

**FABRICACION DE CERVEZA SIN ALCOHOL A PARTIR DE
UNA LEVADURA NO SACCHAROMYCES *CYBERLINDNERA SATURNUS***

Abigail Molina; Eduardo Marrero; Pablo Sanchez; Juan Salces

Este proyecto forma parte del Trabajo Fin del Máster tutorizado por la profesora de Teoría de las Transformaciones Cerveceras, D^a Ana García Martí.

RESUMEN

La fabricación de cerveza sin alcohol está creciendo a pasos agigantados en el mundo, es por ello, que las investigaciones para poder cambiar la forma de fabricación tradicional (desalcoholización) también están avanzando.

Uno de los desafíos más destacados en el campo de la investigación y desarrollo de fermentaciones, es el empleo de levaduras no *Saccharomyces*, las cuales presentan una selectividad única al consumir los azúcares. En este caso, se ha puesto la atención en la levadura no *Saccharomyces Cyberlindnera saturnus*, con el objetivo de conseguir los anhelados aromas afrutados que se asemejan a las características de una cerveza fermentada con levadura *Saccharomyces*.

Para alcanzar este objetivo, se han llevado a cabo diversos experimentos en laboratorio, estableciendo las mejores condiciones para que la levadura desarrolle de manera óptima los aromas deseados en nuestra cerveza. Los resultados obtenidos en las investigaciones de este proyecto dan a conocer las condiciones óptimas para el desarrollo de la levadura no *Saccharomyces C. saturnus* en un medio cervecero, mostrando su mejor desempeño a una temperatura de 20 °C y con un grado plato promedio de 12°P.

Además de los análisis físico-químicos, se han llevado a cabo evaluaciones sensoriales para obtener una comprensión más profunda de cómo esta levadura trabaja bajo las condiciones establecidas. Estos análisis brindan valiosas perspectivas sobre los perfiles aromáticos generados, respaldando así el enfoque en la utilización de levaduras no *saccharomyces* para

producir cervezas sin alcohol con características aromáticas sobresalientes.

Palabras clave: no-*Saccharomyces*, cerveza sin alcohol, *Cyberlindnera saturnus*.

ABSTRACT

Non-alcoholic beer manufacturing is growing by leaps and bounds in the world, which is why research to change the traditional way of manufacturing (dealcoholization) is also advancing.

One of the most outstanding challenges in the field of fermentation research and development is the use of non *Saccharomyces* yeasts, which present a unique selectivity when consuming sugars. In this case, attention has been paid to the non *Saccharomyces Cyberlindnera saturnus* yeast, with the aim of achieving the desired fruity aromas that resemble the characteristics of a beer fermented with *Saccharomyces* yeast.

To achieve this goal, several laboratory experiments have been carried out, establishing the best conditions for the yeast to optimally develop the desired aromas in our beer. The results obtained in the investigations of this project reveal the optimal conditions for the development of the yeast non *Saccharomyces C. saturnus* in a brewing medium, showing its best performance at a temperature of 20 ° C and with an average degree plate of 12 ° P.

In addition to physicochemical analyses, sensory evaluations have been carried out to gain a deeper understanding of how this yeast works under established conditions. These analyzes provide valuable insights into the aroma profiles

generated, thus supporting the focus on using non-saccharomyces yeasts to produce non-alcoholic beers with outstanding aroma characteristics.

Keywords: *non Saccharomyces yeast*, low-alcohol beer, *Cyberlindnera saturnus*.

INTRODUCCIÓN

En España la comercialización de cerveza sin alcohol ha aumentado un 11% del 2021 al 2022. Este incremento va asociado a una preocupación social creciente sobre el consumo de alimentos saludables y una responsabilidad con respecto a la conducción de vehículos. En concreto, España cuenta con el porcentaje de consumo de cerveza sin alcohol más alto de Europa con un 13% del total de cerveza consumida, según los últimos datos publicados por el Panel del Consumo Alimentario del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). Este crecimiento ha convertido a los consumidores españoles en un sector particularmente exigente con la calidad de este tipo de productos comercializados.

Actualmente existen diferentes métodos de desalcoholización de la cerveza, pero todos ellos producen alteraciones organolépticas en el producto que son rechazadas por el consumidor. Por ello, se están realizando múltiples investigaciones en la línea de producir cervezas sin alcohol con un perfil sensorial próximo al de las cervezas con alcohol (4,8% v/v).

