

ELABORACIÓN DE HARD SELTZER A PARTIR DE CERVEZA NO CONFORME PARA LA VENTA

LAZARO CASTELLANO, JOSE; PASCUAL CAMACHO, IRENE; PAULO AGOSTINHO, MARIA ELISABETH

Alumnos de la 55ª promoción del Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera organizado por la Universidad de Alcalá de Henares y la Escuela Superior de Cerveza y Malta (ESCYM).

Este trabajo forma parte del trabajo fin del Máster tutorizado por la profesora de Teoría de las Transformaciones Cerveceras, Dª Ana García Martí y por la profesora de Tecnología Cervecera, Dª Mª Felisa Bartolomé Ocete.

Resumen

En los últimos años, la venta de hard seltzer se ha incrementado en los Estados Unidos. Tal ha sido la acogida de esta bebida, que un gran número de fábricas de cerveza se han sumado a la comercialización de este producto.

Sin embargo, el interés de este proyecto no reside en la elaboración de hard Seltzer per sé, sino en la posibilidad de emplear las mermas de cerveza una vez llegan al proceso de envasado, que suponen unas considerables pérdidas económicas para la industria, como 'subproducto' para la elaboración de esta bebida.

Actualmente, la mayoría de los hard seltzer se elaboran fermentando exclusivamente dextrosa, lo que facilita la fabricación y reduce los costes. Sin embargo, en este trabajo también se ha querido valorar la posibilidad de adaptar la elaboración del hard seltzer al proceso cervecero, empleando maltas específicas y una cepa de *Saccharomyces cerevisiae* utilizada normalmente para la producción de bebidas destiladas. De esta manera, se le daría un valor añadido al producto, ya que se elaboraría de una forma distinta a los que actualmente hay en el mercado, con una fermentación más natural y además reduciendo la cantidad de residuos generados por una industria.

Palabras clave: **hard seltzer, cerveza, carbón activo.**

Abstract

In recent years, the sale of hard seltzer has increased in the United States. Such has been the success of this drink, that a large number of breweries have joined the marketing sale of this product.

However, the interest of this project lies not in the production of hard Seltzer per se, but in the possibility of using the beer losses once they reach the packaging process, which entail considerable economic losses for the industry, as a 'by-product' for the production of this drink.

Currently, most hard seltzers are made by fermenting exclusively dextrose, which makes manufacturing easier and reduces costs. However, in this work we also wanted to assess the possibility of adapting the hard seltzer production to the brewing process, using specific malts and a *Saccharomyces cerevisiae* strain normally used for the production of distilled beverages.

In this way, it would give an added value to the product, since it would be made in a different way from those currently on the market, with a more natural fermentation and also reducing the amount of waste generated by an industry.

Keywords: **hard seltzer, beer, activated carbon.**

¿Qué es el hard seltzer?

El Hard Seltzer es una bebida alcohólica elaborada a partir de la fermentación de azúcares, de forma que se obtenga una base casi transparente y sin aroma, la cual puede ser purificada, a la cual se le añade aromatizante y acidulante para ajustar el sabor. Se caracteriza por ser una bebida baja en calorías en comparación con otras bebidas alcohólicas. Las marcas más populares contienen entre 90-100 calorías en 330 ml. Además de su bajo contenido calórico, muchas marcas promocionan la baja cantidad de carbohidratos. Por otra parte, la mayoría de las marcas son sin gluten, ya que no utilizan malta como fuente de azúcares fermentables. El contenido de alcohol suele comprender entre los 4 y 5 % v/v, sin embargo, ya están entrando en el mercado algunos con más alta graduación y también con menos, buscando complacer a otro perfil de consumidores. Otras de su característica principales es la amplia variedad de sabores, desde el empleo de un único sabor a frutas como pomelo, lima, cereza, mango, fresa, etc. Hasta la combinación entre diversas

frutas y aromas como flor de hibisco, flor de sauco, romero, entre otros. Por otra parte, la carbonatación de estas bebidas suele estar en 2,8 volúmenes de CO₂. Además, la acidez, no es la característica principal, pero si es cierto que se busca un toque de acidez que complemente el sabor de la fruta que se emplee. Parte de la acidez proviene del ácido carbónico, un ácido débil que se forma de forma natural cuando el dióxido de carbono se disuelve en agua. Sin embargo, los ácidos adicionales con frecuencia se utilizan para ajustar el perfil de esta bebida. De esta forma, se suele emplear ácido cítrico, ácido málico, ácido tartárico o ácido quínico según el tipo de fruta que de sabor al Hard Seltzer (Tabla 1). En general, ningún Hard Seltzer es especialmente ácido, sin embargo, la mayoría tienen un nivel de acidez que, junto con el nivel de carbonatación, les aporta una cualidad refrescante. Por último, es necesario estabilizar el producto, bien sea mediante pasteurización o añadiendo sorbato potásico (como en el vino).

Tipo de ácido	Fruta
Cítrico	Lima, limón, pomelo, naranja, mandarina arándanos
Málico	Manzana, pera, plátano, melocotón, frambuesa, albaricoque, sandía, cereza
Tartárico	Uva y tamarindo
Quínico	Arándanos

Tabla 1: tipos de ácidos empleados según el aroma que se añade al hard seltzer

¿Por qué hard seltzer a partir de cerveza no conforme?

El Hard Seltzer, o agua carbonatada con alcohol, es una bebida obtenida a partir de la fermentación de azúcares con el objetivo de obtener una base alcohólica sin color a la que añadir aromas.

Esta bebida ha emergido en los últimos años en Estados Unidos y se está empezando a expandir al resto del mundo en el último año. Sin embargo, el hard seltzer ya se comercializó de forma parecida a finales del siglo XX, pero no contó con el apoyo del consumidor ya que se consideraba una bebida poco masculina. Por suerte, los tiempos han cambiado y el consumidor ahora busca otras características en el producto; además, el impacto que tienen las redes sociales entre los jóvenes ha hecho que este tipo de bebida pase de no ser apenas conocido en 2016 a aumentar sus ventas exponencialmente. A pesar de que los datos son favorables, con una progresión en ventas previstas del 250% en 2019, su puesto en el mercado aún está muy por debajo de la cerveza. Estos datos, traducido en números suponen que desde junio de 2019 a junio de 2020 las ventas de esta bebida ascendieron a 2.700 millones de dólares, sin embargo, solo se consume un 0,3% en comparación con otras bebidas como las cervezas industriales y craft que ocupan el 72 y 22% de las ventas de bebidas de baja graduación alcohólica respectivamente.

