

ELABORACIÓN DE UNA CERVEZA PROBIÓTICA CON LEVADURA SACCHAROMYCES BOULARDII

JORDA IBORRA, MARIA; PALACIOS MOLINERO, ALBERTO; SIHAKHOM
VALLESTEROS, BORIS KHAMMARA

Alumnos de la 58ª promoción del Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera impartido por la
Universidad de Alcalá y la Escuela Superior de Cerveza y Malta (ESCYM).

Este proyecto forma parte del Trabajo Fin del Máster tutorizado por la profesora de Teoría de las
Transformaciones Cerveceras, Dª Ana García Marti y por la profesora de Tecnología Cervecera, Dª Mª
Felisa Bartolomé Ocete.

RESUMEN

En una sociedad en continua búsqueda por el bienestar, donde el consumo de cerveza está en un momento creciente, se presenta un proyecto en el que se ha desarrollado una cerveza probiótica.

Un probiótico es un microorganismo que ayuda a mantener equilibrada la flora intestinal, en nuestro caso, la levadura *Saccharomyces boulardii* ha sido la elegida por sus características probióticas como la levadura utilizada para realizar la fermentación de la cerveza. A lo largo de estas páginas encontrarán numerosas justificaciones de porque está considerada probiótica.

Además, se presenta todo el proceso de elaboración de la cerveza, el seguimiento fisicoquímico y microbiológico realizado durante la elaboración del producto, unas pinceladas del desarrollo de la marca, el diseño de la etiqueta y otros conceptos no menos importantes en la creación de una cerveza, ya que, aunque el contenido es imprescindible el continente no deja de ser un atractivo importantísimo a la hora de la elección del producto por parte del cliente.

Palabras clave: *Saccharomyces Boulardii*, probiótico, cerveza.

ABSTRACT

In a society with a continuous search for the welfare, with an increasing consume of beer, a project where a probiotic beer has been developed is presented.

A probiotic is a microorganism that helps to keep a balanced intestinal flora, in our case the yeast *Saccharomyces boulardii* has been the one chosen as the yeast to be used for the beer fermentation due to its probiotic characteristics.

Furthermore, all the beer elaboration process, the physicochemical and microbiological tracing done during the product elaboration, a bit about the brand making, the label design and other non-less important concepts in the creation of a beer are presented, all because beside the content is crucial, the continent doesn't stop being a real important issue when the client gets to choose the product.

Keywords: beer, probiotics, *Saccharomyces Boulardii*, malt, wheat.

¿Por qué la cerveza como vehículo de un microorganismo probiótico?

La cerveza es una de las bebidas más consumidas en el mundo, por lo que la posibilidad de que incluya probióticos es algo que, aun siendo muy novedoso, podría ser una opción viable en el futuro con muchos beneficios.

Los alimentos probióticos deben asegurarse de que el microorganismo que se administre presente una alta viabilidad, conserve su actividad probiótica y sobreviva dentro del huésped hasta completar la actividad.

La cerveza es una bebida fermentada mediante microorganismos que puede presentarse pasteurizada o no, filtrada o sin filtrar y con diferentes estilos, lo que permite realizar diferentes pruebas para presentarle al microorganismo las mejores condiciones para desarrollar su actividad fermentativa y así mismo mantenerse en condiciones óptimas de viabilidad.

Es por ello que, en las siguientes páginas se muestra al microorganismo elegido, las características que lo dotan de principios probióticos, los ensayos previos, la elaboración de la cerveza, y los ensayos microbiológicos y fisicoquímicos realizados durante la elaboración.

¿Qué es un alimento probiótico?

Según la RAE un microorganismo probiótico es aquel que ayuda a mantener equilibrada la flora intestinal, o dicho de un producto o un alimento que contiene microorganismos probióticos.

En general, los alimentos que más han sido utilizados como portadores de probióticos son los lácteos, como los yogures, el kéfir y otros;

aunque también se están desarrollando zumos o bebidas basadas en cereales. Según Zendeboodi et al (2021), aunque depende del tipo de microorganismo administrado, la concentración adecuada para la dosis debe tener un mínimo de 10^6 y 10^7 unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo, siendo una dosis diaria de entre 10^8 y 10^9 UFC/g la recomendada para promover la salud en personas. Teniendo esto en cuenta, una dosis apropiada de cerveza con probióticos en formato de tercio o de lata de 33cl debería tener entre $3 \cdot 10^5$ y $3 \cdot 10^6$ UFC/ml para poder ser considerada un alimento probiótico.

