

NABLAB CERVEZAS DE BAJO CONTENIDO ALCOHÓLICO Y SIN ALCOHOL

Un nuevo método de fermentación para NABLAB

A lo largo de la historia se han elaborado cervezas sin alcohol y cervezas de baja graduación alcohólica (NABLAB) por diversos motivos, como la escasez de materias primas, la abstinencia moral o religiosa, la conformidad con las leyes locales y la salud y el bienestar personales. Históricamente, los/as cerveceros/as artesanales se han centrado en estilos de cerveza más fuertes y de mayor graduación alcohólica, mientras que los estilos de menor graduación han sido ignorados en gran medida. Como resultado, las NABLAB comerciales eran a menudo aburridas y carentes de sabor, o presentaban rasgos específicos que hacían difícil igualar el perfil sensorial de los estilos de cerveza tradicionales. A medida que crece la demanda de NABLAB, los/as cerveceros/as artesanales están elaborando ahora una variedad más amplia que nunca de estilos NABLAB de gran sabor. Existen diferentes enfoques para producir NABLAB, cada uno de los cuales requiere una optimización sustancial del proceso y de la receta. En este documento, ofrecemos una visión general de las mejores prácticas actuales para la elaboración de NABLAB de alta calidad con un enfoque sobre la limitación en la fermentación.

En general, las cervezas sin alcohol se definen como <0.5% ABV y las cervezas con bajo contenido de alcohol se sitúan en el rango de 0.5–1.5% ABV. Estas definiciones pueden variar según la legislación de cada región.

Eliminación del alcohol: difícil, costosa y con pérdida de sabor

Un método habitual para producir NABLAB consiste en eliminar el etanol de una cerveza estándar. Para ello, se puede recurrir a calentamiento y destilación o a ósmosis inversa.

Ventajas :

- › Escalable a grandes volúmenes de producción
- › Capaz de alcanzar 0.0% ABV (destilación)
- › Más adecuado para grandes cervecerías industriales

Inconvenientes :

- › Equipamiento costoso
- › Uso intensivo de energía
- › Se requiere una significativa optimización del proceso
- › Aromas agradables se eliminan junto con el alcohol
- › Permisos necesarios para la destilación
- › Mayor riesgo de oxidación
- › Los perfiles típicos de sabores pueden ser difíciles de lograr debido a las pérdidas de aromas.

Fermentación limitada: sencilla y rentable

Se pueden conseguir niveles de alcohol más bajos reduciendo la cantidad de azúcar consumido durante la fermentación. Para ello, hay dos formas principales de limitar la fermentación:

- 1. Fermentación detenida:** El metabolismo de la levadura se detiene después de consumir sólo una pequeña cantidad de azúcar del mosto, dejando otros azúcares fermentables residuales en la cerveza. Esto se consigue añadiendo levadura al mosto ya frío (contacto frío), enfriando rápidamente o pasteurizando. Estos métodos requieren un continuo control analítico y pueden resultar en cervezas pobres en sabor.
- 2. Fermentabilidad limitada del mosto:** La cantidad de azúcar fermentable en el mosto de partida se reduce utilizando una receta de malta modificada, acortando los tiempos de maceración o macerando a altas temperaturas para disminuir la cantidad de glucosa y maltosa, aumentando al mismo tiempo la proporción de azúcares de mayor peso molecular. La selección de una cepa de levadura de fermentación limitada incapaz de fermentar la maltotriosa o la maltosa permitirá una menor atenuación. Se puede emplear una combinación de estos métodos para conseguir una fermentabilidad más baja del mosto. Dado que algunos azúcares simples quedan sin fermentar, es necesaria la pasteurización para estabilizar el producto y evitar la fermentación después del envasado por microorganismos contaminantes.

Fermentación detenida		Fermentabilidad limitada del mosto	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
Permite utilizar el equipo de elaboración de cerveza tradicional	Son comunes los sabores a mosto, diacetilo y H ₂ S.	Permite utilizar el equipo de elaboración de cerveza tradicional	La receta debe optimizarse para conseguir los sabores deseados.
	Se requiere un continuo control analítico para garantizar los tiempos precisos del proceso.	La fermentación continúa hasta una atenuación completa.	Se necesitan temperaturas de maceración muy elevadas para alcanzar <0.5% ABV utilizando cepas maltotriosa-negativas.
	Alto riesgo de sobreatenuación.	Bajo riesgo de sobreatenuación.	Las levaduras salvajes maltosa-negativas no tienen el rendimiento de una fermentación de cerveza normal ni producen un perfil sensorial típico.
	Falta de consistencia.	Mayor consistencia lote a lote.	

TABLA 1: Comparación de diferentes métodos de fermentación limitada.

