

La fermentación es el proceso por el cual las levaduras transforman los azúcares presentes en el mosto en alcohol. De forma muy resumida, cada molécula de azúcar (una hexosa) es capaz de transformarse en dos moléculas de etanol y dos moléculas de CO<sub>2</sub>, obteniendo energía en forma de ATP en el proceso (vía Embden-Meyerhof-Parnes). Aunque esta es la vía metabólica principal, en el proceso también aparecen otros compuestos como el glicerol, el acetaldehído o el ácido acético que contribuyen a aportar características organolépticas específicas de gran relevancia.



Son varios los géneros de levadura presentes en el hollejo. La mayoría son de metabolismo oxidativo (*Kloeckera*, *Hanseniospora*, *Cándida*, *Pichia*), pero también existen de metabolismo fermentativo (*Saccharomyces*, *Brettanomyces*). Son estas últimas las responsables de la transformación de los azúcares en alcohol, dióxido de carbono y otros intermediarios metabólicos que aportan aromas (algunas veces indeseados, como *Brettanomyces*) y textura al vino.

La fuente de carbono procede de los azúcares (glucosa y fructosa) presentes en el mosto. El grado alcohólico final dependerá en primera instancia de la concentración de azúcares iniciales. Así, un mosto que contenga entre 170 y 250 g/L de azúcar dará lugar a vinos entre el 10 y 15 % en volumen. Concentraciones superiores de azúcar pueden provocar shock osmótico sobre las levaduras, lo que afecta sensiblemente a su crecimiento. De igual forma, cuando la concentración de alcohol supera el 15%, la viabilidad de las levaduras se ve comprometida.

Algo más complicado es asegurar la fuente de nitrógeno, ya que existen diferencias importantes en funciones de la forma de cultivo, la variedad de uva, las condiciones climáticas o el estado sanitario de la misma, por lo que es esencial asegurarse antes de que los niveles de nitrógeno asimilable, procedente de aminoácidos y amonio, alcanza un mínimo alrededor de los 130-140 mgN/L. Una bajada en los niveles de nitrógeno por debajo de un valor límite puede provocar una parada súbita de la fermentación. Tampoco es recomendable el exceso de nitrógeno, puesto que en ese caso se producen fermentaciones muy violentas, con subidas de temperatura muy fuertes, y se favorece la síntesis de urea, que aporta sabores negativos. El control del nitrógeno asimilable disponible, independientemente de cuál sea fuente, es por tanto crítico a lo largo de todo el proceso fermentativo.

En el proceso de vinificación se suceden varias fases. En un primer momento, la concentración de levaduras es insuficiente para producir un nivel de transformación del azúcar en alcohol significativo. La primera fase, por tanto, es favorecer el crecimiento de las levaduras ajustando adecuadamente las condiciones de temperatura (entre 13 y 30 °C) para favorecer el metabolismo oxidativo (claramente mucho más eficiente en términos energéticos) y, mediante remontados, mantener un aporte de oxígeno suficiente.

Se produce entonces una fuerte competencia entre las levaduras y bacterias existentes. Las primeras levaduras en multiplicarse son la del género *Kloeckera*, las más abundantes en el hollejo, pero son poco interesantes ya que producen poco alcohol y un exceso de acético y acetato de etilo. Son especialmente sensibles a la presencia de sulfitos, un potente antiséptico, por lo que aumentar la presencia del mismo en las fases iniciales es una manera de controlarlas y evitar que compitan con *Saccharomyces* por los componentes esenciales. De facto, una práctica habitual, en caso de que el enólogo decida utilizar cepas de levaduras comerciales en lugar de las naturales, es añadir sulfitos durante la fase de prensado, manteniendo el mosto en condiciones totalmente asépticas hasta el momento en que se inocule la cepa de levadura escogida.

Levaduras y bacterias también son sensibles a la presencia de alcohol, por lo que, en cuanto los niveles de alcohol superan los 3-4 %, muchas de las levaduras empiezan a morir. *Saccharomyces* es mucho más resistente en estas condiciones y puede acelerar su desarrollo, primero lentamente pero después de forma exponencial. Son estas levaduras las que iniciarán el proceso



fermentativo, reduciendo el aporte de oxígeno disponible, y que conducirá hasta el final de la fermentación, en el que, agotados los nutrientes, terminarán muriendo.

Al final de la fermentación el nivel de azúcar que queda en el vino debe ser lo suficientemente bajo como para que no se reinicie nuevamente un proceso fermentativo (normalmente con valores de glucosa+fructosa por debajo de 0,5 g/L). En el caso de vinos dulces, sin embargo, el contenido de azúcar puede ser muy superior. En este caso, una nueva fermentación se previene únicamente por efecto del alto contenido en etanol, por lo que suelen ser vinos con graduación del 15% o mayor.

Una vez finalizada la fermentación alcohólica, los vinos tintos sufren un proceso de fermentación adicional en la que el ácido málico es transformado en ácido láctico. Este tipo de fermentación la realizan las bacterias lácticas, especialmente las del género *Oenococcus* (las más relevantes), *Pediococcus* y *Lactobacillus*. A lo largo de este proceso, las bacterias transforman en ausencia de azúcares, el ácido L-málico (con fuerte carácter herbáceo) en ácido L-láctico (mucho más suave). Esta transformación tiene importantes implicaciones sobre las características del vino, que verá aumentado su pH (el málico es mucho más ácido que el láctico) al tiempo que aumenta su estabilidad general.

El desarrollo de *Oenococcus* se ve favorecido manteniendo el pH del vino en todo momento por debajo de 3,2 y un grado alcohólico elevado. En esas condiciones, esta bacteria se convierte en la dominante al final de la fermentación alcohólica, favoreciendo enormemente el desarrollo de la fermentación maloláctica y reduciendo la producción de acético. Por encima de 3,6, sin embargo, las condiciones son adecuadas para el desarrollo de *Lactobacillus* y *Pediococcus*, que actúan, además de sobre los azúcares residuales, sobre tartárico (reduciendo aún más la acidez) y sobre glicerol, aumentando la producción de acético. Con valores de pH próximos a 4,0, el riesgo de picado láctico ya es muy importante. Los niveles de ácido D-láctico son un claro indicador de este problema.

KITS  PARA EL CONTROL DE FERMENTACIÓN

Nutrientes	SY2404	Glucosa+Fructosa
	SY2428	Azúcares totales
	SY2407	Nitrógeno amoniacal
	SY2408	Nitrógeno amino primario
Regulación	SY2409	Sulfito Libre
	SY2410	Sulfito Total
Control del proceso	SY2403	L-Láctico
	SY2413	D-Láctico
	SY2402	L-Málico
	SY2401	Acético

*Desde hace más de 10 años, el compromiso de Sinatech con el enólogo siempre ha sido el trabajar codo con codo para proporcionarle las soluciones analíticas más adecuadas al control y seguimiento del proceso de vinificación. Métodos automatizados fácilmente adaptables a cualquier rutina de trabajo, con un equipo de asesoría personalizada para ayudarle a una implementación rápida y sin problemas.*

**Sinatech: TeamWork**