¿Saccharomyces boulardii, por qué es un probiótico?

La habilidad de un microorganismo de tener una actividad probiótica depende también de su capacidad para competir por un buen lugar dentro del huésped, ya que van a tener que competir con patógenos que se adhieren a células del consumidor, además de las propias de la flora intestinal. Factores genéticos, diversidad en el microbioma o diferentes funciones inmunes pueden variar según el huésped y también van a influir en el efecto del probiótico.

Como menciona Pais et al (2020) una de las propiedades que hacen que la *S.boulardii* sea un buen probiótico es su capacidad de vivir dentro de un huésped. Esto lo consigue gracias a que su temperatura óptima de crecimiento alcanza los 37°C , llegando a tener hasta un 65% de viabilidad a temperaturas de 52°C .

A parte de la temperatura, el pH ácido del estómago es otro gran obstáculo para los microorganismos que quieran entrar en el cuerpo humano. Éste, junto a la presencia de proteínas como las pepsinas, van a impedir que incluso los probióticos puedan sobrevivir.

En el intestino delgado, otros estresantes pueden ser la alta concentración de sales biliares, enzimas pancreáticas, enzimas hidrolíticas, etc. Sin embargo la *S. boulardii* es capaz de resistir pH ácidos o jugos gástricos que contengan pepsina y ácido clorhídrico, aunque es bastante sensible a los ácidos biliares. Algunos estudios también señalan la falta de habilidad de la *S. boulardii* de colonizar el intestino, por lo que es probable que no se adhiera vigorosamente a las células epiteliales del intestino, siendo rápidamente descartada de este en individuos sanos. Tanto en pruebas in vitro como in vivo se vio que no se unían bien a células epiteliales, pero sí son capaces de adherirse a células Caco-2 gracias a un factor extracelular (probablemente mucosa). Esta unión a células del intestino puede mejorar si se administra el probiótico durante varios días.

La flora bacteriana/el microbioma intestinal se encarga de muchos roles, como la protección frente a organismos patógenos, el mantenimiento de la barrera epitelial o la modulación de actividad inmune. La *S. boulardii* es un probiótico capaz de integrarse en este microbioma y realizar acciones beneficiosas para el organismo.

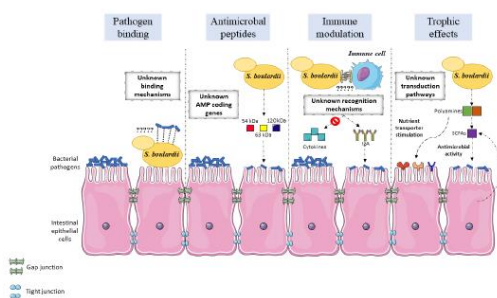


Imagen 1- Actuación de la *S. Boulardii* en el intestino.

En esta imagen se pueden ver los principales modos de acción probiótica de las *S. boulardii* en el epitelio intestinal. Esta puede actuar en la exclusión de patógenos, aportando

propiedades antimicrobianas, modulación inmune y efectos tróficos.

Según Pais et al (2020) las bases genéticas y mecánicas de estas propiedades aún no han sido completamente estudiadas, por lo que una mayor investigación puede ayudar a una mejor explotación de este microorganismo como probiótico. La expulsión de los patógenos se debe a que estos se unirían a la levadura más que a las células epiteliales; la acción antimicrobiana se debe a la secreción de proteínas con propiedades antimicrobianas. Estas proteínas y los genes que las producen aún no se han identificado.

La modulación del microbioma normal está favorecida por los probióticos capaces de producir sustancias antimicrobianas, estos probióticos son capaces de restaurar la microbiota cuando el huésped tiene disbiosis (cambios en la composición cualitativa y cuantitativa del microbioma). La disbiosis puede producir inflamaciones que acaban causando diarrea y dolores intestinales. Acorde con Pais et al (2020) aunque muchos probióticos son capaces de asentarse junto a la flora intestinal, otros como la *S. boulardii* en la mayoría de los casos, son capaces de simplemente pasar a través del tracto intestinal y modular o influenciar el microbioma antes de salir del cuerpo. En concreto, *S. boulardii* es capaz de restaurar la microflora normal en pacientes cuyo microbioma haya cambiado después de alguna enfermedad, cirugía o uso de antibióticos.