En España, la entrada del Hard Seltzer ha venido de la mano de tres micro cervecerías: Península, Savis y Birra&Blues. Al proyecto de introducir esta nueva bebida en el mercado español, se ha sumado recientemente el grupo Mahou-San Miguel con el lanzamiento de tres variedades de este producto.

Debido a estos datos de ventas y la gran aceptación que ha tenido esta bebida en Estados Unidos, se plantea la posibilidad de

elaborar hard seltzer en la planta piloto de Coslada. Sin embargo, no se ha desarrollado un hard seltzer como actualmente la mayoría de las cerveceras hacen, sino que se plantea la posibilidad de emplear cerveza no conforme, con el fin de revalorizar un residuo que dependiendo de la producción anual de la cervecera puede ser mayor o menor.

Perfil del posible consumidor

El perfil de consumidores de hard seltzer se centra sobre todo en gente joven, independientemente de su género, que no busca gran complejidad organoléptica en la bebida y que se ve atraído por la estética llamativa y colorida del envase, además de por el precio barato del producto. Aunque en un principio esta bebida estaba orientada a los "millennial" o generación Y, actualmente la edad del consumidor ha ido aumentando, siendo ya un producto adquirido por gente de todas las edades que legalmente pueden consumir alcohol. Por lo general, el hard seltzer se envasa en latas finas de 33 cl y se puede consumir directamente de la lata o servida en vaso con hielo y rodaja de limón o alguna otra fruta, o incluso combinarla al igual que un cocktail (Figura 1). Por otra parte, se ha convertido en un producto no estacional, es decir, es consumido durante todo el año, aunque su venta aumenta en los meses más cálidos. El principal aliciente de las hard seltzer es su bajo contenido calórico y su variedad de sabores, que atrae a personas que quieren tomar bebida con alcohol sin tanta graduación como el vino y que no se ven atraídos por el amargor de la cerveza. Esto abre un mercado interesante en España, como bebida refrescante con alcohol de baja graduación.



Figura 1: Hard Seltzer presentado como cocktail

Planteamiento del proyecto

En las fábricas de cerveza a gran escala, la mayoría de la cerveza que no cumple con los requisitos para salir al mercado es aprovechada añadiéndose a otros puntos del proceso, bien sea en fermentación, filtración, prellenado, etc. Sin embargo, siempre hay una pequeña cantidad, la cual varía según el volumen de producción, que es desechada ya que podría comprometer el perfil organoléptico del producto final, afectando a la calidad del mismo. El objetivo de cualquier cervecera es convertir el valor de sus mermas en 0, por eso, en este proyecto se plantea la posibilidad de utilizar estas mermas de producto no conforme para formar parte del proceso de producción

del Hard Seltzer, ya que, tras una revisión bibliográfica sobre la producción de esta bebida, se comprobó que algunas marcas empleaban maltas para su proceso de producción. Sin embargo, se debe cumplir con el objetivo final, fermentar la mayor cantidad de azúcares para no tener azúcares residuales en la bebida, lo cual aumentaría el aporte energético y además, conseguir una base final neutra que no afecte al aroma de la bebida. Por ello, lo más fácil es fermentar una base obtenida a partir de una fuente de azúcar como es la dextrosa, la sacarosa, el azúcar de caña, el azúcar invertido líquido, entre otros. Ambos procesos, la fermentación a partir de azúcar o de malta, pueden ser seguidos de una purificación con carbón activo, en el primer caso opcional y en el segundo totalmente necesario ya que el mosto de malta otorgaría color al producto final. De esta idea de purificación con carbón activo el mosto a partir de malta surge la idea de poder tratar directamente una cerveza con carbón activo, para luego realizar un blending con un mosto determinado desarrollado para la elaboración del hard seltzer. El proceso teórico a seguir se recoge en la Figura 2.



Figura 2: Esquema de fabricación de hard seltzer empleando mermas de producción

Para seguir la línea del proceso de producción en las cerveceras, se ha planteado la opción de realizar un mosto, de características similares al que se puede producir en una cervecera

(malta pils, jarabe de glucosa y maltodextrina) para después tratarlo con carbón activo, de forma que se eliminen los aromas y el color, con el fin de convertirlo en la base alcohólica

del hard seltzer y luego añadirle los aromas seleccionados. De esta forma, a la hora de elaborar nuestro proyecto, nos ahorramos la fermentación del mosto para el hard seltzer, ya que por capacidad de la planta piloto no se podían ocupar más fermentadores. La opción de preparar un mosto con dextrosa se deja abierta para futuros estudios, ya que a nivel económico es más rentable. Sin embargo, para llevar a cabo el proyecto, solo se ha elaborado un mosto el cual posteriormente se trataría con carbón activo. El proceso seguido se detalla en la Figura 3.

Además, se ha querido probar a realizar una fermentación con la levadura de destilados HG-1 (levadura *S.Cerevisiae* y emulsionante E-491) de Fermentis, para comprobar si esta levadura puede llegar a ser óptima para

emplear en el proceso de producción de Hard Seltzer a gran escala, por su capacidad para fermentar mostos de muy alta graduación dando lugar a un producto de un gran volumen alcohólico (hasta 18 % v/v) con un perfil neutro.

Para las pruebas se ha realizado una fermentación de un mosto de alta densidad para luego realizar un blending con agua desaireada y tras un tiempo de contacto con carbón activo, proceder a filtrar para obtener el producto final.

En el laboratorio se han realizado pruebas para la dosificación de carbón activo, cata de aromas para determinar el perfil final del producto y también todos los análisis correspondientes a calidad.



