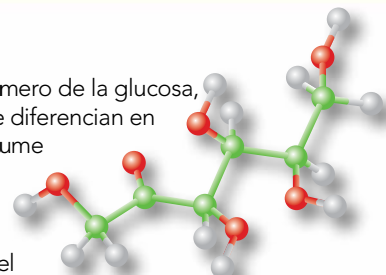




# The Wine EXPERT

Información práctica sobre elaboración de vino

## LA FERMENTACIÓN DE LA FRUCTOSA EN LA ELABORACIÓN DEL VINO



¿Qué es la fructosa?

La fructosa es una polihidroxicetona de carbono 6. Se trata de un isómero de la glucosa, es decir: ambos tienen la misma fórmula molecular ( $C_6H_{12}O_6$ ), pero se diferencian en su estructura. Asimismo, es uno de los azúcares que la levadura consume durante la fermentación del vino.

Por qué es importante en el vino?

La glucosa y la fructosa son los principales azúcares fermentables en el mosto. Durante la fermentación alcohólica, las levaduras convierten la mayoría de la glucosa y la fructosa presentes en alcohol y  $CO_2$ . Los mostos de uva contienen las mismas cantidades de glucosa que de fructosa, y sus concentraciones totales normalmente pueden variar de los 160 a 300 g/litro.

*Saccharomyces cerevisiae* es una levadura "glucofílica", puesto que prefiere la glucosa a la fructosa. Durante la fermentación, la glucosa se consume a mayor velocidad que la fructosa y la cantidad proporcional de fructosa aumenta conforme avanza la fermentación. Esto puede ocasionar desequilibrios en los vinos y, bajo las condiciones de estrés del final de la fermentación, dificultar a la levadura que utilice la fructosa. Por lo tanto, saber cómo varía la utilización de dicho azúcar en las levaduras del vino es importante para mantener una velocidad de fermentación constante al final de la fermentación alcohólica y limitar el riesgo de que la fermentación se pare.

¿Cuáles son los factores que influyen en la utilización de la fructosa durante la fermentación?

### Nitrógeno:

En la fermentación alcohólica, los azúcares se consumen principalmente durante la fase estacionaria. Durante esta fase, los compuestos nitrogenados del mosto el nitrógeno se van haciendo menos disponibles y, debido a su papel esencial en el transporte de azúcares en la célula a través de la síntesis de proteínas, esto explica parcialmente por qué tanto el metabolismo de la levadura como la actividad de la fermentación (Salmon, 1996) se ralentizan. El nivel de alcohol también aumenta gradualmente, haciéndose tóxico para la célula de la levadura, y el uso de la fructosa se ve aún más comprometido. Por lo tanto, se recomienda tener un nivel mínimo de 150 mg/L de NFA (nitrógeno asimilable por la levadura) y una correcta gestión del mismo mediante el suplemento con nutrientes orgánicos y complejos.

### Relación glucosa/fructosa (GFR, por sus siglas en inglés):

La cinética de utilización de los azúcares por parte de la *S. cerevisiae* durante las fermentaciones se lleva a cabo en gran parte a través del transporte de los azúcares y, por regla general, la glucosa es consumida a mayor velocidad que la fructosa. En las fermentaciones lentas, la velocidad máxima de fermentación se reduce cuando la mayor parte de la glucosa ha sido consumida, y la fermentación se puede parar cuando queda una concentración considerable de fructosa. Según las publicaciones, el nivel de glucosa residual en los vinos con paradas de fermentación es 10 veces menor que la concentración de fructosa (Gafner y Schütz, 1996).

### Levadura:

También se ha demostrado que la preferencia de la glucosa ante la fructosa depende de la levadura, y la discrepancia entre el consumo de glucosa y de fructosa no es un parámetro fijo, sino que depende de la dotación genética y de las condiciones externas (Berthels et al., 2004). Por otro lado, las investigaciones han hallado los genes que codifican los transportadores de hexosas en la levadura. En condiciones enológicas, hay varios genes implicados en el transporte de azúcares, que está regulado por una amplia familia multigénica llamada HXT. Existen 20 genes HXT. El Hxt1 y Hxt7 son los principales transportadores. El Hxt2, Hxt6 y Hxt7 son transportadores de elevada afinidad, mientras que los Hxt1 y Hxt3 son transportadores de baja afinidad. Otros transportadores Hxt tienen una afinidad intermedia. Tanto los transportadores de alta como de baja afinidad tienen una mayor afinidad por la glucosa que por la fructosa, lo que puede afectar a la velocidad de utilización de estas hexosas. Las concentraciones de hexosas en el medio influyen en la expresión de los genes HXT individuales (Pérez et al., 2005, Guillaume et al., 2007). Por otro lado, se ha demostrado que el Hxt3 tiene la mayor capacidad de contribuir a la fermentación (Luyten et al., 2002), y los estudios también han identificado que este gen es el responsable de la capacidad de consumir fructosa en determinadas levaduras (Guillaume et al., 2007).