Pruebas previas

Las pruebas que se realizaron se encaminaron a evaluar la levadura *Saccharomyces Boulardii* y su capacidad de fermentación. Los resultados en la cerveza final y los desafíos asociados a su uso como levadura cervecera.

Se encontró que esta levadura es del tipo ale y fermenta a altas temperaturas, específicamente entre 24-26°C. Además, tenía capacidad de metabolizar la maltosa y la maltotriosa, y los azúcares más pequeños, como la glucosa o la fructosa, primero.

Se descubrió que la levadura puede mantenerse almacenada en una botella de cerveza durante al menos 28 días. Además, puede tolerar pH ácidos (por debajo de 4) y fermenta hasta un volumen de 4,4% v/v sin problemas con toques amargos o ácidos. Por otro lado, es capaz de fermentar con otros probióticos.

Basándose en esta información, las pruebas realizadas fueron las siguientes:

- Se preparó un mosto con malta pilsen, con un extracto original de 11,2°P y aproximadamente 40 IBU de amargor.
- Se utilizaron dos fermentadores a una temperatura de 24°C. Esto permitió analizar uno de ellos diariamente mientras se mantenía el otro sin abrir para preservarlo de una posible contaminación. Se analizaron el extracto aparente, el pH y la viabilidad.

Los resultados de estas pruebas fueron los siguientes:

1. Durante la fermentación, se observó una disminución notable en la viabilidad de las levaduras, pasando de un 96% a cerca de un 65% en el último día. El extracto disminuyó 3 puntos en el primer día, pero luego se estabilizó en 4°P, lo que resultó en una atenuación aparente de solo el 70%.
2. Se determinó que la levadura era POF+ (fenol libre positivo) debido al intenso aroma a clavo de olor.

Se conservó el mismo mosto para realizar más pruebas y también se preparó un nuevo mosto en el que se agregó malta de trigo para complementar el sabor y aroma a clavo proporcionados por la levadura, y malta carared para obtener un color más intenso.

El mosto secundario se preparó utilizando un 85% de malta pilsen, un 10% de malta de trigo y un 5% de malta carared en relación con la materia seca. Se utilizó una proporción de 1 parte de malta por cada 8 partes de agua, lo que resultó en una densidad de 9°P. Una vez obtenido este mosto primario, se llevó a ebullición. Durante la ebullición, se agregó lúpulo nugget desde el inicio y lúpulo callista al final del proceso. Después de enfriar, el mosto tenía una densidad de 11,2°P y un color de 11 EBC.



Imagen 2-Elaboración de mosto congreso para pruebas.

Se llevaron a cabo pruebas para estudiar la fermentación de la *S. Boulardii* en el mosto que contenía malta de trigo. Se utilizaron dos frascos de vidrio, uno de los cuales se colocó en una estufa a una temperatura de 24°C, mientras que el otro se mantuvo a temperatura ambiente.

El frasco que se dejó a temperatura ambiente dejó de fermentar en el tercer día y la viabilidad de las levaduras disminuyó significativamente. Mientras tanto, el otro frasco continuó

fermentando normalmente. Esto podría deberse a que, al estar expuesto a las fluctuaciones de temperatura durante la noche, las levaduras experimentaron estrés, lo que resultó en la interrupción de la fermentación.



Imagen 3-Pruebas de fermentación a temperatura ambiente vs en estufa.

Para comprobar si era posible reactivar la fermentación, el frasco que se detuvo fue agitado y posteriormente colocado en la estufa. A pesar de intentar reanudar la fermentación, no se consiguió, y el extracto se mantuvo igual con una reducción de viabilidad. Por otro lado, el otro frasco continuó fermentando con éxito, disminuyendo su grado plato desde 11,2^ºP hasta 3,25^ºP en un período de 4 días, lo que resultó en una atenuación del 70%.