Figura 3: Esquema de producción de hard seltzer adaptado a las posibilidades de la planta piloto

La elaboración de hard seltzer a partir de la fermentación de un mosto obtenido de la maceración de maltas tiene sus ventajas y desventajas, en la siguiente tabla vienen recogidas:

Uso de malta en vez de dextrosa	
Ventajas	Adaptación al proceso cervecero
	Las maltas aportan los nutrientes necesarios para el trabajo de la levadura
	Control del pH sin necesidad de añadir bicarbonato potásico como búfer
Desventajas	Mayor tiempo de elaboración asociado al proceso de extracción de los azúcares fermentables de la malta (molienda, maceración y filtración).
	Se necesita un gran reposo a 62°C durante la maceración y el uso de amilglucosidasa para reducir los carbohidratos complejos residuales a azúcares simples
	Mayor tiempo de ebullición para eliminar los precursores del DMS
	Mayores costes asociados al proceso de purificación para eliminar color y aromas indeseados

Tabla 2: Ventajas y desventajas del uso de malta para producir hard seltzer

Ensayos preliminares

Con el objetivo de alcanzar las características del hard seltzer a partir de las mermas de cerveza, se llevaron a cabo una serie de pruebas preliminares para determinar la cantidad de carbón activo necesario para eliminar todos los aromas y el color; así como el ajuste de aromas para definir el perfil sensorial final del producto. Los ensayos de laboratorio y posterior elaboración de la cerveza se llevaron a cabo en las instalaciones de la Asociación Española de Técnicos de Cerveza y Malta (AETCM) y la Escuela Superior de Cerveza y Malta (ESCYM), ubicadas en Coslada.

Cantidad de carbón activo empleado para eliminar aromas y color de la cerveza

Para estimar la cantidad a añadir de carbón activo, se realizó una prueba preliminar, simulando el proceso que se llevaría a cabo en la planta piloto. Los pasos que se siguieron se detallan a continuación:

- 1) Se han empleado 8 Erlenmeyer y se han llenado hasta tener una cantidad de 200 ml de mosto
- 2) Cada Erlenmeyer ha sido numerado con números del 1 al 7 más uno de muestra patrón
- 3) Se ha pesado la cantidad correspondiente para cada muestra, tal como se recoge en la tabla 22, teniendo en cuenta que el volumen es de 200 ml y no de 1 L.



Figura 4: Muestras con el carbón activo añadido

- 4) Se han agitado los frascos cada hora, durante tres horas, es decir, tres agitaciones. De esta

forma se ha mantenido en suspensión el carbón activo durante más tiempo.

5) Todas las pruebas se han filtrado dos veces pasando por tierras de diatomeas para conseguir eliminar los restos de carbón activo.

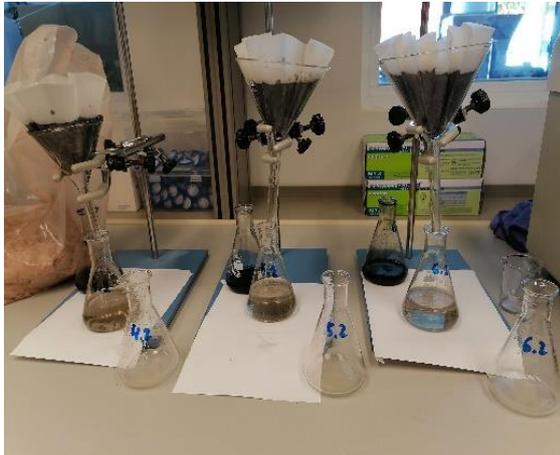


Figura 5: filtración con tierras de diatomeas para eliminar el carbón activo

6) Se ha medido el color EBC tanto de la primera filtración como de la segunda, sin embargo, los datos de la primera filtración carecen de valor al comprobar que no se había eliminado en su totalidad el carbón activo, por lo que solo se han tenido en cuenta los de la segunda filtración.

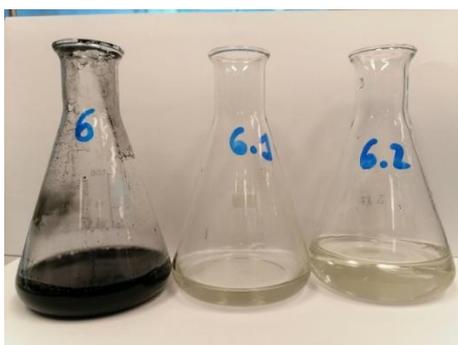


Figura 6: variación del color según las filtraciones. Los valores obtenidos después de realizar dos filtraciones se muestran en la Tabla 3.

Muestra	Carbón activo (g/l)	Color (EBC)
Patrón	0	12,6
1.2	10	3,03
2.2	15	2,42
3.2	20	1,96
4.2	25	1,99
5.2	30	1,42
6.2	35	0,88
7.2	40	0,86

Tabla 3: color EBC tras la segunda filtración según la cantidad de carbón activo añadido

Al obtener un valor de color EBC bastante parecido entre la adición de 35g/l y la de 40g/l, se decide continuar con el valor de 35g/l para las pruebas finales, con el fin de reducir costes de producción.

Selección de aromas

La selección de los aromas es una de las partes más complejas a la hora de obtener un Hard Seltzer, ya que de la combinación de aromas que se determine, el consumidor recibirá la primera impresión. Por ello, se elaboró un panel de cata entre los integrantes del proyecto y la colaboración de dos personas externas a este, con el fin de escoger el perfil de sabores que debería tener el producto final.

El proceso de selección de los aromas se llevó a cabo en tres etapas:

- 1) Búsqueda de los sabores más empleados en el mercado
- 2) Cata de hard seltzer existentes en el mercado
- 3) Cata de aromas para añadir al hard seltzer

A la hora de elegir los aromas se recurrió a dos marcas renombradas de aromas naturales, siendo estas Dohler y Givaudan. Después de

combinar los aromas solicitados en un total de 20 muestras, se llegó a la conclusión de que la combinación óptima para nuestro producto sería empleando:

- Lima, limón y menta
- Frutos rojos, lima e hibisco

En la tabla 4 se recogen las proporciones utilizadas

Base diluyente	Aromas
330ml Hard seltzer	Lima (Döhler) 0,3 ml Limón (Givaudan) 0,3 ml Menta (Givaudan) 0,03ml
330ml Hard seltzer	Lima (Givaudan) 0,5 ml Fruit mix (Givaudan) 21g/l Sweet (Döhler) 0,07 ml Flor de hibisco 6g/L

Tabla 4: proporción de los aromas empleados para cada botella. Valores obtenidos mediante cata sensorial de diferentes proporciones

Materias primas

Agua

El agua es la materia prima más abundante en el proceso cervecero, pudiendo representar el 95% del producto final, lo que hace que sea fundamental para la calidad del mismo. Para la elaboración se ha empleado el agua de red suministrada en la planta piloto por el canal de Isabel II y se ha procedido a realizar los ajustes de pH en la maceración y cocción y de cloruro cálcico al inicio de la maceración.

