

NOTICIAS ENARTIS

NUTRICIÓN DE LA LEVADURA: QUÉ, CÓMO Y CUÁNDO

Una correcta gestión de la nutrición de la levadura incluye conocer y controlar tanto los factores nutricionales esenciales necesarios en cada determinada etapa de crecimiento como el momento en que éstos deben aportarse. Por otro lado, las estrategias de gestión de la nutrición deben adaptarse a las condiciones de fermentación y a los factores de estrés, ya que algunas prácticas de vinificación pueden tener un impacto significativo en el contenido y disponibilidad de nutrientes. Solo proporcionando a la levadura la dosis adecuada de nutrientes, en el momento adecuado de su ciclo de vida, es posible producir vinos limpios y de calidad con una presencia mínima de aromas fermentativos anómalos (H_2S , etc.).

NITRÓGENO

Después de la glucosa y la fructosa, el nitrógeno es el factor nutricional más importante para la levadura. Se utiliza en la síntesis de varias moléculas, principalmente proteínas:

- proteínas estructurales, necesarias para formar nuevas células.
- Enzimas, necesarias para mantener los procesos metabólicos, incluida la conversión de azúcar en alcohol.
- Proteínas transportadoras ubicadas en la membrana celular, que regulan los intercambios entre el exterior y el interior de la célula de levadura.

Sin duda, la disponibilidad de nitrógeno es uno de los factores de crecimiento cruciales para estimular la multiplicación de la levadura y garantizar un metabolismo fermentativo eficaz.

Saccharomyces cerevisiae solo puede asimilar formas simples de nitrógeno como amonio, aminoácidos y péptidos pequeños que contienen de dos a cinco aminoácidos. La levadura absorbe estos compuestos a diferentes velocidades y cantidades, según una escala de preferencia: el amonio se consume más rápido que los aminoácidos, algunos aminoácidos se asimilan completamente y otros no. Por esta razón, con el término NFA (Nitrógeno Fácilmente Asimilable por la levadura), nos referimos a aquellos compuestos que efectivamente la levadura puede utilizar.

Las necesidades de NFA varían en función de:

- La cepa de levadura.
- Contenido de azúcar en el mosto: cuanto mayor es el contenido de azúcar, mayor es la necesidad de NFA.
- Cantidad de biomasa: cuanto mayor es la población de levaduras, mayor es la demanda de NFA.

Las concentraciones de NFA en el mosto varían y, a menudo, son escasas y no son suficientes para satisfacer los requisitos nutricionales de la levadura. Cuando la fase prefermentativa es larga, como es el caso de la vinificación en blanco o la maceración prefermentativa en frío de los tintos, el crecimiento de microorganismos autóctonos provoca el agotamiento de los factores nutricionales, incluido el nitrógeno. Muchos autores estiman que el contenido mínimo de NFA necesario para una fermentación completa es de alrededor de 150 mg/L

de NFA en un mosto que contiene 200 g/L de azúcares. Más allá del concepto de requerimiento nutricional básico para una fermentación regular y completa, si el objetivo es “optimizar la calidad sensorial del vino”, el requerimiento de NFA puede llegar a valores de hasta 350 mg/L o más.

AMINOÁCIDOS

La célula absorbe los aminoácidos a través de las proteínas de transporte presentes en la membrana celular que requieren energía para funcionar. El amonio inhibe muchos de estos sistemas de transporte.

El alcohol también inhibe la absorción de aminoácidos. La absorción de aminoácidos se realiza junto con el transporte de uno o más protones (H^+). La concentración de H^+ en una solución está relacionada con su pH: cuanto mayor es el contenido de protones, menor es el pH. Dentro de la célula de levadura, el pH es de aproximadamente 6-7 y debe permanecer en este intervalo para garantizar un metabolismo normal. En la membrana celular, las bombas de protones actúan expulsando protones al mosto de uva y manteniendo el equilibrio del pH intracelular. Durante la fermentación, la producción de alcohol hace que la membrana celular sea progresivamente más permeable a H^+ , lo que provoca la difusión pasiva de protones dentro de la célula. Las células de levadura intentan limitar esta acidificación del pH intracelular bloqueando el transporte de aminoácidos.