Las levaduras en este frasco presentaban una viabilidad del 60%, con una cantidad de 84 millones de UFC/ml. Se realizó una prueba organoléptica y se observó nuevamente el aroma a clavo, aunque ligeramente más intenso esta vez. Además, se percibía menos amargor y en su lugar se notaba un sabor más dulce y ligeramente ácido. La cerveza resultante era bastante ligera, aunque en esta ocasión se apreciaba más el contenido alcohólico, alcanzando un 4% v/v.

Dado que los resultados de esta última prueba fueron favorables, se decidió utilizar esta receta para la elaboración final de la cerveza.

Se mantendrían los porcentajes de materia seca y los lúpulos nugget y callista.

Elaboración

Molienda

Para la molienda de las maltas se utilizó el molino de martillos ya que la filtración del mosto era por filtro prensa. Se pesaron 10,2 kilogramos de malta pilsen, 1,2Kg de malta de trigo y 0,6Kg de malta carared. Para esta molienda usamos el tamiz de 1,5mm y se molieron las maltas pilsen, carared y la malta de trigo seguidas unas de otras con una duración total de una hora.

Maceración

Durante la molienda de la materia prima, se fue llenando la olla de maceración con agua caliente para así acelerar el proceso. El ratio agua: materias primas utilizado fue de 3:1, es decir, utilizamos 36 litros de agua y 12 kilogramos de malta equivalente de materias primas. Junto a una agitación constante, se introdujo el programa de maceración, que seguía la curva siguiente:

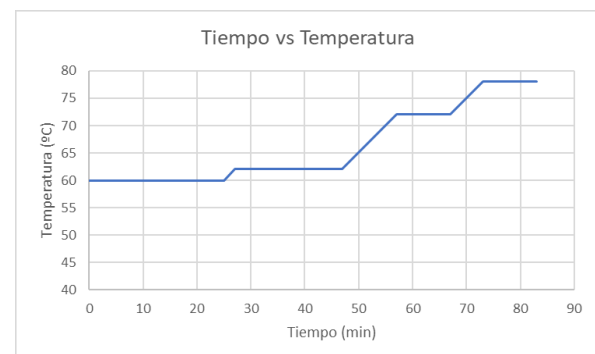


Gráfico 1-Gráfico maceración.

En primer lugar, vemos un periodo a 60^ºC durante 25 minutos, esta fase es la de empaste, que alargamos para poder mezclar bien las materias primas con el agua y en la que añadimos los 7,2 gramos de cloruro cálcico

para lograr un objetivo en mosto frío de entre 80-100 ppm de Calcio y se realizó una primera medición del pH, que dio un pH=5,8. Sabiendo que para bajar 0,1 el pH en 50 litros (aproximadamente) se necesitaban 5,18 gramos de ácido fosfórico alimentario, con un pH objetivo de 5,3 añadimos 25 gramos de H₃PO₄. El pH se volvió a medir entonces y quedó en 5,3, por lo que decidimos continuar con la maceración. A los 5 minutos de comenzar el reposo a 72°C se realizó una prueba de sacarificación, dando una reacción n'normal' al yodo, por lo que la fase de las alfa-amilasas fue completada con éxito.

Filtración y dilución del mosto

A continuación, al terminar la fase de maceración, se procedió a filtrar con el filtro prensa. Para ello, se acondicionó primero el filtro con agua caliente, y después se pasó el mosto. Tras pasar 42,5 litros de aguas de lavado, obtuvimos un extracto aparente de 18°P, por lo que decidimos añadir agua de dilución hasta conseguir 9,4°P y descartamos parte de este mosto hasta conseguir un volumen de 63 litros.

Ebullición, whirlpool y enfriamiento

La ebullición se realizó en la cuba de maceración con agitación constante y a 96°C durante una hora. Al comienzo de la ebullición se añadieron los 9,44 gramos de lúpulo nugget y cuando quedaban 10 minutos para terminar el proceso, se añadieron los 5,7 gramos de lúpulo callista para así conseguir los aromas de esta variedad. El volumen final de ebullición fue de 58 litros con 10,5°P y un pH=4,9.

Se pasó el mosto al whirlpool de la planta piloto y se mantuvo ahí durante 20 minutos, a la vez que se le agregaron sales de Zinc para así mejorar el proceso de fermentación. Al terminar el tiempo de residencia en Whirlpool,

se envió el mosto al fermentador, pasando previamente por el enfriador.