## LOS RESULTADOS

La utilización de fructosa por parte de las levaduras enológicas es crítica para el mantenimiento de una velocidad de fermentación constante al final de la fermentación alcohólica. Por lo tanto, la fructosa se convierte en el principal azúcar presente en las últimas fases de la fermentación alcohólica, y las levaduras enológicas tienen que fermentar la fructosa tras largos periodos sin consumir nada, en presencia de grandes cantidades de etanol. El estrés relacionado con estas condiciones podría verse amplificado por los desequilibrios nutricionales que pueden alterar la actividad de la levadura, dando lugar a fermentaciones lentas o paradas (Guillaume *et al.*, 2007). En estas situaciones, se cree que la baja capacidad para utilizar la fructosa de la *S. cerevisiae* contribuye a la baja velocidad de fermentación. Como se explica arriba, algunas levaduras enológicas varían de forma natural en su capacidad para utilizar la fructosa. Esta capacidad se mide mediante el "índice fructofílico". El índice fructofílico se describe como el cálculo del área entre las curvas de consumo de glucosa y de fructosa por la misma levadura en función del CO<sub>2</sub> liberado, y fue el criterio elegido para evaluar la capacidad de cada levadura de consumir fructosa. La atención se centró en el área situada en la última mitad de la fermentación, puesto que es el área crítica en la que se consumen principalmente los azúcares. Cuanto menor es el área, más cerca está la cinética de consumo de fructosa de la cinética de consumo de glucosa (Dumont *et al.*, 2009).

Bajo las siguientes condiciones (temperatura de fermentación: 24°C, medio sintético con alto contenido de YAN (MS300) y de azúcares, azúcares totales: 260 g/L, GFR = 1 (glucosa = 130 g/L y fructosa = 130 g/L)), hallamos la siguiente clasificación (figura 1). La levadura más eficiente en la utilización de fructosa es Uvaferm 43® YSEO®.

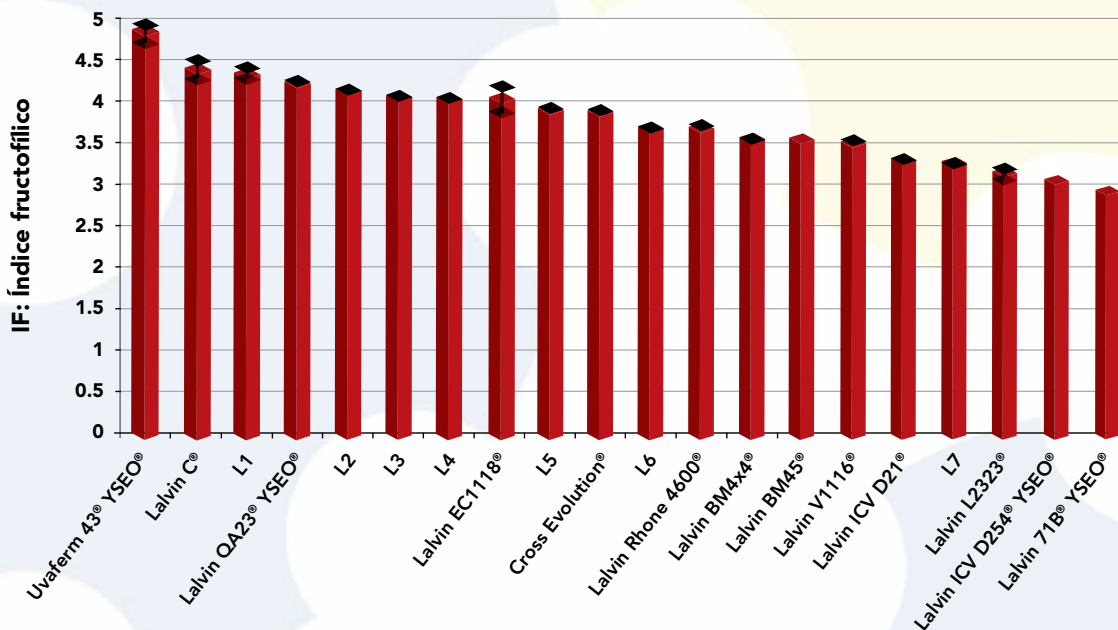


Figura 1. Clasificación de levaduras seleccionadas basada en su diferente consumo de azúcares

