuestos monoterpénicos (limoneno y alfa-terpineol). El estudio se realizó sobre vinos Tannat uruguayos, en donde se detectaron notas eucaliptadas.

Ejercicios recomendados

Tratar de percibir los aromas de vinos Torrontés, Moscatel, Riesling, Cabernet-Sauvignon y Merlot del año y tratar de distinguir los que ya se perciben en la uva y los que producen las levaduras.

Literatura citada

- Acree T.E.; E.H. Lavin; K. Shure. 1994. The aroma of non-vinifera grapes (in: *Connaissance Aromatique des Cepages et Qualité des Vins. Actes du Symposium International, 9-10 Fevrier 1993, Montpellier, France*, 51-57).
- Allen, M.S., M.J. Lacey, R.L.N. Harris, W.V. Brown. 1991. Contribution of Methoxy-pyrazine to Sauvignon Blanc Wine Aroma. *Am. J. Enol. Vitic.* 42:109-112.
- Bayonove C., R.A. Coordonier, P. Dubois. 1975. Etude d'une fraction caractéristique l'arome du raisin de la variété Cabernet Sauvignon. Mise en évidence de la 2-methoxy-3-isobutyl pyrazine. *C. R. Acad. Sci. (Paris), Série D.* 281:75-78.
- Bayonove, C. 1992. Les composés terpeniques. Les acquisitions recentes en chromatographie du vin. Benard Doneche. Editorial Diffusion. Francia.
- Bayonove, C., R. Baumes, J. Crouzet, Z. Gunata. 2000. Aromas. *Enología, fundamentos científicos y enológicos*. Coord. C. Flanzky. Ra Edición. Editorial Mundi-Press-AMV Ediciones.

- Bidan, P. 1975. Relation entre la teneur des vins en alcools supérieurs et la teneur des mouts en substances azotées, en particulier en acides aminés. *Bull OIV*, 48: 842-867.
- Bodega La Agrícola. 2000. Principales terpenoles del Torrontes Riojano de Santa Rosa, Mendoza. Comunicación personal.
- Cacho, J. 2006. La percepción de notas aromáticas en el vino y el efecto de ciertas moléculas volátiles. *ACE. Revista de Enología*. Nro 66. Febrero 06. <http://w.w.w.acenologia.com/ciencia74.2htm>.
- Centro de Aromas. 2003. Cabernet Sauvignon–Metoxo pirazinas. Ficha técnica. V.2.. Universidad Católica de Chile.
- Chatonnet, P. 1993. Fenoli volatili, influenza organolettiche di prevenzione. *Vignevini*, 20:26-34.
- Coordonnier, R.E., C. Bayonove. 1974. Mise en évidence dans la baie de raisin, variété Muscat d'Alexandrie de monoterpenes liés, révélés par une o plusieurs enzymes du fruit. *Crac Aci Paris*, 278: Série D. 3387-3390.
- Coordonnier, R.E., Y.Z. Gunata, R.L. Baumes C.L. Bayonove, 1989. Recherche d'un matériel enzymatique adapté à l'hydrolyse des précurseurs d'arome de nature glucosidique du raisin. *Connaissance Vigne Vin*, 23:46-48.
- Cutzach I., P. Chatonnet, D. Dubourdieu. 1999. Role du Sotolon dans l'arome des Banyuls, Rivesaltes et Porto. *Revue des Oenologues*. 26:12-14.
- Cutzach, I., P. Chatonnet, D. Dubourdieu. 1998. Rôle du sotolon dans l'arôme des vins doux naturels. Influence des conditions d'élevage et de vieillissement *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 1998, 32:223-233.
- Darriet, P. 1999. Los aromas varietales y las formas precursoras de algunos cepajes de calidad. Seminario Internacional "Hacia la enología del siglo XXI". 3 al 7 de mayo. Mendoza, Argentina.
- Decort, S., M.C. Shanta Kumara, H. Verachert. 1994. Localization and characterization of glucosidase activity in *Lactobacillus Brevis*. *Appl. Microbiol.* 60:3074-3078.
- Delfini C., C. Cocito, M. Bonino. 1999. Mécanismes biochimiques et moléculaires chez *Saccaromyces cerevisiae* impliqués dans la formation de quelques composés volatils dans les vins. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 33:195-211.
- Delteil, D., J.M Jarry. 1992. Characteristic effects of two commercial yeast strain on Chardonnay wine volatiles and polysaccharide composition. *Austr. N.Z. Wine Ind. J.* (7):29-33.
- Dubois.P. 1993. Les aromes du vin et leurs défauts. *Revue Francaise d'Oenologie*. 33:63-72, 34:27-40, 39-50.
- Etiévant P. 1991. *Volatiles compounds in foods and beverages*. Marcel Dekker, Inc, New York, 483-546.
- Fanzone, M., 2002. Composición química odorante del vinos del cepaje Malbec. Tesis de grado. Licenciatura en Bromatología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNC.
- Fariña, L., E. Boido, F. Lorenzo, F. Carrau, G. Versini, E. Dellacassa. 2003. Origen de las notas eucaliptadas de los vinos de variedad *Vitis vinifera* cv. Tannat. IX Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología. Santiago de Chile. 24-28 de Noviembre de 2003.
- Fregoni, M. 1999. Los aromas del vino. Seminario Internacional "Hacia la enología del siglo XXI". 3 al 7 de mayo. Mendoza, Argentina.
- Garofolo A, A. Piracci. 1994. Evolution des esters des acides gras pendant la conservation des vins. *Bull OIV* 757-758, 225-245.
- Gil, J.V., J. Mateo, J. Jiménez, M.A. Pastor y T. Huerta. 1996. Aroma compounds in wine as influenced by apiculate yeast. *J. Food Sci.* 61:1247-1249, 1266.
- Grando, M.S., G. Versini, G. Nicolini, F. Mattiv. 1993. Selective use of wine yeast strains having different volatile phenols production. *Vitis*, 32:43-50.
- Gunata, Z., A. Razungles, R. Baumes. 1999. Composés d'Arôme Muscatés. La degustation. *J. Inter. Vigne. Vin*. Nro hors Série:129-135.
- Gunata Z. 1984. Recherches sur la fraction liées de nature glycosidique de l'arome du raisin. Importance des terpénylglycosides, action des glycosidases. Thèse Docteur-Ingénieur. Univ. Sciences et Techniques du Languedoc.
- Herraiz, T., C.S Ough. 1992. Formation of ethyl ester of amino acids by yeast during the alcoholic fermentation of grape juice. *Am. J. Enol. Vitic.* 44:41-48.
- Herve E., S. Price, G. Burns. 2003. Eucalyptol in wines showing a "eucalyptus aroma" *Actualités oenologiques* 2003. VIIIème Symposium International d'Oenologie. Bodeaux Juin 2003.
- Lambrechts, M.G, L.S. Pretorius. 2000. Yeast and its importance to wine aroma. *S. Afr. J. Enol. Vitic. Special Issue* 21:97-128.
- Lavigne-Cruege, V., I. Cutzach, D. Dubourdieu. 1999. Interprétation chimique du vieillissement aromatique défectueux des vins blancs. Incidence des modalités d'élevage. 6ème Symposium International d'Oenologie. Burdeos Francia.
- Marais J., H.J. Pool. 1980 Effect of storage time and temperature on the volatile composition and quality of dry white table wines *Vitis* 19:151-164.