Lograr bajo % de alcohol mediante una baja fermentabilidad del mosto

Selección de la cepa de levadura

La fermentabilidad del mosto viene determinada por el perfil de azúcares del mismo y la capacidad que tiene la cepa de levadura para fermentar dichos azúcares específicos. La elección de la cepa de levadura es lo que más influye en la fermentabilidad del mosto. Las diferentes cepas varían en su capacidad para fermentar azúcares específicos del mosto (Tabla 2). La cepa elegida determinará la atenuación alcanzada en un mosto cervecero concreto. La mayoría de las cepas cerveceras pueden metabolizar la glucosa, la maltosa y la maltotriosa para conseguir una atenuación en el rango de 75-84%. Para los estilos NABLAB, es importante elegir una cepa de levadura que no pueda fermentar la maltosa o la maltotriosa para conseguir una atenuación más baja y menores niveles de alcohol (Tabla 2).

Consejos para reducir la fermentabilidad del mosto :

1. Utilizar levaduras maltosa o maltotriosa-negativas
2. Utilizar mayores cantidades de maltas especiales y buscar una densidad inicial más baja.
3. Macerar a alta temperatura utilizando una proporción baja de agua en relación a la masa de malta.

FERMENTABILIDAD	FERMENTABILIDAD			
	TIPO DE CEPA	DIASTÁTICAS	LA MAYORÍA DE LAS CEPAS DE ALE Y LAGER	MALTOTRIOSA-NEGATIVAS
Más alta		Atenuación muy alta	Atenuación alta	Atenuación muy baja
	Glucosa/Fructosa 	✓	✓	✓
	Maltosa 	✓	✓	✓
	Maltotriosa 	✓	✓	
Más baja	Dextrinas/Almidón 	✓		



WINDSOR
BRITISH-STYLE ALE YEAST



CBC-1
YEAST FOR CASK & BOTTLE CONDITIONING



LoNA
LOW ALCOHOL HYBRID ALE YEAST

TABLA 2: La fermentabilidad del mosto viene determinada por la cantidad y el tipo de azúcares presentes en el mosto, y por la capacidad de la levadura de fermentación para metabolizar estos azúcares. Para reducir la cantidad de azúcares simples, como la glucosa y la maltosa, y aumentar la proporción de azúcares de mayor tamaño, se puede utilizar una maceración a alta temperatura y una receta de maltas modificada. Para reducir aún más el grado de fermentación, pueden utilizarse cepas de levadura que limiten la fermentación, las cuales son incapaces de metabolizar la maltotriosa o la maltosa.

Las cepas maltosa-negativas, como LalBrew® LoNa™, son ideales para los estilos sin alcohol, ya que sólo fermentan la glucosa y la fructosa. Estas cepas no fermentan ni la maltosa ni la maltotriosa, por lo que los tiempos de fermentación son muy cortos (Fig. 1). Las temperaturas de maceración más bajas, del orden de 70 - 74°C, suelen dar lugar a una atenuación del 10 - 15% con cepas maltosa-negativas. Si se utiliza un mosto de baja densidad, entre 5.0 y 8.0°P, se puede alcanzar fácilmente un nivel de alcohol <0.5% ABV. La mayoría de las cepas maltosa-negativas son especies no-*Saccharomyces* que son POF+ y no están bien adaptadas para fermentar el mosto y producir los sabores típicos de cerveza. La cepa LalBrew® LoNa™ es la primera cepa maltosa-negativa auténtica de *Saccharomyces cerevisiae* que es POF-negativa y seleccionada para producir un perfil sensorial limpio y neutro típico de cerveza ale.

Las cepas que maltotriosa-negativas, como LalBrew Windsor™ y LalBrew CBC-1™, son ideales para estilos de bajo contenido en alcohol. En un mosto cervecero típico (OG 5.0 - 8.0°P, temperatura de maceración 64-68°C), estas cepas alcanzarán normalmente una atenuación del 65 - 72% y <3.0% ABV en estilos tradicionales de bajo alcohol como la ESB. Se necesitan temperaturas de maceración mucho más altas, entre 82 y 86 °C, para producir niveles de alcohol menores, siendo difícil lograr <0.5% de alcohol con estas cepas. No se recomiendan temperaturas de maceración superiores a 86 °C, ya que favorecen la hidrólisis espontánea de los azúcares más grandes en azúcares fermentables más pequeños, lo que resulta en una atenuación más alta y un mayor contenido en alcohol.