Por esta razón, la levadura de manera estratégica, solo absorbe aminoácidos durante las primeras etapas de la fermentación y solo en ausencia de amonio. Una vez transportados al interior de la célula, se acumulan en la vacuola, donde se almacenan y reservan. Esto permite que las células de levadura puedan utilizar aminoácidos en las etapas más avanzadas de la fermentación, cuando la presencia de alcohol inhibe su absorción.

Cuándo aportar aminoácidos

De acuerdo con la explicación anterior, lo más adecuado es que la suplementación de aminoácidos se realice inmediatamente después de la inoculación, evitando la adición simultánea de amonio. Incentivar la utilización de aminoácidos por la levadura tiene el efecto de mejorar el aroma del vino. De hecho, los aminoácidos pueden considerarse precursores aromáticos, son los componentes básicos del aroma secundario del vino. Una vez eliminado del grupo amínico, el esqueleto carbonílico del aminoácido puede ser eliminado por la célula en forma de un alcohol superior o éster y contribuir al aroma del vino.

Cómo aportar aminoácidos

Los nutrientes de fermentación constituidos por levaduras autolisadas son la única fuente de aminoácidos permitida en enología.

AMONIO

Al igual que los aminoácidos, el amonio se asimila a través de un sistema de transporte activo que es menos sensible al alcohol y que se detiene solo en una fase muy avanzada de la fermentación.

Cuándo aportar amonio

Dado que la levadura absorbe preferentemente amonio, es aconsejable posponer su adición hasta el final de la fase de crecimiento exponencial, es decir, aproximadamente a un tercio de la fermentación alcohólica. En esta fase, el amonio se utiliza para sintetizar nuevas proteínas de la membrana. La vida media de las proteínas de transporte es de cinco a seis horas. Se ha comprobado que cincuenta horas después de la ausencia total de nitrógeno, las proteínas de transporte dejan de funcionar y las células de levadura cesan la absorción de azúcar.

La adición de amonio en la segunda mitad de la fermentación alcohólica puede ayudar a revertir esta posible reducción. Sin embargo, la cantidad aportada debe ser moderada ya que la presencia de amonio residual puede favorecer posteriormente el crecimiento de levaduras contaminantes como *Brettanomyces*.

Cómo aportar amonio

El amonio se puede aportar en forma de fosfato diamónico (DAP) y sulfato de amonio, hasta un límite máximo de 1 g/L equivalente a aproximadamente 200 mg/L de NFA. En general, se tiende a limitar el uso de sulfato de amonio para evitar cantidades excesivas de sulfatos que podrían reducirse a H₂S.

En conclusión, combinar la adición de aminoácidos durante la inoculación de la levadura y de amonio a partir de 1/3 de la fermentación alcohólica es preferible al uso de una forma única de nitrógeno o a la adición en una sola dosis porque:

- El uso de grandes cantidades de sales de amonio puede dar al vino un sabor salado o tipo disolvente.
- Una adición de nitrógeno elevada durante la inoculación de la levadura favorece una multiplicación excesiva de la levadura, lo que provoca un aumento general de los requisitos de nitrógeno. Además, la alta temperatura de fermentación producida puede provocar fermentaciones lentas o paradas de fermentación.

FACTORES DE SUPERVIVENCIA: ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA Y ESTEROLES

La membrana celular es la barrera protectora que permite que la levadura crezca y sobreviva en un ambiente tan difícil como el del vino, en particular a causa de pH ácido y de la presencia de sustancias tóxicas como anhídrido sulfuroso y alcohol. La membrana está compuesta por una doble capa anfipática de fosfolípidos donde las "colas" de ácidos grasos de cadena larga forman una matriz donde están presentes esteroleos y proteínas estructurales y de transporte. Para los intercambios regulares entre la célula y el ambiente externo, la membrana celular debe mantener una fluidez constante. La acumulación de alcohol provoca el endurecimiento de la

membrana y aumenta su permeabilidad frente a los protones, lo que conduce a una acidificación citoplasmática, a la muerte celular y, en consecuencia, a paradas de fermentación. Algunos estudios han demostrado que la pérdida de fluidez de la membrana causada por el alcohol está relacionada con una reducción del contenido de esteroleos y una disminución del índice de insaturación de los ácidos grasos. De hecho, en condiciones anaeróbicas, las levaduras son incapaces de sintetizar esteroleos y ácidos grasos insaturados de cadena larga. Por lo tanto, en cada división celular, el contenido de estas sustancias se agota hasta convertirse en un factor limitante para la multiplicación de las levaduras y la síntesis de membranas.