Uno de los métodos que más se están estudiando actualmente es el uso de levaduras no *Saccharomyces*. El uso de levaduras que poseen características diferentes a las usadas tradicionalmente abre un gran abanico de posibilidades para la producción de cerveza sin alcohol.

LEVADURAS

-*Cyberlindnera saturnus*

La levadura (GaciesPirum-TUM 247) fue aislada de la parte inferior de un fresno (*Fraxinus excelsior*) en estado de Baviera, Alemania.

Su potencial para elaborar cervezas sin alcohol se debe a que no es capaz de fermentar la maltosa ni la maltotriosa, que suponen más del 80% de los azúcares del mosto. También se caracteriza por tener una buena resistencia al lúpulo y por generar compuestos afrutados agradables.

En estudios anteriores, la levadura produjo niveles de etanol (v/v) por debajo de 0,63%, entrando en la categoría de cervezas sin alcohol según la legislación española. A pesar de su baja atenuación aparente (3,11-8,5%), produce concentraciones de ésteres elevadas (2,1-3,6 ppm), sobre todo de acetato de isoamilo (0,53-1,3 ppm), relacionado con el aroma a plátano.

Una cualidad destacable de esta cepa es que a menor °P, mayor concentración de ésteres produce (Imagen 1), actuando al contrario que el resto de levaduras cerveceras.

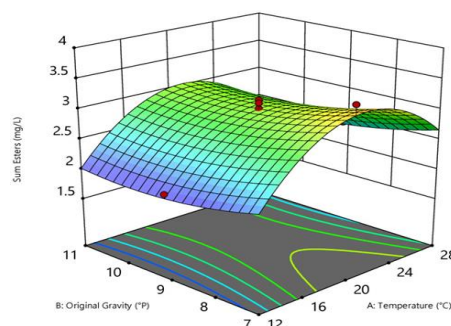


Imagen 1 Diagrama tridimensional de la relación entre el °P, la temperatura (°C) y la concentración de ésteres (ppm).

-*Mrakia gelida*

La levadura (*M. gelida* DBVPG 5952) fue aislada del agua derretida de un glaciar en el Mont Blanc, Alpes Italianos. Pertenece al phylum Basidiomycota y se trata de una levadura psicrófila, cuya temperatura óptima de crecimiento ronda los 4°C.

Esta levadura es incapaz de metabolizar la maltotriosa, y además tiene baja capacidad para resistir el alcohol, estas características explicarían la baja producción de alcohol por sus células.

A pesar de ser capaz de producir ésteres, en los estudios realizados previamente las concentraciones producidas por la levadura no alcanzaron el umbral de percepción.

La idea inicial del proyecto fue usar ambas levaduras para la elaboración de una cerveza sin alcohol mediante una co-inoculación de ambas. Pero en las condiciones planteadas de propagación, *M. gélida* no se desarrolló adecuadamente por lo que se descartó su uso y únicamente se contempló el uso de *C. saturnus* para la elaboración de la cerveza final.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Diseño del diagrama de maceración

Se ideó una primera curva de maceración (imagen 2) en la que se buscaba una alta producción de azúcares simples, pero tras los análisis de la composición de azúcares, se observó que se habían formado más maltotriosas y maltosas de las deseadas. Se dedujo que a 70°C con la malta empleada de alto poder diastásico, la β -amilasa siguió actuando y por ello, se modificó la curva iniciando directamente el empaste a 73°C.

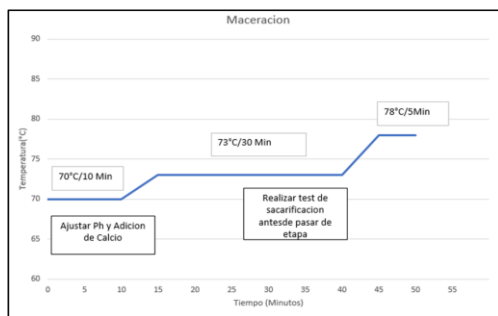


Imagen 2. Primera curva de maceración ideada.

Elección de materias primas

Se decidió no usar adjuntos ya que no nos aportarían características que deseábamos en la cerveza y se usó solo malta. Se realizaron diferentes mostos congreso (Tabla 1) para determinar las materias primas que se utilizarían.