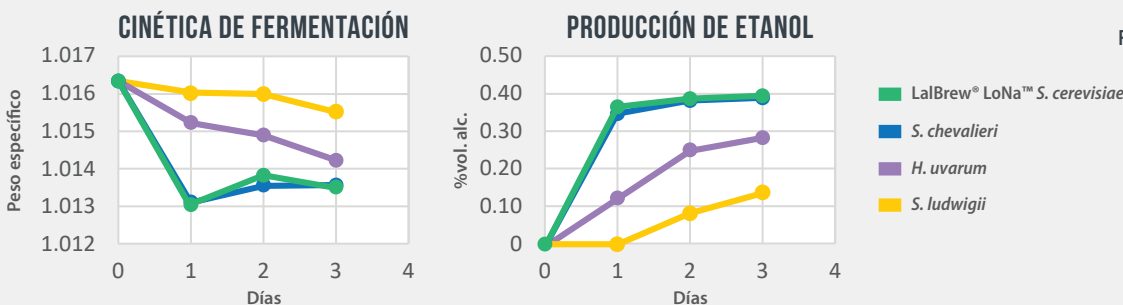


FIG. 1: Cinética de fermentación (izquierda) y producción de etanol (derecha) para diferentes especies de levaduras maltosa-negativas. LalBrew® LoNa™ (*Saccharomyces cerevisiae*) se compara con las cepas de levaduras salvajes *Saccharomyces chevalieri*, *Hanseniaspora uvarum*, y *Saccharomyces ludwigii*.

Maceración a alta temperatura

Los cerveceros están familiarizados con las temperaturas típicas de maceración entre 62 y 70°C. Las temperaturas típicas de maceración entre 62 y 64°C favorecen la actividad de la β -amilasa y la formación de mayores cantidades de maltosa. A medida que aumenta la temperatura de maceración, disminuye la actividad de la β -amilasa y aumenta la de la α -amilasa (Figura 2), lo que favorece la formación de azúcares y dextrinas más grandes, que reducen la fermentabilidad del mosto (Figuras 3 y 4).

El método de maceración a alta temperatura es una modificación del método estándar de maceración por infusión simple. Las maltas se maceran con una proporción baja de agua de macerado en relación con la cantidad de malta, y a temperaturas elevadas, entre 70 y 82°C. La producción de maltosa se reduce ya que la enzima β -amilasa se desactiva rápidamente por encima de los 65°C¹. La descomposición del almidón seguirá produciéndose debido a la actividad de la α -amilasa, que es estable durante períodos más largos a temperaturas más elevadas. El mosto resultante se enriquece en dextrinas no fermentables y azúcares de alto peso molecular (HMW), con menores cantidades de glucosa y maltosa fermentables en comparación con un macerado estándar (Figura 5). El macerado a alta temperatura puede combinarse con fermentaciones con levaduras maltosa o maltotriosa-negativas para reducir al mínimo la fermentabilidad (Figura 4).

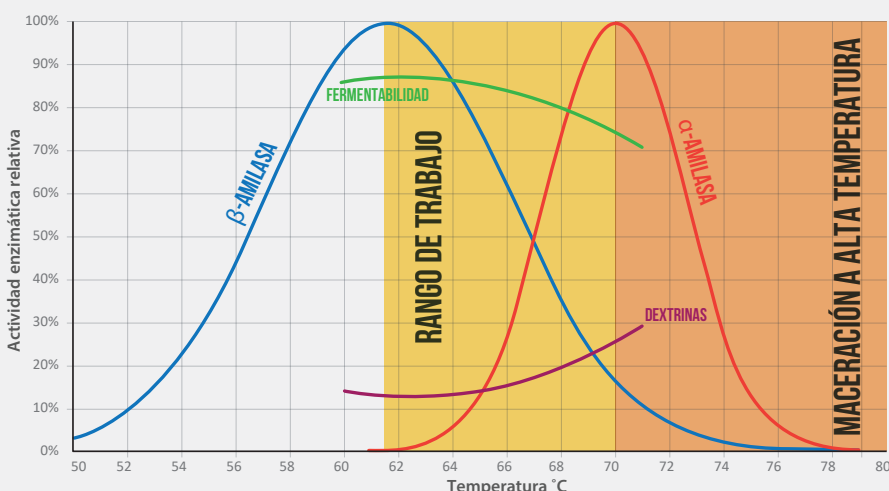


FIG. 2: Los distintos tipos de enzimas tienen actividades específicas durante la conversión del macerado que influyen en la composición de azúcares fermentables y no fermentables del mosto.

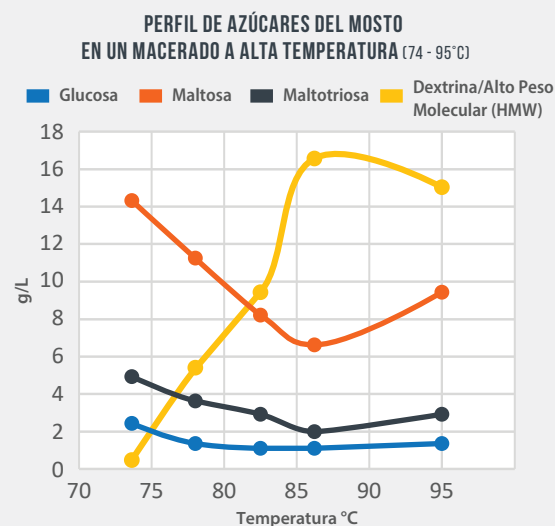


FIG. 3: Perfil de azúcares del mosto producido mediante maceración a alta temperatura entre 74 y 95°C. Se realizó un macerado de 60 minutos a diferentes temperaturas antes de recolectar el mosto. La mayor concentración de dextrinas/Azúcares de Alto Peso Molecular (HMW) y la menor concentración de azúcares simples se observaron a 86°C. A 95°C, las dextrinas/Azúcares de Alto Peso Molecular (HMW) empezaron a hidrolizarse espontáneamente, lo que dio lugar a niveles más bajos de dextrina y más altos de maltosa.