Para la dilución final realizada, con el fin de obtener una bebida de 4,5 volúmenes de alcohol, se utilizó agua desaireada.

Maltas

Para la selección de las maltas, se buscó conseguir un mosto similar al que se puede llegar a producir en diferentes cerveceras para elaborar una cerveza rubia tipo pils. Además, se buscó seleccionar maltas de bajo color EBC,

para reducir los costes asociados al tratamiento con carbón activo. Debido a que el filtro prensa necesita una cantidad de malta equivalente entre 11-13kg, se ajustó la receta para cumplir con este valor, añadiendo en total 12kg de malta equivalente.

Malta	%	Motivo de selección
Malta Maris Otter Low Colour	45 %	Bajo color EBC
Malta Pilsen	50 %	Malta base, aporte de enzimas
Malta Bohemian pils	5 %	Malta base, aporte de enzimas

Tabla 5: Maltas utilizadas y proporción para la maceración

Otras fuentes de azúcares

Para aumentar la cantidad de azúcares fermentables y no fermentables en el mosto para el hard seltzer, se añadieron durante la cocción tanto jarabe de glucosa como maltodextrinas. Se empleó jarabe de glucosa, para aumentar el extracto inicial del mosto frío sin añadir color. El jarabe de glucosa y fructosa tenía una composición de 71,2% de sustancia seca con un 41,6% fructosa. Además, se añadieron maltodextrinas, para proporcionar algo de cuerpo a la bebida final, ya que al buscar una fermentación extrema, si no quedan azúcares residuales la bebida pueda resultar demasiado liviana y seca.

Fuente de azúcares	Cantidad	Motivo de selección
Jarabe de glucosa	3L	Añadir azúcares simples sin aumentar el color del mosto
Maltodextrina	0,29 kg	Aportar cuerpo al producto final

Tabla 6: Cantidad de azúcares añadidos mediante otras fuentes diferentes a la malta

Lúpulos

Este tipo de bebidas no lleva lúpulo, ya que no se busca conseguir amargor ni aromas con el aporte de los mismos. Sin embargo, en Estados Unidos algunas cerveceras añaden lúpulo a su hard seltzer para favorecerse de la legislación que regula este tipo de bebidas, derivadas de la malta, que al llevar lúpulo tienen unas tasas de impuestos especiales menor.

En España no existe una legislación concreta para este tipo de bebidas, por lo que se deja abierta la posibilidad de usar lúpulo. En este caso no se ha considerado necesario.

Levadura

La levadura empleada es SafSpirit HG-1 del proveedor Fermentis, es una cepa que se utiliza para la fermentación de muy alta densidad (HG), en nuestro caso a 18ºP. Tiene una alta tolerancia al etanol, capaz de alcanzar el 18% v/v, dependiendo del proceso y el sustrato. Muy buena resistencia a la presión osmótica y a las altas temperaturas de fermentación (levadura termo tolerante).

Esta cepa logra buenos rendimientos al fermentar en VHG (very high gravity), lo que permite maximizar la capacidad de producción, generando un increíble ahorro de energía.

En el diseño de receta se buscaba obtener un perfil de alcohol neutro por ello se decidió emplear esta cepa de levadura que fermenta todo tipo de macerados, mostos o jugos producidos a partir de cualquier tipo de grano o extracto.

Estabilizante de espuma

Para mejorar la apariencia de la espuma a la hora de servir el hard seltzer, se ha utilizado Manucol (e.405) como estabilizante de espuma.

Aromas

Se han utilizado una serie de muestras para proporcionar aroma y sabor al producto final. Tras una serie de pruebas previas en laboratorio, se seleccionó la combinación idónea de aromas con la dosificación correcta para obtener el perfil organoléptico deseados. Se han seleccionado las muestras de Lima, Limón y Menta del proveedor Dohler, y Frutos Rojos, Lima, Limón y Menta de Givaudan

Hibisco

La flor de Hibisco, llamada también flor de Jamaica, es originaria de América y África, destaca por su llamativo color rojo. Se ha empleado para la realización de pruebas y para la elaboración de uno de los productos, añadiéndola en forma de infusión antes del embotellado. Se busca el aporte de un color rojizo y un toque aromático floral.

Carbón activo

Se ha empleado carbón activo para la eliminación de impurezas de la cerveza fermentada, con el objetivo de obtener un producto inodoro e incoloro. El ajuste de carbón activo se detalla en las pruebas preliminares

Fabricación

El volumen de mosto frío objetivo fue de 60 litros a 18ºP de extracto original buscando una atenuación extrema para evitar tener azúcares simples residuales sin fermentar.

Molienda

La molienda de todas las materias primas fue realizada mediante un molino de martillos con un tamiz de 2 mm de luz, obteniendo una molienda fina y homogénea necesaria para la instalación del filtro prensa que permite maximizar el rendimiento del filtrado.

Maceración

En esta etapa, la malta molida se añadió y homogenizó en agua caliente a 55 grados, con el objetivo de realizar el proceso de maceración mediante el método de infusión escalonada.

El volumen fue de 36 litros de agua de clorada para una ratio con la malta de 3:1.