Fermentación y guarda

Una vez llegó todo el mosto frío al fermentador, se procedió a inocular la levadura por la parte de arriba del tanque. Para evitar contaminaciones cruzadas, se realizó cuidadosamente y con una llama al lado.

La fermentación se programó para que el tanque estuviera a 24°C y entrara frío en caso de que la temperatura subiera de los 25,5°C. Los días posteriores al inicio de la fermentación se fueron tomando muestras para obtener el extracto aparente, un recuento de las levaduras, su viabilidad, el pH y se anotó la temperatura que marcaba el tanque, obteniendo los siguientes resultados:

A las 24 horas se realizó una purga de la levadura abriendo la válvula inferior del tanque hasta que dejase de salir el líquido de color más oscuro que asumimos sería levadura junto a trub.

Como observamos que después del segundo día de fermentación el extracto aparente no bajaba, decidimos inyectar CO₂ desde el tomamuestras para que la levadura resuspendiera y así intentar que se activase de nuevo y prosiguiera con la fermentación. Sin embargo, esto no funcionó y el extracto aparente solo bajó 0,4 puntos desde el día 2 hasta el día 5 por lo que decidimos poner el tanque en guarda a 3°C.

Como la atenuación era solo de apenas un 33% pensamos varias opciones para intentar que la levadura se activase de nuevo, como inocular más mosto de un mayor grado plato, airear el tanque o subir la temperatura de este. Sin embargo, como nuestro objetivo final era obtener una cerveza con probióticos y la

viabilidad era relativamente buena (cerca del 80%) decidimos optar por la opción más segura y pasar a guarda para asegurar la presencia de levadura en cerveza final, ya que, al ser un microorganismo muy novedoso en fermentación cervecera, no sabíamos cómo podía reaccionar a las acciones mencionadas.

La guarda se mantuvo durante 6 días y en ella la viabilidad de la levadura no bajó, por lo que el siguiente paso sería la filtración de la cerveza.

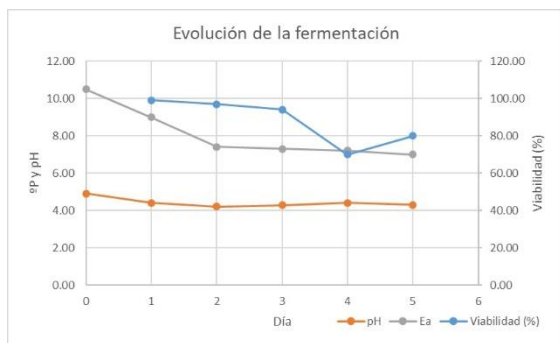


Gráfico 2-Registro de valores de pH, Ea y Viabilidad en fermentación.

Filtración y carbonatación

Para realizar la filtración se utilizó un filtro de placas de celulosa. Las placas filtrantes seleccionadas tenían un tamaño de poro de 2,5 μm ya que eran las que tenían un tamaño de poro mayor de todas las disponibles, siendo esto lo más adecuado para evitar una saturación del filtro debido a la gran cantidad de levaduras en la cerveza.

La primera opción fue la de dejar algunos litros de cerveza final sin filtrar para así conseguir la concentración de células deseada en la cerveza final. Sin embargo, se fueron tomando muestras durante la filtración y pudimos observar cómo después de unos minutos las células conseguían atravesar el filtro, primero en una concentración muy baja pero que fue aumentando hasta llegar a atravesar la mitad de la concentración que había en el tanque, por

lo que en ese punto decidimos parar la filtración.

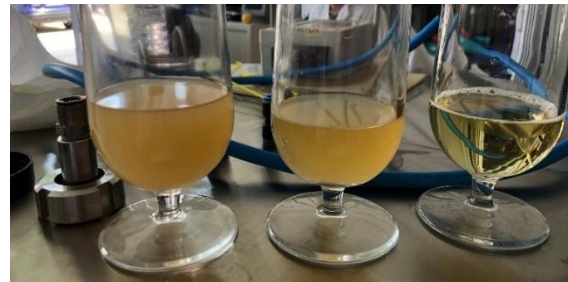


Imagen 4- Evolución de las diferentes muestras tomadas durante la filtración.