Malta	1	2	3	4
Pilsen %	100	70	90	70
Munich %	-	15	-	25
Viena %	-	15	-	-
Cara gold %	-	-	5	-
Cara red %	-	6,45	5,17	6,45
Color (EBC)	5,5	9,5	15,0	14,0
°P	9,68	11,46	11,53	11,78

Tabla 1. Resultados de los mostos congreso y los porcentajes de utilización.

Se decidió la combinación número 3 (90% de malta pilsen, 5% de cara gold y 5% de cara red) ya que tenía las características más idóneas para la cerveza ideada.

Elección de curva de fermentación

Se realizó una primera prueba con un primer mosto con 7°P y un segundo mosto con 14°P, ambos siguiendo la recta de fermentación de la imagen 3.

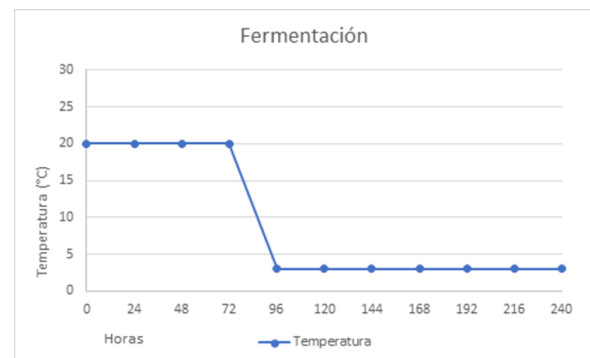


Imagen 3. Recta primera prueba fermentación.

Se realizó una segunda prueba con un mosto de 14°P, pero esta vez se llevó a cabo la fermentación y la guarda a 3°C durante 10 días.

El mosto de 7°P fue descartado por su fuerte olor a solvente. Ambos mostos de 14°P obtuvieron resultados positivos con agradables aromas afrutados y en especial, a plátano; en el caso de la fermentación a 3°C estos aromas fueron menos notables.

Finalmente, tras estas pruebas, se decidió hacer dos cervezas diferentes:

- **Mosto 1:** con un extracto original de 12°P, fermentará a 20°C y se bajará el pH hasta 4,6 para compensar la baja reducción durante la fermentación. En este caso, buscamos replicar las condiciones de las pruebas con ligeras modificaciones para mejorar el perfil de la cerveza.

- **Mosto 2:** Con un extracto original de 10 °P, fermentará a 5°C y se bajará el pH hasta 4,6. En este caso, buscamos compensar la menor producción de ésteres a bajas temperaturas, bajando el °P, y aumentando ligeramente la temperatura respecto a las pruebas. Se optó además por añadir enzimas para producir una mayor cantidad de azúcares simples, y que así la levadura tuviera más extracto fermentable.

FABRICACIÓN

Molienda

La molienda de la malta fue realizada mediante un molino de martillos con un tamiz de 2 mm de luz, para para, posteriormente, poder usar el filtro prensa adecuadamente.

Tipo de malta	% utilización	g
Pilsen	90	10800
Cara red	5	600
Cara gold	5	600

Tabla 2. Molienda fabricación.

Maceración

Se decidió utilizar el diagrama de maceración mostrado en la Imagen 4 (en la que se puede apreciar las diferencias entre los parámetros teóricos y los observados realmente). Se hizo el empaste y el primer reposo a 73°C durante 35 minutos, y posteriormente se realizó un segundo reposo a 78°C para hacer descender la viscosidad del mosto e iniciar la inactivación de las enzimas presentes en el medio.

Se realizaron dos mostos diferentes, la única diferencia entre ambos fue la adición de enzima

glucosidasa en el Mosto 2 para aumentar la cantidad de glucosa.

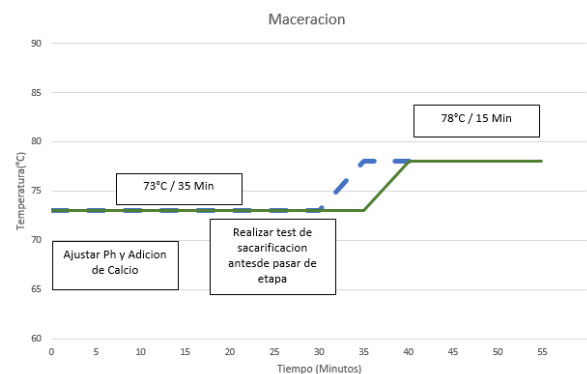


Imagen 4. Curva de maceración teórica (-) vs real (---).