FERMENTABILIDAD vs TEMPERATURA DE MACERACIÓN PARA CEPAS DE LEVADURA ESPECÍFICAS

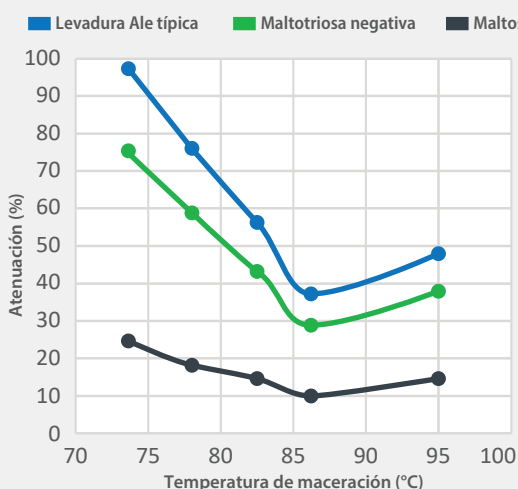


FIG. 4: El tipo de cepa de levadura es el factor que más influye en la fermentabilidad del mosto. La maceración a alta temperatura reduce aún más la fermentabilidad al limitar el porcentaje de azúcares fermentables por cada tipo de cepa de levadura. Se realizó un macerado de 60 minutos a diferentes temperaturas antes de colectar el mosto. La fermentabilidad más baja del mosto se observó a 86°C. No se realizó ningún sparge, lo que dio lugar a una atenuación ligeramente superior a la esperada en un mosto típico. A 95°C, las dextrinas empezaron a hidrolizarse espontáneamente, lo que dio lugar a niveles más bajos de dextrina y más altos de maltosa.

PERFIL DE AZÚCAR EN LA MACERACIÓN TÍPICA (65°C) FRENTE A LA DE ALTA TEMPERATURA (70°C)

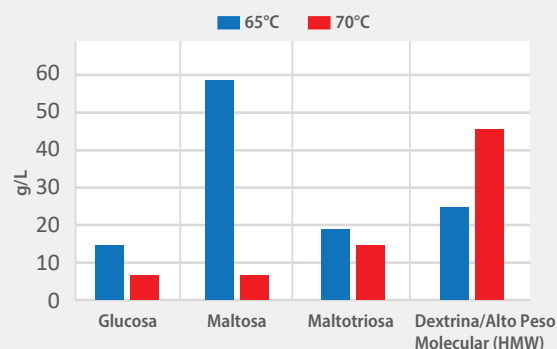


FIG. 5: Comparación del perfil de azúcares del mosto producido por un macerado típico a 65°C frente a un macerado a alta temperatura a 70°C. A temperaturas de maceración más elevadas, aumenta la cantidad de dextrina no fermentable y de Azúcares de Alto Peso Molecular (HMW), mientras que disminuye la cantidad de azúcares simples como la glucosa y la maltosa. El macerado estándar se realizó a 65°C durante 45 minutos. El macerado a alta temperatura fue a 70°C durante 45 minutos, seguido de un descanso final a 75°C. La densidad original fue de 12°P en ambos casos.

Receta de maltas modificada

Para los estilos NABLAB se suele buscar una densidad original más baja (5.0 – 8.0°P), lo que reduce la cantidad de azúcares fermentables potenciales. Se puede utilizar una densidad original más alta si la cerveza se va a diluir hasta alcanzar la graduación deseada tras la fermentación. Pueden utilizarse mayores proporciones de maltas especiales, no sólo para reducir aún más la cantidad de azúcares fermentables, sino también para aumentar el cuerpo y la sensación en boca en un mosto de baja densidad. Puede ser necesaria cierta optimización de proceso para lograr el perfil sensorial deseado en ausencia de alcohol.

Control del sabor en la fermentación limitada

El tiempo de fermentación muy corto asociado a la fermentación limitada de NABLAB tiene implicaciones para el desarrollo del sabor. Una ventana de fermentación más corta da lugar a un menor metabolismo de la levadura en comparación con las fermentaciones de cerveza estándar, lo que se asocia con:

- › Reducción ineficaz de aldehídos con sabores a mosto
- › Reducción de la reabsorción de diacetilo (para fermentaciones detenidas)
- › Disminución de la reabsorción de sabores desagradables por la levadura (H₂S, diacetilo).
- › Menor eliminación de volátiles como H₂S por la acción del CO₂ producido
- › Menor formación de ésteres

La formación de compuestos aromáticos positivos y la reducción de los sabores no deseados requieren una atención especial cuando se utiliza un enfoque de fermentación limitada para elaborar NABLAB.²

Aldehídos con sabores a mosto

Es bien sabido que las NABLAB suelen presentar defectos de sabor que a menudo se describen como dulces o a mosto.³ Estos sabores tienen su origen en los aldehídos que se crean durante el macerado y el hervor. Los más abundantes son el 3-metil butanal, el 2-metilbutanal y el metional (Figura 6).