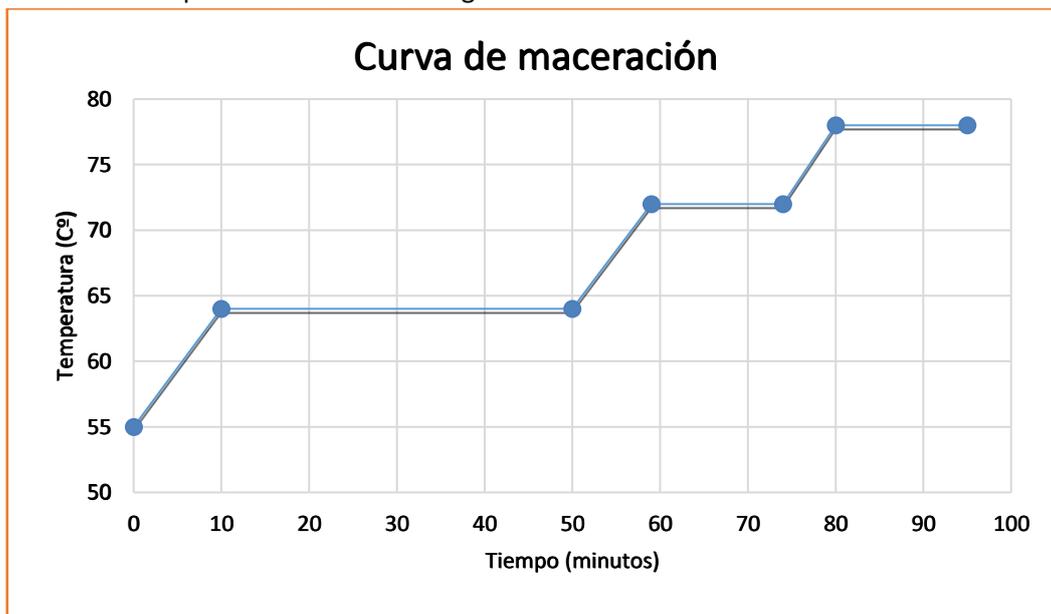
El empaste se realizó a una temperatura de 55°C, En este punto se midió el Ph obteniendo un resultado de 5,71, por lo que hubo que ajustar añadiendo 15,6 g de ácido fosfórico para llegar a un ph de 5,4 donde se encuentra el intervalo óptimo de actividad enzimática de la malta. Además, para asegurar la actividad de las enzimas durante el macerado y de la levadura durante la fermentación, se añadió 7,2 gramos de CaCl₂ para conseguir 100 ppm de calcio en el mosto final.

La temperatura subió a razón de 1,2 °C/min, hasta alcanzar los 64 °C, la cual se mantuvo estacionada durante 40 minutos, favoreciendo la actividad de la β-amilasa durante largo

tiempo, para obtener más azúcares fermentables, de forma que aumentase la atenuación final. Posteriormente, se subió la temperatura a 72°C a razón de 1,1 °C/min hasta alcanzar dicha temperatura, ahí se mantuvo durante 15 minutos. De esta forma, se alcanzó la etapa de sacarificación, favoreciendo la acción de la enzima α-amilasa. Durante este tiempo de reposo se realizó el test del yodo para comprobar que la degradación del almidón era óptima.

Finalmente, la temperatura ascendió a los 78°C para alcanzar la fase de inactivación enzimática de la mezcla de maceración y descenso de la viscosidad, donde se mantuvo durante algunos minutos hasta el inicio del trasiego al filtro prensa.

A continuación, se adjunta la curva de maceración establecida para el proceso de macerado.



Gráfica 1: Curva de maceración

Filtración

Manteniendo el mosto a la temperatura de 78°C se envió la masa a un filtro prensa con 13 kg de malta equivalente de capacidad máxima. El extracto final calculado a conseguir en esta fase fue de 16,67 °P resultando en 12,55 kg ME, acercándonos al límite de la instalación.

Se obtuvo un primer mosto de 19°P y pH 5,39, tras lo que se empezaron a adicionar las aguas de lavado, Finalmente se obtuvieron 53 litros de un mosto caliente filtrado con un extracto de 15,0°P y últimas aguas de lavado con 4°P y pH 5,43.

El extracto final que se alcanzó fue de 15,0°P, y el objetivo era de un grado plato final de 18,0°P, por ello para subir esas tres unidades se utilizaron 3L de jarabe de glucosa (al 71,2% sustancia seca) y de fructosa (al 41,6%) según cálculos previos realizados. Se midió la densidad y, esta había subido hasta 19°P por lo que se tuvo que hacer un reajuste diluyendo con agua. Esta dosificación fue de 6 litros de agua para bajar a 17°P. Dimos por bueno este valor ya que, en la etapa de hervido, el grado plato aumentaría debido a la concentración de azúcares.

Valores del mosto pre ebullición	
Grado Plato (°P)	17,0
Cantidad total (l)	59
Color (EBC)	8,69
pH	5,2

Tabla 7: Valores del mosto antes de proceder a la ebullición

Ebullición

Para esterilizar el mosto, terminar de inactivar las enzimas, isomerizar los alfa-ácidos del lúpulo y favorecer la precipitación de los complejos proteina-polifenol se diseñó la ebullición, que se prolongó durante 30 minutos a 98°C. Se ha reducido el tiempo de la ebullición ya que no se buscaba la isomerización del lúpulo, solo eliminar los precursores del DMS, esterilizar el mosto y favorecer la precipitación de las proteínas.

Whirlpool, enfriamiento y aireación

El mosto caliente fue transferido al tanque de Whirlpool a través de una entrada tangencial, con el objetivo de obtener un efecto remolino en el mosto para la formación del hot break formado durante la cocción. El tiempo de reposo fue de 15 minutos para garantizar la estabilidad coloidal de la cerveza. En este punto se adicionaron 0,14 g de sulfato de zinc

para garantizar la vitalidad de la levadura durante la fermentación.

Se volvió a medir el mosto, resultando unos valores de:

Valores del mosto post ebullición	
Grado Plato (°P)	18,5
Cantidad total (l)	54
Color (EBC)	9,44
pH	5,1

Tabla 8: Valores del mosto después de la ebullición

Una vez separados los turbios del mosto en caliente, “trub caliente”, se enfrió el mosto hasta la temperatura de inicio de fermentación, 25°C. Este proceso se realizó a través del intercambiador de placas, haciendo pasar a contracorriente, por los circuitos que se forman entre las placas, el mosto caliente y agua fría (agua de red), ajustando la temperatura deseada con un circuito de glicol. Durante el proceso, se aportó oxígeno al mosto mediante una aireación en línea para favorecer el crecimiento de la pared celular de las levaduras al inicio de la fermentación.