El resultado de esta operación se guardó en un barril de espera previamente contra presionado, que fue almacenado en frío y agitado cada 15 minutos antes de ser envasado.

Envasado y cerveza final

El envasado se realizó en botellas de vidrio de 33cl que previamente fueron autoclavadas. Los tapones utilizados para poder cerrar las botellas fueron lavados con una solución (Chemipro Oxi), un compuesto con carbonato de sodio con peróxido de hidrógeno, durante 5 minutos. Asimismo, tanto el barril de espera como la embotelladora fueron lavados con un cip con hidróxido de sodio y un posterior enjuagado antes de la filtración y el envasado.

Para envasar las botellas, primero se hizo un barrido de CO_2 , posteriormente se llenó con la cerveza del barril y una vez llena a la altura óptima se despresurizó y con un ligero golpe conseguimos que la espuma rebosara antes de ponerle la chapa. Esto se realiza para intentar reducir al máximo el pick up de oxígeno del llenado. Llevando el proceso a cabo de manera correcta conseguimos envasar evitando al máximo posible la oxigenación de la cerveza.

Evaluación sensorial

Tal como se ha presentado en la receta de la cerveza, se busca una bebida con una sensación en boca suave, ligera y con aromas predominantes de la fermentación, ya que se trata de una levadura POF+ que va a dar aromas a clavo de olor.

Una vez obtenida la cerveza ya envasada, se preparó un panel de cata con 6 expertos catadores a los que se les facilitó una plantilla. Tenemos por tanto datos sobre la apariencia, el aroma y el sabor de la cerveza:

Los catadores consideraron que la consistencia de la espuma era bastante buena, sin llegar a ser sobresaliente. La apariencia de carbonatación se refiere a la cantidad de burbujas que podemos ver formándose, y durante la cata se valoró con una puntuación de 5 sobre 9. La turbidez de la cerveza también tuvo una puntuación de 5 sobre 9.



Gráfico 3-Gráfico en forma de araña que presenta los resultados del aroma.



Gráfico 4-Gráfico en forma de araña que presenta los resultados del aroma

Como conclusión del perfil organoléptico, podemos ver que se trata de una cerveza

turbia, carbonatada y con buena espuma; con olor predominante a clavo y algunos toques herbales y a banana y lúpulo; y con un sabor suave en el que predominan el dulzor y la acidez, siendo prácticamente nulo el amargor en comparación con otras cervezas.

Presentación del producto.

El producto se puede tener fuera de refrigeración, pero para unas condiciones óptimas de mantenimiento lo idóneo es que se encuentre refrigerado. Su consumo se recomienda en vasos de tipo tubo alargados para potenciar los aromas de la cerveza sin que estos saturen al consumidor.

La etiqueta diseñada para el producto es la siguiente.



Imagen 5-Diseño etiqueta producto final.

Conclusiones

El mercado de alimentos y bebidas probióticas está en auge y puede ser muy relevante en un futuro por los beneficios que ofrece. La cerveza puede ser un vehículo para estos microorganismos y convertirse en una bebida probiótica. La levadura *Saccharomyces boulardii* es una gran candidata a ser uno de los microorganismos probióticos que puede introducirse en la cerveza, ya que puede sobrevivir en el producto final y realizar la fermentación necesaria para obtener esta bebida. Al ser una levadura muy nueva en la

industria cervecera debería investigarse más para conseguir que se pudiera implementar en la creación de nuevos productos y que realice una fermentación satisfactoria con un perfil final adecuado.

BIBLIOGRAFÍA

BarthHaas. (s.f.). barthhaas.com. Obtenido de <https://www.barthhaas.com/>

Galván Valdés, J. (2015). Cebada Cervecera, Malta y Malta Especiales. Coslada, Comunidad de Madrid, España: Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta, Reprofot, S.L.

García Lopez, M. (2015). Microbiología General y Prácticas de Microbiología General. Coslada, Comunidad de Madrid, España: Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta, Reprofot S.L.

García Martí, A. (2015). Teoría de las transformaciones Cerveceras. Coslada, Comunidad de Madrid, España: Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta. Reprofot S,L.