En las cervezas estándar, estos aldehídos se reducen a sus alcoholes primarios mediante la actividad de la levadura durante la fermentación. En las fermentaciones limitadas para NABLAB, esta reducción puede no producirse en el mismo grado, ya que el tiempo de fermentación es muy corto. Se han sugerido varias estrategias para reducir los aldehídos en la cerveza de bajo contenido alcohólico, como el tratamiento con PVPP, gel de sílice, prolongación del tiempo de hervor y eliminación del mosto por medio de barridos con CO₂ o nitrógeno.^{3,4} Recientemente, la investigación se ha centrado en la selección de cepas de levadura por su capacidad para reducir rápidamente los aldehídos sabor a mosto. El efecto parece depender tanto de la cepa como del compuesto en específico.⁵ Las cepas de levaduras salvajes no-*Saccharomyces* no están adaptadas a la fermentación del mosto de cerveza y es posible que algunas no reduzcan eficazmente los aldehídos del mosto, dando lugar a sabores de mosto no deseados en la cerveza (Figura 7).

Diacetilo

Durante una fermentación típica de cerveza, la levadura produce α-acetolactato, que se excreta fuera de la célula. A continuación, el α-acetolactato se descarboxila en diacetilo y se reabsorbe de nuevo por la levadura al final de la fermentación, donde se metaboliza en acetoina, un compuesto sin sabor. La producción de α-acetolactato aumenta cuando la biosíntesis de valina es más activa, lo que ocurre cuando los niveles de aminoácidos son bajos, como es el caso de los mostos de muy baja gravedad. La adición de nutrientes a los mostos de baja gravedad puede reducir los niveles de α-acetolactato y la formación de diacetilo. Si el metabolismo de la levadura se detiene antes de la atenuación completa, la levadura puede no ser capaz de reabsorber completamente el diacetilo de la cerveza y puede quedar α-acetolactato residual en la cerveza, que podría descarboxilarse para formar diacetilo en el producto envasado. Por lo tanto, existe un mayor riesgo de formación de diacetilo cuando se utiliza un enfoque de fermentación detenida. Para mantener al mínimo los niveles de diacetilo, se recomienda un macerado a alta temperatura y la elección de una cepa de levadura de fermentación limitada. Las diferentes cepas en específico de levadura de fermentación limitada también tendrán diferentes capacidades de producir diacetilo en la cerveza terminada (Figura 8).

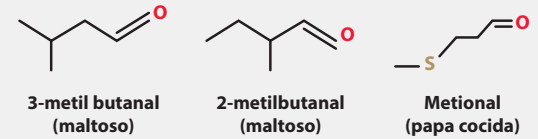


FIG. 6: Estructura química de los aldehídos más abundantes del mosto. Los descriptores sensoriales se indican entre paréntesis.

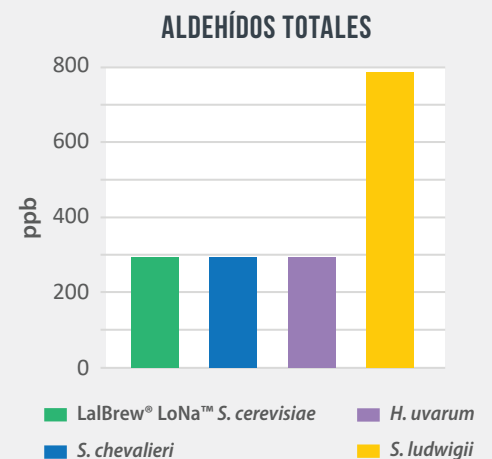


FIG. 7: Aldehídos totales presentes en la cerveza fermentada por diferentes especies de levadura maltosa-negativas. LalBrew® LoNa™ (*Saccharomyces cerevisiae*) se compara con las cepas de levadura salvajes *Saccharomyces chevalieri*, *Hanseniaspora uvarum*, y *Saccharomycodes ludwigii*.