Como resultado, se obtuvo el siguiente perfil de azúcares:

%	MOSTO 1	MOSTO 2
Fructosa	3,89	2,94
Glucosa	13,96	28,13
Sacarosa	12,54	10,48
Maltosa	49,47	38,79
Maltotriosa	20,14	19,67

Tabla 3. Perfiles de azúcares de los mostos.

Filtración y dilución del mosto

En la tabla 4 se pueden observar los resultados tras la filtración en el filtro prensa. Tras las filtraciones, los mostos se diluyeron para obtener el °P deseado. El mosto 1 quedó con un extracto original de 11,7°P y el mosto 2 de 9,5°P.

	Mosto 1	Mosto 2
Tiempo de Filtración total (min)	38	35
Volumen 1er mosto (l)	15	14
°P 1er mosto	18	18.9
°P Últimas aguas	4	4.7
Volumen Total filtrado (l)	58	44

Tabla 4. Resultados filtración.

Ebullición y Whirlpool

La ebullición duró 60 min a una temperatura de 98°C. Al iniciarse la ebullición del mosto, se adicionó lúpulo Columbus para alcanzar 25 IBUS (para aportar únicamente amargor) y H₃PO₄ para bajar el pH hasta 5,2 (con la finalidad de lograr 5,1

al finalizar la etapa de hervido). Durante los primeros 30 minutos, la tapa de la caldera permaneció abierta para liberar (por stripping) los volátiles indeseables.

Una vez terminada la ebullición, se transfirió el mosto caliente al whirlpool para separar las partículas sólidas en suspensión, formando el trub caliente en el fondo (Hot break). Al comienzo, se añadió ZnSO₄ para favorecer el rendimiento de la levadura durante la fermentación. Además, se volvió a añadir H₃PO₄ para bajar el pH hasta 4,6.

Parámetro	Mosto 1	Mosto 2
Volumen Olla llena (l)	58	62
Volumen fin Hervido (l)	55	58
°P Inicial	11,8	9,7
°P Final	12,7	10,2
% Tasa evaporación (vol.)	5,17	6,45
% Tasa evaporación (°P)	7,6	5,15
Tiempo Hervido (min.)	60	60

Tabla 5. Resultados hervido.

Enfriamiento

Tras el Whirlpool, se procedió al enfriamiento del mosto y el trasiego hacia los tanques de fermentación. Se hizo en un enfriador de placas con dos etapas, una con agua de red y otra con agua glicolada a 15°C, consiguiendo enfriar el mosto aproximadamente a 20°C. Durante el proceso se oxigenó el mosto con aire estéril, hasta 8 ppm.

Tras el enfriamiento, se inoculó la levadura previamente propagada en el laboratorio. La tasa de inoculación fue de 7-8*10⁶cel/ml en ambos tanques.

Análisis	Mosto 1	Mosto 2
Extracto original (°P)	12,7	10,2
pH	4,6	4,65
Color (EBC)	17,2	13,2
FAN (ppm)	102,52	63,35
Amargos (IBU)	58	46
Polifenoles (ppm)	368	272,48

Tabla 6. Parámetros del mosto frío.

Fermentación 1

En la Imagen 5 se puede ver la evolución de la temperatura y el extracto aparente durante la fermentación 1 (se muestra la curva de evolución real y teórica). Se realizó una purga a las 24 horas para eliminar el turbio fino. La caída del extracto fue más lenta de lo esperado, por ello, se decidió resuspender la levadura al 3^{er} día con CO₂. Al 5^o día se abrió el frío hasta 2°C, no menos para evitar la congelación de la cerveza por la baja concentración de alcohol.