- Marais, J. 1983. Principaux Monotérpenols Odorants du Cépage Muscatés. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 4:49-58.
- Ohloff, G. 1978. Importance of minor components in flavors and fragrances. *Perfumers and Flavorist* 3:11-22.
- Ough, C.S., A.A. Bell. 1980. Effects of nitrogen fertilization of grapevines on amino acid metabolism and higher-alcohol formation during grape juice fermentation. *A. J. Enol. Vitic.*, Vol. 31:122-123.
- Peynaud, E. 1983. *Le Gout du vin*. Bordas, Paris.
- Ramey, D.D., C.S. Ough. 1980. Volatile ester hydrolysis or formation during storage of model solutions and wines. *J. Agric Food Chem* 28:923-934.
- Reynolds, A.G., D.A. Wardle. 1997. Flavour Development in The Vineyard. Impact of Viticultural Practices on Grape Monoterpenes and their Relationship to Wine Sensory Response. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 18:3-18.
- Ribéreau-Gayon, P., J.N. Boidron, A. Terrier. 1975. Aroma of Muscat Grape Varieties. *J. Agric. Food. Chem.* 23:1042-1047.
- Roujou de Boubée, D. 1999b. Le caractère végétal des vins rouges de Bordeaux et l'incidence positive des travaux en vert. UNION GIRONDE. Juin 1999.
- Roujou de Boubée, D. 1999a. Le caractère végétal des vins. La dégustation. *Journal international de la vigne et du vin*. Nro Hors Série. 145-146.
- Roujou de Boubée. 2004. Recherches sur le caractère végétal-poivron vert dans les raisins et dans les vins. *Revue des Oenologues* 31:6-10.
- Schreier P., F. Drawert., A. Junker. 1976. Identifications of volatiles constituents of grapes. *J. Agric. Food Chem* 24:331-336.
- Shinoara, T. 1984. L'importance des substances volatiles du vin. Formation et effets sur la qualité. *Bull OIV*. 1984:641-642: 606-618.
- Shinohara T., J. Shimizu. 1981. Formation of ethyl esters of main organic acids during aging of wine and indications of aging. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 55:679-687.
- Simpson R.F., G.C. Miller. 1983. Aroma composition of aged Riesling wine. *Vitis* 22:51-63.
- Simpson, R.F. 1978. Aroma and compositional changes in wine with oxidation and ageing wines. *Vitis* 17:274-287.
- Strauss C.R., B. Wilson., R. Anderson. P.J. Williams. 1987. Development of precursors of C13 norisoprenoid flavorants in Riesling grapes. *Am. J. Vitic. Enol.* Vol 38:23-27.
- Strauss, C.R., B. Wilson, P.R. Gooley, P. Williams. 1986. Role of Monoterpenes in Grape and Wine Flavor. ACS SYMPOSIUM SERIES. Nro 317. Biogeneration of Aromes.
- Versini, G., A. Rapp, J. Marais, F. Mattivi, M. Spraul. 1996. A new 1,1, 6-trimethyl-1-2-dihydronaphtalene (TDN) precursor isolated from Riesling grapes products: Partial structure elucidation and possible reaction mechanism. *Vitis* 35:15-21.
- Williams, P.J., C.R. Strauss, B. Wilson and A. Massay-Westropp. 1982. Studies on the Hydrolysis of Vitis Vinifera Monoterpene Precursor Compounds and Model Monoterpene B-D-Glucosides Rationalizing the Monoterpene Composition of Grapes. *J. Agric. Food Chem.* 30:1219-1223.