A partir de estos resultados, investigamos el rendimiento de unas cuantas levaduras seleccionadas bajo diferentes condiciones que pueden influir en la utilización de la fructosa. La figura 2 muestra el índice fructofílico de la levadura seleccionada bajo las mismas condiciones, salvo que la GFR varía de 1 (óptima) a 0,33 (difícil), lo que significa que la concentración de glucosa en el mosto es menor que la de fructosa, forzando así a la levadura a usar la fructosa. Las condiciones eran las siguientes: temperatura de fermentación: 24°C, medio sintético con alto contenido de YAN (MS300) y de azúcares, azúcares totales: 260 g/L, GFR = 1 (glucosa = 130 g/L y fructosa = 130 g/L) o GFR = 0,33 (glucosa = 65 g/L, fructosa = 195 g/L). Bajo estas condiciones, Uvaferm 43 YSEO seguía superando a las otras levaduras, aunque, bajo una GFR de 0,33, se dio una reducción del índice fructofílico, lo cual ocurre con todas las levaduras.

Bajo condiciones de YAN limitado (MS70 = 100 ppm YAN), los tiempos de fermentación fueron cerca de cuatro veces más largos que bajo condiciones de YAN más alto (MS300 = 400 ppm YAN). Los niveles iniciales de nitrógeno influyen en la actividad fermentativa de las levaduras, pero no afectan a su capacidad variable de utilizar la fructosa. Bajo ambos niveles de nitrógeno, Uvaferm 43® YSEO® demostró tener la mayor capacidad para consumir fructosa (figura 3).

## THE RESULTS (cont'd)

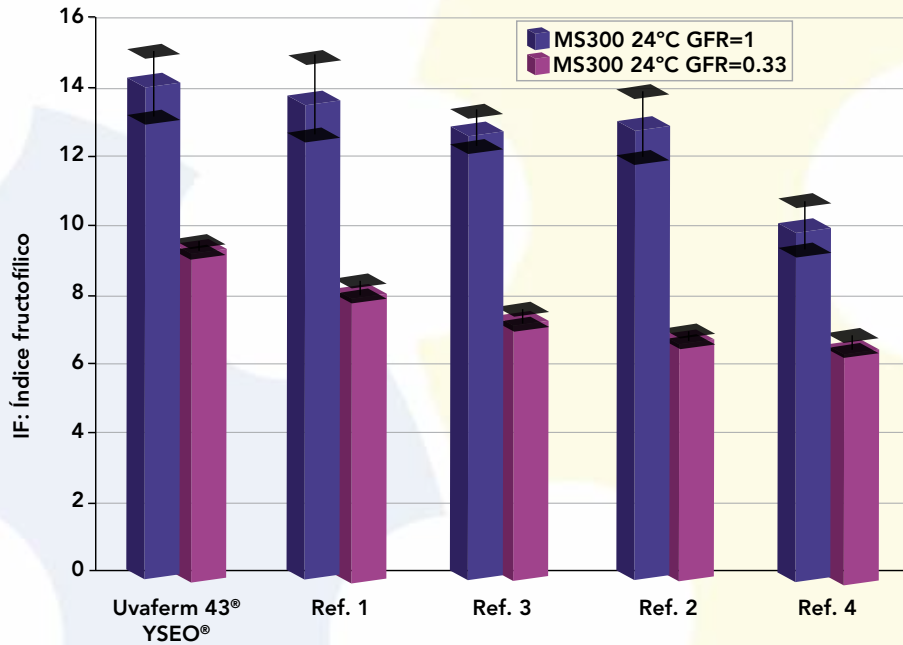


Figura 2. Impacto de la GFR en el índice fructofílico de la levadura seleccionada.