Análisis	Valores obtenido
Volumen	54 l
Extracto ap.	18,2°P
Color	9,28 EBC
pH	5,1
Polifenoles	253
FAN	273

Tabla 9: Analítica final del mosto

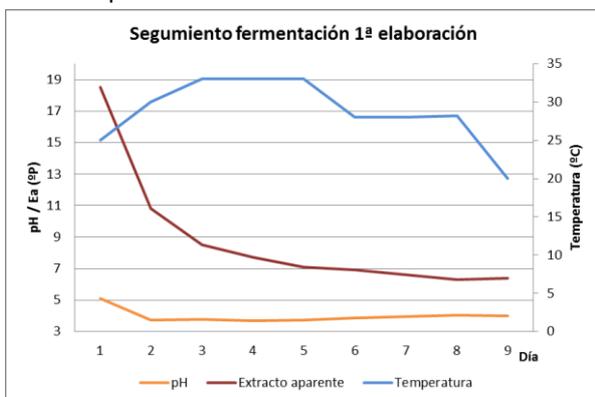
Siembra

Para la siembra de la levadura, se realizó una hidratación de la misma tal y como explica Fermentis. Una vez la levadura estaba hidratada, se inoculó el tanque de fermentación y se dejó fermentar a presión atmosférica para evitar comprometer la viabilidad de la levadura.

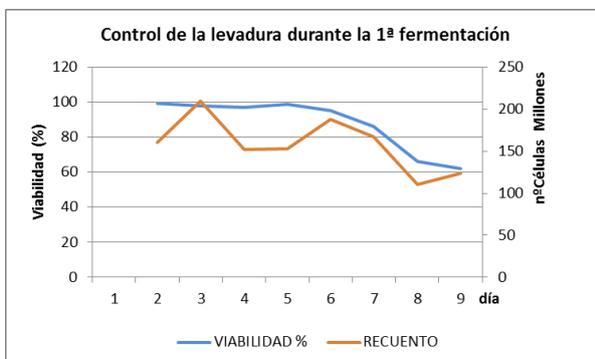
Fermentación

A continuación, se detalla el proceso de fermentación, apoyado en las gráficas 2 y 3. Tras la siembra de la levadura, el arranque de la fermentación fue óptimo, ya que en un solo día el extracto descendió en 8 unidades y se observó un incremento de la temperatura debido a las reacciones exotérmicas derivadas de la actividad fermentativa de la levadura. La viabilidad era óptima, sin embargo el recuento de células era muy elevado. Los siguientes días se aprecia una notable bajada del extracto aparente, siendo este de unas 4 unidades, mientras que el día 6 se empezó a mantener el extracto aparente alrededor de 6°P.

El día 8 de la fermentación, al observar que la viabilidad y el recuento celular bajan bruscamente y que el extracto aparente se mantenía en los mismos valores que días anteriores sin alcanzar la atenuación deseada, se tuvo que tomar decisiones.



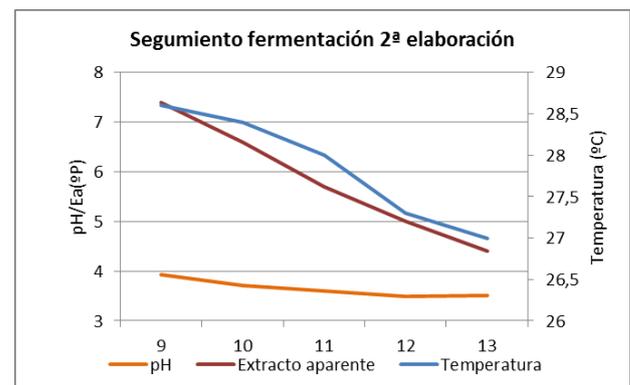
Gráfica 2: seguimiento de la 1ª fermentación



Gráfica 3: recuento y viabilidad de la levadura en la 1ª fermentación

La conjetura a la que se llegó, valorando los datos de la viabilidad y del recuento de levaduras fue que, debido a una siembra más elevada de lo debido para un mosto de 18°P, la cantidad de nutrientes en el mosto fue insuficiente. Esto condujo a que la sobrepoblación de levadura llevase a generar una competitividad por los nutrientes entre ellas mismas, acabando con los nutrientes en pocos días y provocando la autólisis de la levadura. Por ello, la decisión que se tomó fue la de elaborar un refresco del mosto, siendo este de un 20% del volumen original, con el objetivo de añadir nutrientes para conseguir una buena vitalidad y viabilidad de la levadura y se inoculó un 10% de la levadura inicial, para compensar la autólisis producida. Además, por recomendación de Fermentis, se añadió un nutriente específico de la marca, siendo este el NAB3.

Tras el refresco se consiguió incrementar la viabilidad de la levadura al 75%, siendo este valor también bajo para lo esperado. Finalmente, se llegó a un extracto aparente final de 4,4°P, por lo que la atenuación final no llegó a ser la esperada, siendo solo del 75,5% y esperándose una cifra mayor del 90%. Los resultados de la fermentación desde el refresco del mosto se detallan en la siguiente gráfica.



Gráfica 4: seguimiento de la 2ª fermentación

Maduración

Se estableció la fase de frío durante 3 días a 0°C, haciéndose varias purgas para eliminar parte de la levadura decantada. Los valores de la guarda se detallan en la siguiente tabla:

Valores del hard seltzer en guarda	
Grado Plato (°P)	18,5
Cantidad total (l)	54
Color (EBC)	13,2
pH	3,57

Tabla 10: Analítica final del hard seltzer en guarda

Como se puede apreciar, el color EBC aumentó tras el refresco del mosto. Esto se debe a un fallo al realizar la maceración del refresco, ya que se empleó una malta con mayor color EBC, aumentando el valor obtenido inicialmente de 9,44 a 13,2.

Por otra parte, el pH es bajo en relación con las cervezas comerciales, sin embargo, es el pH óptimo para el hard seltzer, por lo que en este caso nos benefició obtener este valor, ya que evitó la necesidad de ajustar este valor con un ácido como los que se recogen en la Tabla 1.

Tratamiento con carbón activo y dilución con agua desaireada

Una vez dada por finalizada la estancia de guarda, se adicionó el carbón activo en el interior del tanque por la parte superior mediante un embudo previamente esterilizado.