Esta carencia estimula en la levadura la producción de los lípidos necesarios para reconstituir la membrana, pero la falta de oxígeno interrumpe la vía de síntesis en una fase que conduce a la acumulación de intermediarios tóxicos como el ácido acético y los ácidos grasos de cadena media. En conclusión, la falta de ácidos grasos de cadena larga y esteroleos es una de las principales causas de fermentaciones difíciles y de aumento de acidez volátil.

Cuándo aportar ácidos grasos de cadena larga y esteroleos

Durante la segunda parte de la fermentación alcohólica, los ácidos grasos de cadena larga (C16 y C18) y los esteroleos se convierten en factores esenciales para la supervivencia de la levadura y por tanto se deben aportar durante la multiplicación antes de que se conviertan en un factor limitante. Se pueden adicionar durante la inoculación de la levadura o durante la primera mitad de la fermentación.

Cómo aportar ácidos grasos de cadena larga y esteroleos

Los sólidos de la uva contienen grandes cantidades de ácidos grasos de cadena larga y esteroleos. Mostos blancos excesivamente clarificados presentan escasez de lípidos. Hay dos opciones para compensar esta carencia:

- Volver a adicionar sólidos hasta alcanzar una turbidez de aproximadamente 100-150 NTU.
- Adicionar cortezas de levaduras ricas en lípidos.

OXÍGENO

La levadura requiere oxígeno para sintetizar esteroleos y ácidos grasos insaturados. Dada la importancia de estos lípidos para la integridad de la membrana y la supervivencia de la levadura, el oxígeno puede considerarse un nutriente.

Cuándo aportar oxígeno

La levadura seca activa contiene inicialmente una gran cantidad de lípidos debido a las condiciones aeróbicas aplicadas durante su producción. Es fundamental adicionar oxígeno entre un tercio y la mitad del consumo de los azúcares. La levadura utilizará inmediatamente el oxígeno para la síntesis de esteroleos y ácidos grasos.

La cantidad de oxígeno necesaria para el metabolismo de las levaduras es de aproximadamente 10 mg/L. El resultado de la oxigenación es una aceleración de la segunda mitad de la fermentación. Este efecto se acelera aún más cuando se combina el oxígeno con la adición de amonio.

En caso de fermentación espontánea, las levaduras tendrán un bajo contenido de lípidos ya que no se cultivan en condiciones aeróbicas, por lo que es aún más importante prestar atención a los requerimientos de oxígeno.

No se recomienda la adición de oxígeno durante la inoculación, ya que las dañinas enzimas oxidasas (tirosinasa y lacasa), pueden utilizarlo más rápidamente que la levadura, lo que produciría el pardeamiento y oxidación del mosto.

Cómo aportar oxígeno

Durante la fermentación, el oxígeno se puede adicionar mediante remontados, delestaje o usando un equipo de macrooxigenación.

Los remontados abiertos no permiten un gran control, ni es la forma más segura de oxigenar el mosto. La cantidad máxima de oxígeno que se puede disolver en el mosto de la uva es de alrededor de 6,5 mg/L a 20 °C. Esta cantidad solo se puede alcanzar remontando todo el volumen de mosto fermentado. Esto requiere la presencia constante de un operador para garantizar que se transfiera el volumen completo. Aun así, este inicial remontado con aireación no siempre es suficiente para satisfacer la demanda de oxígeno de la levadura, por lo que se requieren múltiples remontados. En caso del delestaje, además de la presencia de un operador, también existe la necesidad de disponer de un tanque vacío. El uso de equipos de macrooxigenación permite una mayor precisión de la dosificación, una mayor velocidad de solubilización y no requiere un seguimiento continuo, ya que estas unidades de dosificación están automatizadas.

FACTORES DE CRECIMIENTO: VITAMINAS Y MICRONUTRIENTES

Vitaminas (biotina, tiamina, ácido pantoténico, inositol y ácido nicotínico) y oligoelementos (potasio, magnesio, fósforo, azufre, zinc, manganeso, etc.) se utilizan como cofactores en las reacciones enzimáticas. La importancia de las vitaminas y los oligoelementos es particularmente evidente al comienzo de la fermentación y, por esta razón, también se denominan "factores de crecimiento". Si consideramos el caso de la tiamina, se ha observado que la suplementación en el momento de la inoculación aumenta el número de células activas y la velocidad de fermentación. Existen condiciones enológicas que provocan una deficiencia de tiamina: una fuerte contaminación por levaduras salvajes (en particular, *Kloeckera apiculata*), el consumo por parte de *Botrytis cinerea*, una fase prefermentativa prolongada.