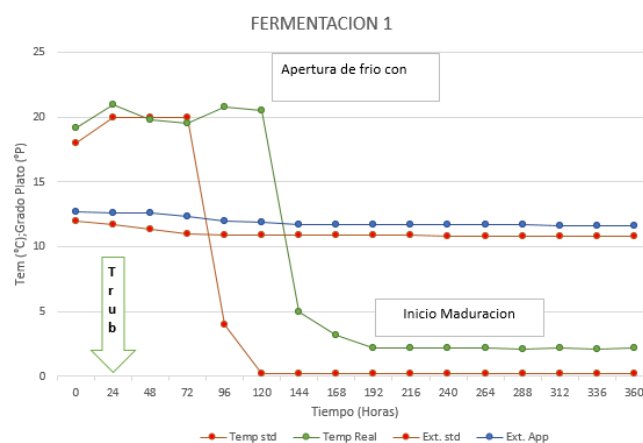


Imagen 5 Curva fermentación 1.

Análisis	Mosto 1
Extracto aparente (°P)	11,69
pH	4,25
T (°C)	2,2
Alcohol (%v/v)	0,53
Recuento (millones de células/ml)	5,5
Viabilidad (%)	89,7

Tabla 7. Resultados fermentación 1.

Fermentación 2

En la Imagen 6 se puede ver la evolución de temperatura y extracto aparente durante la fermentación 2 (se muestra la curva de evolución real y teórica). Se realizó una purga a las 24 horas. La caída del extracto y la producción de alcohol fue muy escasa los primeros días, por lo que al 3^{er} día se decidió inyectar aire para aumentar la cantidad de biomasa y favorecer la fermentación. Se realizó la misma operación que el otro tanque bajando la temperatura a 2°C.

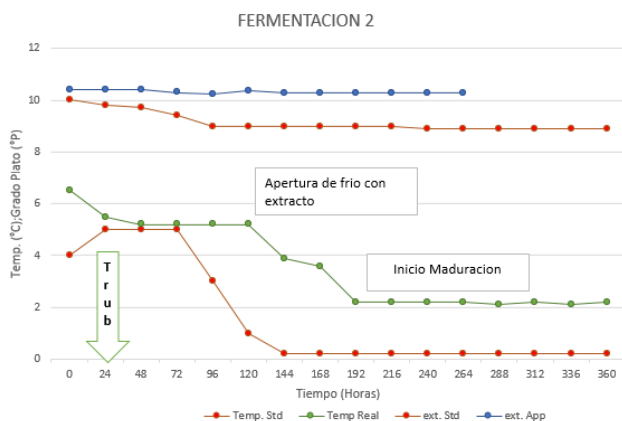


Imagen 6. Curva fermentación 2.

Análisis	Mosto 1
Extracto aparente (°P)	10,25
pH	4.6
T (°C)	2,3
Alcohol (%v/v)	0,15
Recuento (millones de células/ml)	7,5
Viabilidad (%)	70

Tabla 8. Resultados fermentación 2.

Se realizó un análisis microbiológico de este segundo tanque, y se vio que la cerveza estaba contaminada, por ello se decidió descartar el tanque entero.

Filtración y carbonatación

Se realizaron diferentes pruebas para la filtración con objeto de decidir las modificaciones que se harían antes de filtrar. Se decidió no diluir la cerveza ya que no se ajustaba a lo que se buscaba.

Se decidió filtrar una parte del lote y otra no, obteniendo un lote de cervezas sin filtrar y otro de cervezas filtradas.

Se hicieron pruebas con extractos de lúpulo, pero se descartó su uso ya que enmascaraba el aroma propio de la cerveza. Se decidió añadir 0,16g/l de NaCl para balancear el sabor dulce de la cerveza, y 0,5 ml de tetra iso α -ácidos para mejorar la estabilidad de la espuma. Para la filtración de la cerveza se usó un filtro de placas de celulosa. En ambas cervezas se carbonató en línea durante el trasiego al BBT.

Envasado

Desde el BBT se realizó el envasado en botellas de 33 cl mediante una llenadora neumática con una única cánula. Para el sellado de las botellas, se utilizó un cerrador manual y un tapón corona de 26 mm. Las botellas se esterilizaron previamente en el autoclave y las tapas se sumergieron en una solución higiénica limpiadora con oxígeno activo para evitar problemas de contaminación.