En las pruebas preliminares descritas, se determinó la cantidad necesaria para 50 litros. La concentración de carbón activo que se obtuvo fue de 35 g/L por lo que la cantidad a adicionar resultó de 1,750 kg de carbón activo. Sin embargo, se decidió a dosificar menos cantidad ya que el tiempo de contacto sería mayor en este caso. Además, según la bibliografía (Chris Colby, 2020) se recomienda añadir 10g/L de carbón activo para eliminar

color y aromas indeseados en elaboraciones producidas con azúcar de caña. Por ello, con el fin de ahorrar costes en el proyecto y ajustar los resultados obtenidos a lo que indica la teoría, se decidió realizar una media de ambas proporciones. Finalmente se añadió 1,2 kg de carbón activo, y se mantuvo en contacto con el líquido durante 24 horas realizando dos adiciones de CO₂ por la parte inferior del tanque con el objetivo de homogenizar.

Para la dilución del producto, con el fin de obtener un volumen alcohólico de 4,5, se tomó la decisión de que era más óptimo hacer el trasiego del agua desaireada al tanque del carbón activo, para facilitar la filtración. Para ello, se trasegó agua desaireada al tanque del carbón activo. Todos los cálculos realizados fueron aproximaciones debido a que no se conocía el volumen exacto en el fermentador. Sin embargo, se alcanzó el objetivo.

Previamente a la dilución, se realizó una purga de la levadura decantada y se ajustó el volumen del fermentador, intentando dejar un volumen final de 40L para evitar que se desbordara al añadir el agua desaireada.

	Volumen	Alcohol
Hard seltzer sin diluir	40	6,68
Agua desaireada	21	-
Hard seltzer diluido	60	4,9

Tabla 11: valores obtenidos con la dilución final

Filtración

Una vez realizado el proceso, se conectó la salida del tanque con el filtro de placas, y este a la entrada del tanque 2, con el objetivo de que tras el filtro el líquido saliese transparente, gracias a acción del carbón activo, mediante el fenómeno de adsorción. El resultado fue muy positivo, el líquido que entraba en el tanque

era transparente tal y como se había previsto. En la siguiente imagen se aprecia la diferencia de tonalidad entre la salida y la entrada de tanques, y la conexión establecida para llevar a cabo el proceso.

Se dio por finalizada el proceso, con el filtrado de unos 50 litros de líquido

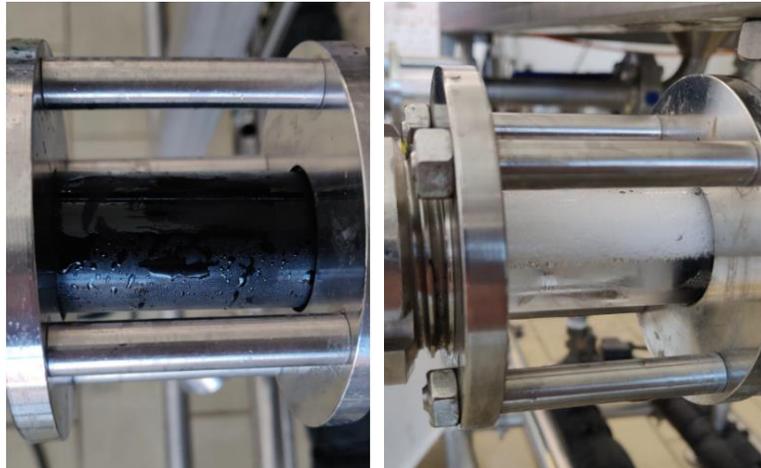


Figura 7: Entrada al filtro de placas, salida del filtro de placas, montaje del equipo para realizar la filtración (de izquierda a derecha)

Prellenado

Finalizada la Maduración se trasvasó a un BBT (Bright Beer Tank) de 50l el contenido del fermentador, contrapresionando por la parte superior e inyectando también CO₂ en línea para terminar de carbonatar la cerveza y conseguir el nivel de 5g/l deseados. Se mantuvo a baja temperatura durante 2 horas para facilitar la disolución del gas en la cerveza.

Envasado

Desde el BBT se realizó el envasado en botellas de 33 cl mediante una llenadora Heiner. Leicht GmbH&Co neumática con una única cánula. El cerrado de las botellas se realizó con una cerradora manual y tapón corona de 26 mm. Para evitar problemas de contaminación, las botellas fueron esterilizadas previamente y los tapones se introdujeron en un baño con un limpiador higiénico con oxígeno activo.

Debido a que querían probarse diferentes aromas en el hard seltzer, la adición de estos concentrados se realizó mediante pipeteo en

las propias botellas. La forma óptima de ejecución habría sido realizar la adición de los aromas en el BBT y proporcionar un shot de CO₂ para homogeneizar los concentrados con la base alcohólica.

Pasteurización

Debido a causas ajenas al máster, no se pudo realizar la pasteurización de las botellas, pero se recomienda el tratamiento térmico de este producto con el fin de inactivar las células vegetativas de posibles microorganismos contaminantes, con el fin de obtener una estabilidad biológica del producto.

Análisis nutricional

Una de las características de los hard seltzer es que la cantidad de azúcares residuales es muy baja, lo cual conlleva que el aporte energético de esta bebida se deba en su mayoría al alcohol. Además, al tratarse normalmente de fermentaciones de dextrosa, no tienen ningún valor nutricional asociado. Sin embargo, al realizarse una fermentación a partir de malta,

esta bebida puede tener proteínas que contribuyan al aporte energético. Para valorar si se ha llegado a las expectativas deseadas, se ha realizado un análisis del valor nutricional del hard seltzer una vez finalizado el proceso de envasado. Estos datos se recogen en la siguiente tabla:

Análisis	Valores obtenido (330ml)	Valores de marca comercial (330ml)
Valor energético	129 kcal	100 Kcal
Proteínas	0,3g	0g
Hidratos de carbono	10,9g	2g
	5g	<1g
De los cuales azúcares		
Grasas	0g	0g
De las cuales saturadas	0g	0g
Sodio	0,1g	30mg
Alcohol	4,89 % v/v	5 % v/v

Tabla 12: Analítica del valor nutricional final del producto

Como se puede apreciar, la cantidad de hidratos de carbono obtenida es mayor que el valor objetivo, ya que la fermentación no llegó a la atenuación esperada. Los valores objetivos se definieron según los valores típicos de marcas en el mercado.