Una mala gestión del anhídrido sulfuroso induce la carencia de tiamina, ya que el anhídrido sulfuroso libre puede unirse a la tiamina y hacer que no esté disponible para la levadura. Por esta razón, la tiamina debe añadirse 3-4 horas después de la adición de SO₂.

Muchos estudios también han demostrado que, aunque el mosto suele ser rico en factores de crecimiento, estos a menudo no están disponibles para las levaduras porque están unidos a compuestos como polisacáridos, polifenoles y proteínas. Las carencias en cualquiera de estos factores de crecimiento pueden provocar problemas de fermentación.

Cuándo añadir vitaminas y micronutrientes

Las vitaminas y oligoelementos deben adicionarse justo después de la inoculación de la levadura. El requerimiento de estas sustancias es directamente proporcional al contenido de nitrógeno del mosto: cuanto mayor es el NFA, mayor es el número de células que se forman y mayor es la necesidad de vitaminas y micronutrientes. Para asegurar una absorción y utilización óptimas, es mejor añadir estos factores de crecimiento durante la rehidratación de la levadura.

Cómo añadir vitaminas y micronutrientes

La legislación enológica permite solo la adición de tiamina a la dosis máxima de 0,06 g/hL. Se pueden proporcionar otras vitaminas y oligoelementos a través del uso de levaduras autolisadas.

CONCLUSIONES

Una estrategia adecuada en el manejo de la nutrición de la levadura tiene que considerar tanto los factores nutricionales que se necesitan como en qué etapa deben proporcionarse.

En las primeras fases de la fermentación, la suplementación de aminoácidos estimula la síntesis de compuestos aromáticos y, junto con las vitaminas y los micronutrientes, permite un adecuado crecimiento de la población de levaduras sin provocar un aumento de la temperatura. Favorecer una acumulación temprana de ácidos grasos de cadena larga, esteroides y aminoácidos ayuda a aumentar la resistencia y supervivencia de la levadura en la segunda mitad de la fermentación.

En un tercio de la fermentación, se deben suministrar oxígeno y amonio para garantizar que la membrana celular permanezca funcional hasta que se agote por completo el azúcar.

La estrategia nutricional también debe adaptarse a las condiciones de fermentación (° Brix alto, NFA bajo, etc.). Varias prácticas enológicas pueden tener un impacto considerable en el contenido y disponibilidad de nutrientes en el mosto. Solo proporcionando a la levadura la dosis adecuada de nutrientes, en el momento adecuado del ciclo de vida de la levadura, es posible producir vinos limpios y de calidad con una mínima formación de aromas anómalos de fermentación.

Efecto de las condiciones de fermentación y de las prácticas de vinificación sobre el contenido de nutrientes en el mosto.

Condiciones/práctica enológica	Efecto sobre la nutrición de la levadura	Qué hacer
Uvas maduras y sobremaduras	A medida que avanza la maduración, el contenido de NFA de la uva disminuye y el contenido de alcohol potencial aumenta, lo que conduce a una probable carencia de NFA.	Si el NFA está por debajo de 100 mg/L, añadir nutrientes compuestos por levaduras autolisadas en el momento de la inoculación y proporcionar amonio a partir de las 24-36 horas posteriores a la inoculación.
Fase prefermentativa larga (Desfangado del mosto a bajas temperaturas, maceración prefermentativa en frío, etc.)	Consumo de NFA, vitaminas y oligoelementos por la microflora indígena.	Si el NFA está por debajo de 100 mg/L, añadir nutrientes compuestos por levaduras autolisadas en el momento de la inoculación y proporcionar amonio a partir de las 24-36 horas posteriores a la inoculación.
Clarificación excesiva del mosto	Carencia de esteroides y ácidos grasos.	Añadir nutrientes que contengan cortezas de levadura ricas en lípidos en el momento de la inoculación. Proporcionar cortezas de levadura ricas en lípidos y oxígeno a 1/3 del consumo de azúcares.
Tratamiento del mosto con bentonita	Disminución del contenido de aminoácidos a causa de la adsorción por la bentonita.	Durante la inoculación de la levadura, aportar aminoácidos a través de nutrientes compuestos por levaduras autolisadas.
Cepa de levadura	Las diferentes cepas de levadura tienen diferentes requisitos de NFA.	Adaptar el aporte de NFA a las necesidades de la cepa.
Fermentación espontánea	La levadura silvestre generalmente carece de esteroides y ácidos grasos.	Añadir nutrientes que contengan cortezas de levadura ricas en lípidos al comienzo de la fermentación. Proporcionar cortezas de levadura ricas en lípidos y oxígeno a 1/3 del consumo de azúcares.
Fermentación en condiciones de reducción	La carencia de oxígeno hace imposible la síntesis de esteroides y ácidos grasos insaturados.	Proporcionar cortezas de levadura ricas en lípidos.
Fermentación a baja temperatura	Las bajas temperaturas dificultan la síntesis de ácidos grasos insaturados.	Añadir nutrientes que contengan cortezas de levadura ricas en lípidos en el momento de la inoculación. Proporcionar cortezas de levadura ricas en lípidos y oxígeno a 1/3 del consumo de azúcares.