Cerveza final

Cerveza Envasada			
Parámetro	Sin Filtrar	Filtrada	Objetivo
Ext. Original	12.51	11.11	12
Ext. Aparente	11.52	10.24	11
Ext. Real	11.75	10.42	-
Alcohol v/v	0.52	0.47	<1
Alcohol p/p	0.39	0.35	<0.8
Ph	4.31	4.41	4.2
Color (EBC)	15.7	11.3	12
Amargor (IBU)	28.5	19.35	25
Turbidez (EBC)	90°C=17.2	90°C=12.3	-
Turbidez (EBC)	0°C=17.4	0°C=12.6	-
Espuma (seg)	125	112	235
Polifenoles	304.34	253.15	200
FAN (mg/l)	123,25	109,3	90
SO2 (mg/l)	0.2868	0.1268	<10
Co2 (gr/l)	3.43	3.47	5

Tabla 9. Resultados de los análisis realizados en las cervezas embotelladas.

Destaca el bajo contenido alcohólico, siendo en ambos casos por debajo de 1% (v/v). El amargor en la sin filtrar sí fue el buscado, con 28,5 IBUS, sin embargo, en la filtrada se quedó por debajo, en parte debido a que la levadura pudo adsorber parte del amargor.

La turbidez también salió relativamente alta, debido a la presencia de levadura y los altos contenidos de polifenoles, que pese a ser antioxidantes, reaccionan con las proteínas formando la mayor parte del turbio coloidal. El color obtenido también fue el adecuado,

buscando una cerveza ligeramente tostada y no tan pálida.

Otro resultado inesperado fue la espuma con un tiempo de retención bastante bajo, posiblemente debido a que el contenido de carbónico salió más bajo de lo esperado por una ineficiente carbonatación en línea

Cerveza Envasada			
Volátiles	Cerveza Sin Filtrar (ppm)	Cerveza Filtrada (ppm)	Umbral de percepción (ppm)
Acetaldehído	16,2	15,9	>10
DMS	0,108	0,074	0.1 -0.12
Acetato de etilo	15,5	12,4	25-50
Acetato de isoamilo	6,67	5,64	1,0 - 1,6
Alcoholes superiores	38,5	39,6	<100
Hexanoato de etilo	0,0077	0,0081	0,12 -0,23
Diacetilo total (ppb)	14.8	12.36	<40
Pentanonona (ppb)	6.10	6.70	<20

Tabla 10. Resultados de los análisis de volátiles

Los resultados indicaron que las cervezas no presentaban olores inadecuados, ya que los off-flavours están por debajo del umbral de percepción, mientras que aquellos compuestos aromáticos agradables, característicos de la levadura como el acetato de isoamilo, de etilo y acetaldehído obtuvieron unos valores muy adecuados, por lo que en general el perfil aromático es muy bueno. También hay que destacar que estos olores agradables en la filtrada son ligeramente menos perceptibles.

	Cerveza Sin Filtrar	Cerveza Filtrada
Componente	Valor medido por 100 ml	Valor medido por 100 ml
Valor energético	196/47 kJ/kcal	173/41 kJ/kcal
Grasas	0 g	0 g
De las cuales saturadas	0 g	0 g
Hidratos de carbono	4,3 g	3,7 g
De las cuales azúcares	1,9 g	2 g
Proteínas	0 g	0 g
Sal	<0.02 g	<0,01 g

Tabla 11. Resultados de los análisis de la composición nutricional

Evaluación sensorial

Se realizó una cata en un panel de 6 catadores (4 hombres y 2 mujeres) para evaluar las características sensoriales de la cerveza. Fueron evaluadas diferentes características del 0 al 9.

Cerveza Filtrada

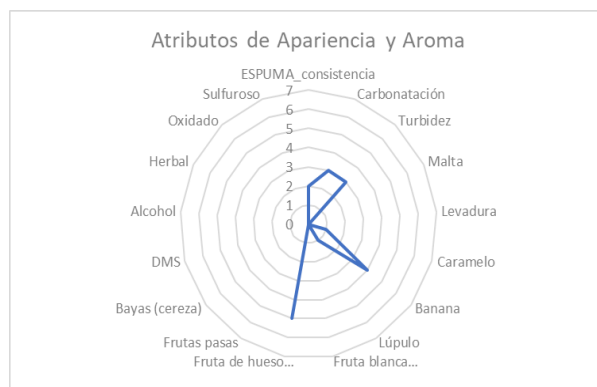


Imagen 7. Resultados sobre la apariencia y el aroma de la cata de la cerveza Filtrada.