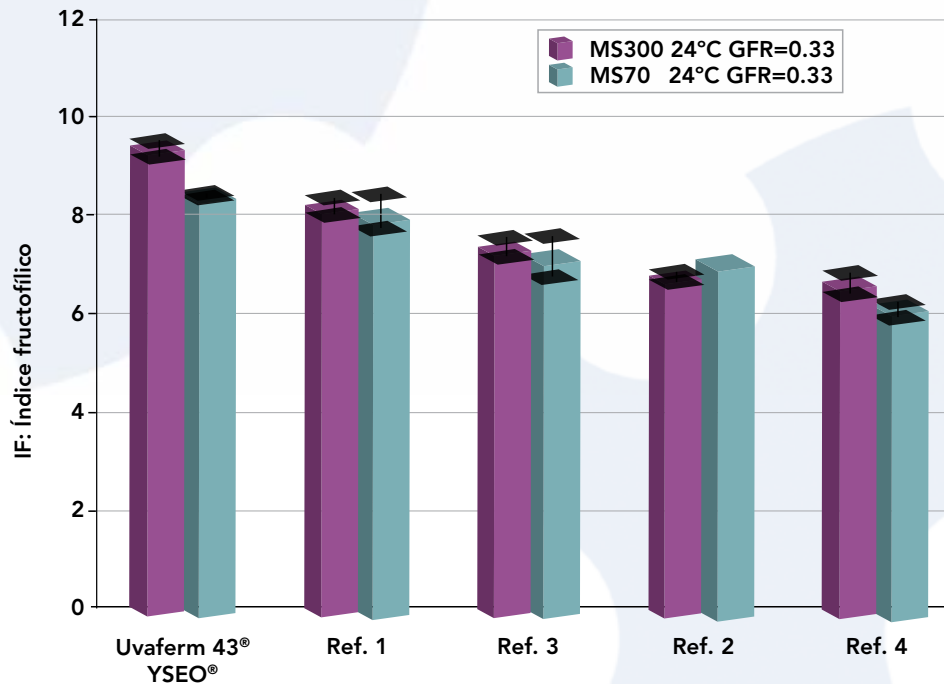


Figura 3. Clasificación de levaduras seleccionadas basada en el diferente consumo de azúcar en un medio con una relación glucosa/fructosa = 0,33 y con diferentes niveles de nitrógeno (medios con deficiencia de nitrógeno, MS70; o con alto contenido de nitrógeno, MS300).



## Dr. JÜRIG GAFNER



Jürg Gafner es un microbiólogo del Centro de Investigación Agroscope Changins-Wädenswil en Wädenswil, Suiza. Desde 1990, ha liderado proyectos de investigación sobre la ecología de los microorganismos del vino con un interés particular en las fermentaciones alcohólicas lentas o paradas. Uno de los principales objetos de estudio de sus proyectos es la composición y la dinámica poblacional de los microorganismos deseados y no deseados, así como la producción de productos metabólicos deseados y no deseados en la elaboración del vino. Otro de sus objetos de estudio es la prevención y el remedio de las fermentaciones lentas y detenidas, que se producen por un desequilibrio entre la glucosa y la fructosa durante la fermentación alcohólica. Los resultados de Jürg Gafner han aparecido en más de 30 publicaciones científicas y en 100 artículos. Asimismo, presentó sus resultados en cerca de 100 conferencias, la mayoría como ponente invitado.

## PALABRAS DEL EXPERTO

Las paradas de fermentación son el segundo problema más importante de la elaboración del vino en todo el mundo. Se habla de varias razones por las que se dan dichas paradas. Nuestras observaciones mostraron que las paradas se daban hasta en un 95% cuando la relación glucosa/fructosa (GFR, por sus siglas en inglés) se encontraba por debajo de 0.1. Por otro lado, demostramos que el simple aumento de la GFR produce la continuación de la fermentación alcohólica.

Durante un estudio llevado a cabo en 2008 pudimos analizar seis cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de botellas de vino viejas que mostraron el genotipo y el fenotipo fructofílicos. Una vez que la levadura fue caracterizada fenotípicamente, también se estudió el genotipo. Por otro lado, se secuenciaron los genes de la hexoquinasa I y la hexoquinasa II, puesto que se dio por hecho que estas dos enzimas tienen funciones clave. Dentro de la región codificadora de la hexoquinasa I, se determinó que había una mutación en la posición 513, que es responsable de un intercambio de aminoácidos de la alanina a la valina; y dentro de la región codificadora de la hexoquinasa II se dio una mutación en la posición 1267, que es responsable de un intercambio de aminoácidos de la isoleucina a la valina. Los cambios observados fueron muy pequeños. En la actualidad se están llevando a cabo más estudios sobre "reemplazo de genes" o "análisis de la secuenciación del genoma completo" para la caracterización del genotipo fructofílico.

## UN BREVE RESUMEN

Las levaduras seleccionadas difieren en su capacidad para consumir fructosa y pueden tener un importante efecto en el rendimiento de la fermentación, especialmente bajo condiciones difíciles. UVAFERM YSEO® 43 tiene el mayor índice fructofílico, lo que indica que esta levadura tiene la mayor capacidad para absorber fructosa, cualesquiera que sean la GFR, los niveles de nitrógeno y la temperatura. El índice fructofílico de la levadura del vino es un indicador del rendimiento en mostos potencialmente problemáticos, en los que la GFR es baja y/o las condiciones del mosto son difíciles.

En nuestro próximo número: "Glutation y su aplicación en la vinificación"



Available on the  
App Store