NUTRIENTES Y ACTIVANTES DE FERMENTACIÓN ENARTIS

	NUTRIFERM AROM	NUTRIFERM AROM PLUS	NUTRIFERM ENERGY	NUTRIFERM SPECIAL	NUTRIFERM VIT	NUTRIFERM VIT FLO	ENARTISGREEN NUTRIENTE	NUTRIFERM NO STOP	NUTRIFERM CONTROL	NUTRIFERM REVELAROM
APLICACIÓN	Aportar los precursores de la síntesis de los aromas fermentativos	Aportar los precursores de la síntesis de los aromas fermentativos	Reforzar la capacidad fermentativa de la levadura	Asegurar una nutrición equilibrada y completa	Nutrición básica de nitrógeno	Nutrición básica de nitrógeno	Detoxificación del mosto	Prevención y tratamiento de las paradas de fermentación	Detoxificación del mosto	Ayuda a conseguir una segunda fermentación completa y limpia.
NITRÓGENO PROCEDENTE DE AMINOÁCIDOS (o NITRÓGENO ORGÁNICO o AMINOÁCIDOS LIBRES)	♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦	♦♦♦♦	♦♦						♦
NITRÓGENO INORGÁNICO				♦♦♦	♦♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦				♦♦♦
PRECURSORES AROMÁTICOS	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦	♦♦♦	♦			♦			
ÁCIDOS GRASOS Y ESTEROLES	♦♦♦	♦♦♦	♦♦♦♦	♦♦			♦♦♦	♦♦♦♦♦♦		♦♦♦
MINERALES	♦♦♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦			♦♦			♦♦
VITAMINAS	♦♦	♦♦♦	♦♦♦♦	♦♦	♦	♦		♦♦♦		♦♦
TANINOS										
SULFATOS	NO	NO	NO	NO	Si	NO	NO	NO	NO	NO
CAPACIDAD DE ADSORCIÓN	♦♦♦♦	♦♦♦♦	♦♦♦♦	♦♦♦			♦♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦	
MOMENTO DE ADICIÓN	Al inocular la levadura	Al inocular la levadura	Al inocular la levadura	1/3 FAL 2/3 FAL	1/3 FAL 2/3 FAL	1/3 FAL 2/3 FAL	En cualquier momento durante la fermentación y en caso de parada fermentativa o lenta.	Segunda mitad de la fermentación y en caso de parada fermentativa o lenta.	En cualquier momento de la fermentación y en caso de parada fermentativa o lenta.	Durante la segunda fermentación
DOSIS RECOMENDADA	30 g/hL	20-30 g/hL	10-30 g/hL	30-50 g/hL	20 - 40 g/hL	20 - 40 g/hL	10-40 g/hL	20-40 g/hL	30 g/hL	10 g/hL
DOSIS MÁXIMA LEGAL (REGULACIÓN EU)	40 g/hL	40 g/hL	40 g/hL	60 g/hL	30 g/hL	30 g/hL	40 g/hL	40 g/hL	q.s.	60 g/hL
VALIDEZ PARA VINOS ORGÁNICOS (REGULACIÓN EU)	Si	Si	Si	Si	No	Si	Certificado Orgánico	Si	Si	Si

Síguenos a través de nuestra Newsletter

¡REGISTRATE!

www.enartis.com/es/newsletter/