Se puede apreciar en los resultados el elevado aroma a frutas de hueso y a banana, también cabe destacar la inexistencia de olores desagradables como el alcohólico, herbal, oxidado, DMS y sulfuroso.

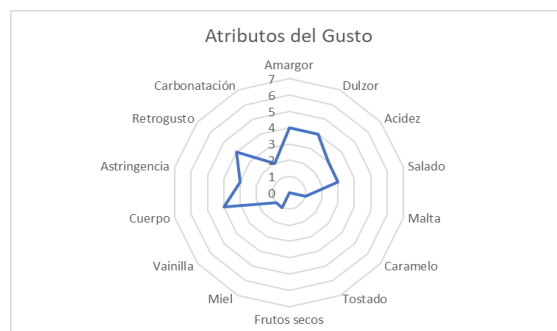


Imagen 8. Resultados sobre la apariencia y el aroma de la cata de la cerveza Filtrada.

Se percibe un cuerpo relativamente elevado a consecuencia de los azúcares residuales que no se han fermentado en esta cerveza. También cabe recalcar que no se percibieron sabores a miel, caramelo, malta, frutos secos y tostados, indicando que no tiene uno de los principales problemas de las cervezas sin alcohol, el marcado sabor a mosto.

Cerveza Sin Filtrar

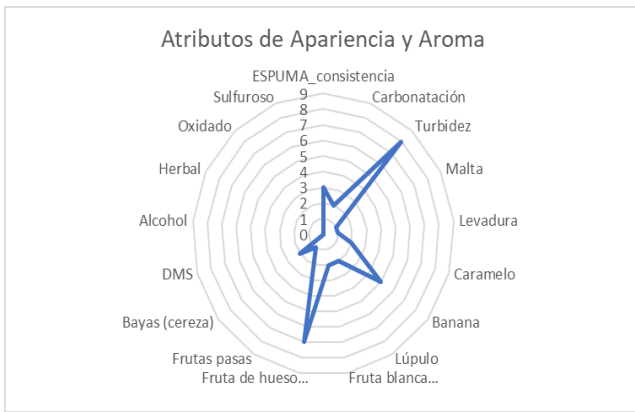


Imagen 9. Resultados sobre el apariencia y el aroma de la cata de la cerveza Sin Filtrar.

En este caso, una parte de los participantes percibió un fuerte aroma a melocotón y otros a plátano, indicándonos que la percepción olfativa de esta cerveza es muy subjetiva y depende mucho del individuo.



Imagen 10 Resultados sobre el gusto de la cata de la cerveza Sin Filtrar.

En el caso de la cerveza sin filtrar se apreciaron los mismos atributos, pero esta vez se percibieron con mayor intensidad, indicándonos que en el proceso de filtración se perdió cierta intensidad de algunos atributos.

Etiquetado

El desarrollo de la información en el etiquetado se basó en el Reglamento (UE) N° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011, el cual es una actualización de todas las disposiciones en materia del etiquetado. El objetivo principal de este es proporcionar a los consumidores información clara y precisa sobre

los alimentos que compran, permitiéndoles tomar decisiones informadas, protegiendo su salud y seguridad.

La lista de menciones obligatorias que deben contener el etiquetado según el Reglamento se detalla a continuación:



Imagen 11. Etiqueta empleada en la cerveza y menciones obligatorias.

Las paletas de colores que se ha escogido para la cerveza Sin Culpa es verde y amarillo, y para Sin Culpa Sin Filtrar rojo con plateado. Por el motivo de no seguir un camino ya ordenado, la rebeldía y valentía fueron los sentimientos impulsores de encarar este reto, para defender un nuevo comienzo desde los cimientos. Además, así imponer una nueva tendencia sin culpa por el desarrollo y nuevas investigaciones que se puedan dar en un futuro muy próximo.

Cabe mencionar que la primera paleta de colores hace alusión a la Asociación de Técnicos Cerveceros y Malta ya que es un organismo que coordina sus esfuerzos por la industria cervecera española. Con estos colores se representa el sentimiento de pertenencia a la asociación.