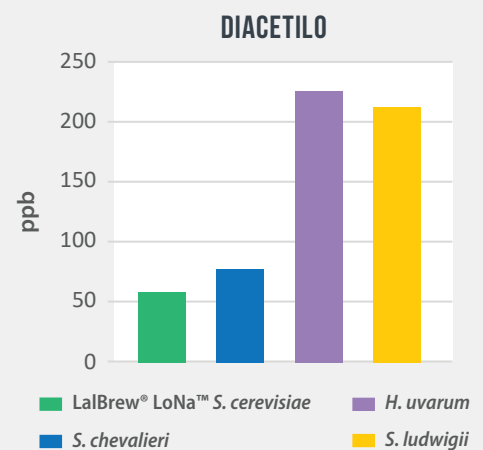


FIG. 8: Niveles de diacetilo de cervezas fermentadas por diferentes especies de levadura maltosa-negativa. LalBrew® LoNa™ (*Saccharomyces cerevisiae*) se compara con las cepas de levadura salvaje *Saccharomyces chevalieri*, *Hanseniaspora uvarum*, y *Saccharomycodes ludwigii*.

H₂S

Al igual que el diacetilo, el H₂S se produce durante la fermentación y es reabsorbido por la levadura al final de la misma.⁶ Si el metabolismo de la levadura se detiene antes de la atenuación completa, es posible que no pueda reabsorber completamente el H₂S de la cerveza.

Por lo tanto, existe un mayor riesgo de formación de H₂S cuando se utiliza un enfoque con arresto de fermentación. Para reducir al mínimo los niveles de H₂S, se recomienda utilizar un macerado a alta temperatura y una levadura con fermentación limitada de azúcares.

Pautas para el control de la acidez y el pH

La importancia del pH no debe desestimarse. El pH es fundamental para la función de las enzimas del macerado y tiene una gran influencia en la utilización del lúpulo, la extracción de sabores astringentes de la malta y la estabilidad microbiológica. El pH debe mantenerse a niveles aceptables en todas las fases de producción, incluida la acidificación del agua de lavado (*sparge*).

El pH del mosto debe ajustarse antes de la fermentación a 4.6 o menos para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas. Para ello, puede utilizar malta acidulada en el macerado, acidificar el mosto en el hervidor con bacterias lácticas (WildBrew Sour Pitch™ o WildBrew Helveticus Pitch™) o añadir ácidos alimentarios.

Un pH final al final de la fermentación menor a 4.3 es importante para la estabilidad del producto y puede ajustarse tras la fermentación utilizando ácidos de calidad alimentaria.⁷ **Se recomienda un pH final antes de envasar de entre 3.7 y 4.1 en para obtener un sabor óptimo y favorecer la estabilidad microbiológica.⁸**

Además del control del pH, los ácidos pueden utilizarse para modificar o mejorar el sabor. Se pueden elegir diferentes ácidos en función del perfil de sabor deseado. En la elaboración de cerveza, lo más habitual es utilizar ácido láctico, pero también pueden emplearse ácido cítrico, fosfórico, tartárico y málico.⁹

NABLAB, seguridad alimentaria y pasteurización

¿Por qué seguridad alimentaria?

Normalmente, la cerveza se considera un producto alimentario seguro en el que los patógenos se inhiben debido a varios factores, entre ellos: el contenido de alcohol, el entorno anaeróbico, el pH bajo y las adiciones de lúpulo. Estos factores se reducen en NABLAB, lo que hace que estas cervezas sean más susceptibles al deterioro microbiológico y, en algunas circunstancias, pueden favorecer el crecimiento de patógenos nocivos. Es necesario abordar estos problemas con criterios de seguridad alimentaria.

El contenido de etanol entre 3.5 y 5.0% en volumen y un pH bajo (entre 3.7 y 4.1) son dos factores importantes para limitar el crecimiento de microorganismos en la cerveza.¹⁰ Sin embargo, se sabe que algunos patógenos transmitidos por los alimentos, por ejemplo *E. coli* O157:H7 y *Salmonella typhimurium*, sobreviven en la cerveza de alcohol bajo a medio (2.7 – 5.0% ABV).¹¹ En la cerveza de muy bajo contenido alcohólico (≤ 0.5% ABV), estos patógenos pueden ser más prevalentes y crecer a medida que el pH aumenta por encima de 4.0 a 4.3.¹¹

Fenoles / POF

La mayoría de las cepas de levadura con fermentación limitada de azúcares son especies salvajes, no-*Saccharomyces*, o variantes salvajes de *Saccharomyces* que producirán 4VG (clavo) y otros sabores fenólicos. Aunque esto puede ser deseable en determinados estilos, limita la aplicación a estilos de cerveza más neutros. LalBrew® LoNa™ es la primera cepa de *Saccharomyces cerevisiae* maltosa-negativa que es POF-negativa y muy adecuada para estilos de cerveza no fenólicos.

Ésteres

La formación de ésteres es mucho menor en las fermentaciones limitadas. Los acil-CoA y los alcoholes superiores son precursores de la formación de ésteres. La menor densidad del mosto y el muy corto tiempo de fermentación, conducen a un menor crecimiento de la levadura y, por lo tanto, a menos alcoholes superiores. En las primeras fases de la fermentación, los acil-CoA se utilizan para el crecimiento de la levadura en lugar de para la formación de ésteres. Por lo tanto, los ésteres no contribuyen significativamente al perfil sensorial de las NABLAB de fermentación limitada.