Intermalta. (s.f.). intermalta Craft. Obtenido de <https://www.intermalta.com/es>

Marin Iniesta, F., Sánchez Rubio, M., Cava Roda, R. M., & Taboada Rodríguez, A. (2016). España Patente nº 2 583 178.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). [mapa.gob.es](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/lupulo/). Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/lupulo/>

Mulero Cerezo, J., Briz-Redon, Á., & Serrano Aroca, A. (8 de Agosto de 2019). *Saccharomyces Cerevisiae* Var. *Boulardii*:

Valuable.

doi:<https://doi.org/10.3390/app9163250>

Pereira de Paula, B., De Souza Lago, H., Firmino, L., Fernandez Lemos Junior, W., Ferreira Dutra Correa, M., Fioravante Guerra, A., . . . Zarur Coelho, M. A. (January de 2021). Technological features of *Saccharomyces Cerevisiae* var *Boulardii* for potential probiotic wheat beer development.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110233>

Roche Hidalgo, E. (2015). Análisis de Materias Primas y Productos. Coslada, Comunidad de Madrid, España: Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta, Reprofot S.L.

Rouco Garcia, C. (2015). Tecnología Cervecera y Maquinaria. Alcalá de Henares: Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta.

Silva, L., Schmidt, G., Alves, L., & Oliveira, V. (2020). Use of probiotics strains to produce beers by axenic. Brazil: Sciencedirect. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.001>

Zendeboodi, F., Gholian, M. M., Khanniri, E., Sohrabvandi, S., & Mortazavian, A. M. (12 de Octubre de 2021). [journals.sbmu.ac.ir](https://doi.org/10.22037/afb.v8i4.35303). doi:<https://doi.org/10.22037/afb.v8i4.35303>

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a la ESCYM, AETCM, UAH y demás empresas que han colaborado en nuestra formación y aprendizaje del mundo cervecero.

Agradecer especialmente la labor de Ana García Martí como coordinadora del máster y tutora que nos animó y apoyó desde que presentamos la idea del proyecto.

Dar las gracias a todos los docentes por su esfuerzo para hacernos comprender y asimilar todos los conocimientos cerveceros necesarios para nuestra vida profesional y la realización de este proyecto.

Especial agradecimiento a Felisa Bartolomé y Antonio Fumanal por guiarnos y hacernos comprender todos los retos que presenta una fermentación con una levadura diferente. Además de escucharnos y aconsejarnos cada vez que aparecía un nuevo problema. Así como a Marta García que desde el laboratorio de la planta ha sido imprescindible para alumbrarnos ante los problemas.

Agradecer a **Font Salem (DAMM)** por apostar por nuestra formación y darnos la oportunidad de cursar este Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera.

A las empresas que han colaborado con nosotros prestándonos ayuda con los análisis. Especial mención a **Alberto Arillo y Raúl Parra de Heineken (Madrid)**, por realizar las determinaciones de volátiles en la cerveza final. Y a **María Jesús Ibarz y Marta Cuadrat, de Mahou San Miguel (Lleida)** por ayudarnos con los análisis de azúcares en cerveza.

A **Alicia Muñoz de BarthHaas** por su seminario sobre el lúpulo y la aportación de este para nuestro trabajo. A **Intermalta**, por aportar la malta pilsen utilizada para la fabricación.

Agradecer a todas las empresas que nos han abierto las puertas de sus fábricas y lugares de trabajo y han dedicado su tiempo para conseguir que aprendiéramos todo lo posible de la visita, respondiendo a cualquier pregunta. Agradecimiento especial en este caso a **Mahou San Miguel Alovera, DACSA Valencia, Ámbar en Zaragoza, Heineken en Madrid, Landaluce y Semace** por su interés en que saliéramos de las visitas aprendiendo lo máximo posible.

A todos los compañeros que nos han acompañado durante el Máster y que nos han apoyado y aconsejado durante la elaboración de este proyecto, además de compartir buenos momentos juntos tanto dentro como fuera de las aulas. En especial dar las gracias a **Miguel Márquez**, quien nos acompañó en todo el proceso de investigación y pruebas previas, además de animarnos en la realización del proyecto, en el que no pudo participar por incorporarse de nuevo a su trabajo.

Y por último, agradecer a nuestras familias y amigos, que han compartido nuestra ilusión por el mundo cervecero y nos han apoyado durante las clases y la realización del TFM.