Con el diseño de la etiqueta se pretende reflejar emociones distintas por las que se ha atravesado a lo largo de la creación de esta cerveza, el

atreverse a abordar este nuevo reto sin preocupaciones porque algo pueda salir mal, sin culpabilidad de intentar algo nuevo. Por otro lado, las ilustraciones hacen mención a las emociones que el consumidor pueda experimentar al beberla, tales como alegría, miedo a lo desconocido, incertidumbre e incluso satisfacción.

Además, se ha incluido un código QR que redirecciona al consumidor a una página Web propia de la marca Sin Culpa, en la que podrá obtener la información de la marca, detalles de la etiqueta y el artículo del proyecto, el cual se podrá difundir.

Conclusiones

- Se cumplió el objetivo específico de fabricar una cerveza sin alcohol con una levadura no *Saccharomyces* (*Cyberlindnera saturnus*) que da como resultado un perfil organoléptico agradable para el consumidor.
- Se hizo una correcta elección de materias primas para que *C. saturnus* trabajase correctamente.
- Se eligió y ajustó de manera correcta el diagrama de maceración para generar azúcares simples.
- Se tiene que continuar investigando las condiciones óptimas, tanto de concentración del mosto como de la temperatura, ideales para el desarrollo de esta levadura.
- Sólo se envasó el tanque 1 que tenía desarrollado tanto el sabor como el aroma que estábamos esperando para nuestra cerveza. Se tomó la decisión de envasar una parte sin filtrar y otra filtrada, ya que ambas reunían aromas y sabores deseados.
- Se realizó la degustación de la cerveza una vez envasada. También se comparó con una cerveza del mercado. Los resultados

fueron bastante favorables con el sabor y aroma que detectó el panel de degustación.

- Se realizó una correcta decisión al no envasar el tanque 2 ya que no desarrolló el perfil organoléptico que esperábamos y, además, se encontró una contaminación microbiológica de organismos anaerobios.

Agradecimientos

Queremos agradecer a todo el grupo docente que estuvo a cargo de dictar las clases magistrales de este máster en su versión 58.

Agradecer todo el trabajo y guía realizado por nuestra tutora Ana García Martí de jornadas extensas, agotadoras y de estrés, sobre todo cuando realizamos las producciones en la planta de Coslada. Sin su guía no hubiera sido posible el desarrollo e investigación del proyecto.

Hacer llegar nuestro agradecimiento y reconocimiento a las prestigiosas empresas que colaboraron y nos recibieron con los brazos abiertos en las visitas a sus fábricas que, sin lugar a duda, fue una experiencia inolvidable para todos los que realizamos el máster de cerveza y malta.

Queremos agradecer también a todas aquellas empresas que han colaborado desinteresadamente en la consecución de nuestro TFM.

Bibliografía

- [1] Varela-Moreiras G, Escudero JM, Alonso-Aperte E. Homocisteína, vitaminas relacionadas y estilos de vida en personas de edad avanzada: estudio SENECA. *Nutr Hosp* 2007;22(3):363-70.
- [2] <https://es.statista.com/registro/#professional>
- [3] https://cerveceros.org/uploads/6347f07828698__Ficha%20Cebada_2022.pdf

[4] Simões, J., Coelho, E., Magalhães, P., Brandão, T., Rodrigues, P., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2023). Exploiting Non-Conventional Yeasts for Low-Alcohol Beer Production. *Microorganisms*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020316>

[5] De Francesco, G., Sannino, C., Sileoni, V., Marconi, O., Filippucci, S., Tasselli, G., & Turchetti, B. (2018). *Mrakia gelida* in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain. *Food Microbiology*, 76, 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.018>

[6] Linnakoski, R., Jyske, T., Eerikäinen, R., Veteli, P., Cortina-Escribano, M., Magalhães, F., Järvenpää, E., Heikkilä, L., Hutzler, M., & Gibson, B. (2023). Brewing potential of strains of the boreal wild yeast *Mrakia gelida*. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1108961. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1108961>

[7] Methner, Y., Dancker, P., Maier, R., Latorre, M., Hutzler, M., Zarnkow, M., Steinhaus, M., Libkind, D., Frank, S., & Jacob, F. (2022). Influence of Varying Fermentation Parameters of the Yeast Strain *Cyberlindnera saturnus* on the Concentrations of Selected Flavor Components in Non-Alcoholic Beer Focusing on (E)- β -Damascenone. *Foods*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/foods11071038>