Pautas para el ajuste del pH

- ▶ **Mosto/Pre-fermentación:** < 4.6 para inhibir las bacterias patógenas
- ▶ **Final de la fermentación:** < 4.3 para la estabilidad microbiológica
- ▶ **Pre-ensado:** 3.9-4.1 para un sabor óptimo

Notas finales sobre el sabor

Los azúcares y el alcohol contribuyen en gran medida al cuerpo y la sensación en boca de las cervezas tradicionales. Uno de los problemas de los estilos NABLAB es que tienden a tener menos cuerpo y sensaciones en boca, lo que contribuye a una percepción del sabor más diluida y acuosa.

Hay varias consideraciones en las recetas que pueden ayudar a resolver estos problemas de sabor. Por ejemplo, un macerado a alta temperatura y una receta que contenga más granos no malteados y maltas especiales ayudarán a aumentar el cuerpo. Los distintos tipos de adiciones de ácidos también pueden influir en la sensación en boca. Para los estilos NABLAB, también se recomienda reducir las adiciones de lúpulo de amargor en relación con los estilos tradicionales comparables para evitar un amargor áspero.

Los autolisados de levadura, como AB Vickers ISY Enhance™, pueden utilizarse para mejorar el cuerpo y la sensación en boca añadiendo manoproteínas positivas para el sabor, así como para enmascarar asperezas del amargor o sabores astringentes, aumentando así en general la tomabilidad.

3 pasos para garantizar la seguridad alimentaria de NABLAB

1. **Control del pH durante toda la producción**
2. **Estabilizar mediante pasteurización**
3. **Verificar la estabilidad microbiológica mediante pruebas de laboratorio**

1. Control del pH durante la producción

En general, un pH bajo (en torno a 4.0) limita el crecimiento de los microorganismos en la cerveza de dos maneras importantes. Dentro de la célula, un pH bajo permitirá la entrada de más ácidos orgánicos, aumentando así la acidez intracelular, lo que reduce la absorción de nutrientes y provoca finalmente la inanición y muerte de la célula. Un pH bajo también potenciará las propiedades antimicrobianas del lúpulo.

Debido a que las NABLAB contienen un alto nivel de azúcares fermentables y no cuentan con las protecciones del etanol, de elevadas dosis de lúpulo y potencialmente tienen un pH alto, es importante estabilizar adecuadamente estas cervezas. Reducir el pH de la cerveza a 4.0 ofrece un grado de protección; sin embargo, los microorganismos aún pueden proliferar en estas cervezas si no se estabilizan adecuadamente.

2. Métodos de estabilización

PASTEURIZACIÓN

La pasteurización se considera la forma más robusta de estabilización, ya que preserva la cerveza en el envase (pasteurización en túnel) o antes del envasado (pasteurización flash). Debido a la falta de protecciones que tienen intrínsecamente las cervezas bajas en alcohol y sin alcohol, la UP, o unidad de pasteurización típica de estas cervezas tiende a ser más alta que la de las cervezas ales o lagers tradicionales. Por ejemplo, la UP típica de una cerveza baja en alcohol oscila entre 40 (mínimo) y 60 (máximo), mientras que para la cerveza sin alcohol, estas cifras son de 80 - 120 respectivamente. Como referencia, los valores típicos de las lager oscilan entre 15 y 25 y los de las ales entre 20 y 35.⁸

En general, las bacterias son más resistentes al calor que las levaduras; sin embargo, existe una amplia gama de tasas de supervivencia entre las especies. Por ejemplo, *Lactobacillus delbrueckii* es más resistente al calor que *Pediococcus*, y ambas especies son más resistentes al calor en la cerveza sin alcohol (0.5% de alcohol) que en la cerveza tradicional de 5% de alcohol.^{8,10}

PASTEURIZACIÓN EN TÚNEL

La pasteurización en túnel se considera el estándar por excelencia de la estabilización, ya que preserva la cerveza con o sin alcohol en el envase final.

PASTEURIZACIÓN FLASH

La pasteurización *flash*, en la que la cerveza se pasteuriza antes de ser enviada al envase, también ofrece cierto grado de protección; sin embargo, sigue existiendo el riesgo de que entren agentes patógenos en el envase final.

PREOCUPACIÓN POR LA CERVEZA DE BARRIL

Independientemente de la pasteurización elegida, las cervezas con o sin bajo contenido de alcohol no deben servirse en barril debido al riesgo de entrada de bacterias u otros microorganismos indeseables. Esta vulnerabilidad existe en la cerveza tradicional, donde se han encontrado bacterias gram positivas y gram negativas en la cerveza de barril, lo que hace evidente la necesidad de un programa integral de seguridad alimentaria que incluya controles de calidad, envasado y limpieza de las líneas.¹¹

Referencias

1. Muller, R. A mathematical model of the formation of fermentable sugars from starch hydrolysis during high-temperature mashing. *Enzyme and Microbial Technology* 27, 337-344 (2000)
2. Pionros, José A., et al., Alcohol-free and low-alcohol beers: Aroma chemistry and sensory characteristics. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2023, 22:233-259
3. Brányik, T., Silva, D. P., Baszczyński, M., Lehnert, R. & Silva, J. B. A. e. A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. *Journal of Food Engineering* 108, 493-506 (2012).

4. Gernat, D. C., Brouwer, E. & Ottens, M. Aldehydes as Wort Off-Flavours in Alcohol-Free Beers—Origin and Control. *Food and Bioprocess Technology* 13, 195-216 (2020).
5. Johansson, L. et al. Sourdough cultures as reservoirs of maltose-negative yeasts for low-alcohol beer brewing. *Food Microbiology* 94, 103629 (2021).
6. Nagami, K., Takahashi, T., Nakatani, K., & Kumada, J. (1980). Hydrogen Sulfide in Brewing. *MBAA Technical Quarterly*, 17(2), 64-68.
7. Menz, G., et al., Growth and Survival of Foodborne Pathogens in Beer, *Journal of Food Protection*, 74:10 (2011), pp. 1670-1675
8. Wray, E. 12 - Reducing microbial spoilage of beer using pasteurisation. in *Brewing Microbiology* (ed. Hill, A. E.) 253-269 (Woodhead Publishing, 2015).

9. Abu-Reidah, I. M. Chapter 1 - Carbonated Beverages. in *Trends in Non-alcoholic Beverages* (ed. Galanakis, C. M.) 1-36 (Academic Press, 2020).
10. Nancy C. L'Anthoën & W. M. Ingledew (1996) Heat Resistance of Bacteria in Alcohol-Free Beer, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 54:1, 32-36
11. Quain, D.E., Assuring the microbiological quality of draught beer, in *Brewing Microbiology* (ed. Hill, A. E.) 335-354 (Woodhead Publishing, 2015). doi:https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-331-7.00012-5.
12. Brewers Association: Non-alcohol Beer: A Review and Key Considerations, <https://www.brewersassociation.org/educational-publications/non-alcohol-beer-a-review-and-key-considerations/>

TRATAMIENTO QUÍMICO

La estabilización química no es el método de preferencia para estabilizar NABLAB porque estos métodos no matan los microorganismos contaminantes y son ineficaces contra algunas especies.

Los tratamientos químicos de estabilización incluyen: dióxido de azufre, sorbato potásico y sódico y benzoato potásico y sódico. Estos conservantes afectan a la levadura y las bacterias por inhibición (impiden su posterior desarrollo), y también pueden estar sujetos a límites de uso y requisitos de etiquetado en función de la región. Independientemente de la estabilización, todos los métodos deben validarse para comprobar su eficacia.

3. Control de calidad de la estabilidad microbiológica

En el caso de la cerveza sin alcohol y con bajo contenido de alcohol, se pueden realizar controles microbiológicos similares a los de la cerveza tradicional. Estos incluyen pruebas en medios selectivos para levaduras salvajes y bacterias (anaeróbica y aeróbicamente), así como métodos de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en tiempo real. Es importante señalar que diferentes regiones pueden requerir la validación de la seguridad y la estabilidad de la NABLAB.

Por ejemplo, en Estados Unidos, la Food and Drug Administration (FDA) exige que los procesadores de alimentos obtengan la aprobación de una "Autoridad de Proceso" y se sometan a una revisión del proceso de elaboración. Aunque los productores de cerveza tradicional están excluidos de este requisito, es una buena práctica que los productores de cerveza sin alcohol o con bajo contenido de alcohol obtengan una revisión del proceso como parte de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF). Legalmente, los productores de cerveza sin alcohol (< 0.5% ABV) deben cumplir todos los aspectos del título 21, parte 117 del Código Federal de Regulaciones (C.F.R), incluidos los requisitos del Análisis de Peligros y Controles Preventivos Basados en el Riesgo (HARPC) y del Programa de la Cadena de Suministro si el volumen total de su producción es superior al 5% de los ingresos brutos de la fábrica de cerveza.¹²

Es importante comprobar los requisitos de tu región en materia de seguridad alimentaria y requerimientos de bebidas para garantizar que las cervezas con y sin bajo contenido de alcohol se producen y consumen de forma segura y satisfactoria.

Recursos sobre seguridad alimentaria

La *Master Brewers Association of the Americas* (MBAA) y la *Brewers Association* (BA) también han proporcionado recursos específicos para la seguridad alimentaria y para la producción de NABLAB.



Página de seguridad alimentaria de la MBAA



Seguridad alimentaria de la BA



Diagrama de flujo de la BA para el registro en la Food and Drug Administration (FDA) y el cumplimiento del Acta de Modernización de la Seguridad Alimentaria (FSMA) para la industria cervecera