Análisis DAFO

El análisis DAFO, también conocido como análisis FADO O DOFA, se ha utilizado como herramienta de estudio del proyecto de elaboración del hard seltzer para analizar sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades). Además, el análisis se muestra mediante un diagrama que permite tener una visión global de la situación del proyecto. Hacer un análisis DAFO nos ayuda a conocer mejor el proyecto y a pensar en lo que se tiene que mejorar. A continuación, se muestra el diagrama realizado para el hard seltzer elaborado a partir de mermas de producción.

INTERESTELAR
HARD SLETZER

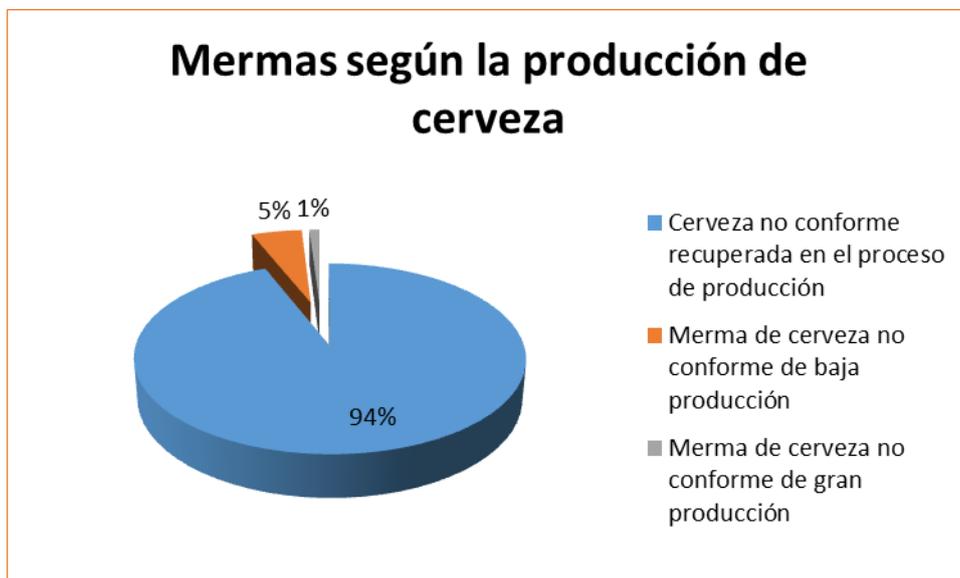


Figura 8: Análisis DAFO

Estimación de ahorros

En el caso del empleo de cerveza no conforme para la venta para utilizarla en el proceso de elaboración de hard seltzer, se plantea de manera cualitativa cuáles podrían ser estos beneficios e inconvenientes. Sin embargo, no se ha entrado a valorar cuantitativamente ya que el precio del producto final puede variar en función de muchos factores (impuestos especiales, materias primas, capacidad de producción, etc.) y ese estudio no queda dentro del alcance del proyecto. En primer lugar, se muestra a continuación en la gráfica 5, el porcentaje de mermas que se suele tener en una fábrica industrial de gran producción según datos estimados ofrecidos para la elaboración del proyecto.

En el caso de las cervezas de gran volumen de producción, las mermas casi se pueden considerar nulas pues el trasiego-mezcla y dosificación se realiza con facilidad, dado que al haber un alto volumen de producción el porcentaje de cerveza de descarte es casi inapreciable, siendo este menos del 1%, ya que se reincorpora el producto en el punto más conveniente según el problema que se perciba, así puede añadirse a fermentación, filtración, prellenado, etc. Sin embargo, para los productos de bajo volumen de producción, se suele acercar la cifra de cerveza de descarte al 5% ya que no hay posibilidad de recuperarlo, pues al ser un volumen más pequeño, el producto no conforme se apreciaría si se mezclase con el producto acabado.



Gráfica 5: Estimación de mermas en grandes cerveceras

Por otra parte, la relación de costes y beneficios asociados al proceso de elaboración de hard seltzer a partir de malta se detallan en la siguiente tabla:

COSTES ASOCIADOS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARD SELTZER A PARTIR DE MALTA
<i>Precio de la malta</i>
<i>Proceso de producción más largo</i>
<i>Tratamiento con carbón activo</i>
BENEFICIOS ASOCIADOS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARD SELTZER A PARTIR DE MALTA
<i>Se revaloriza el producto no conforme</i>
<i>No hay que añadir nutrientes al mosto</i>
<i>Se pueden utilizar los mismos equipos</i>

Tabla 13: Valoración de beneficios y costes

Etiquetado

Para el diseño de la etiqueta de Interestelar, se ha querido seguir un diseño más llamativo y juvenil, añadiendo un fondo relacionado con el espacio a cada producto y teniendo como insignia principal el cohete y el triángulo. El nombre de Interestelar surge del significado propio de la palabra: “dicho de la zona del espacio comprendida entre dos o más astros”. Se ha querido dar este nombre porque este hard seltzer está elaborado siendo una combinación del hard seltzer convencional y la cerveza. A la izquierda de la etiqueta se añade una frase para cada producto. A la derecha, se muestra el logo, insignia de la marca, así como los datos correspondientes del producto conforme a la legislación. En este caso las dos etiquetas siguen estilos parecidos, variando solo el nombre del producto y el color del cohete que aparece en la etiqueta.



Figura 9: Etiqueta hard seltzer moonlime



Figura 10: Etiqueta hard seltzer λ 625

Presentación del producto

La presentación del hard seltzer final se realizó con una carta de cóctel, para resaltar el aspecto transparente de Moonlime y el color rojo de λ 625. Para el servicio de la bebida, se recomienda depositar dos hielos en cada copa. En el caso de Moonlime, es recomendable servir una rodaja de lima y otra de limón amarillo deshidratado. En el caso de λ 625 se aconseja utilizar frutos rojos y una rodaja de limón amarillo. A continuación, se muestra la carta presentada.

Además de estas posibilidades, también se pueden preparar cócteles más elaborados, combinando con otras bebidas alcohólicas, zumos o jarabes concentrados.



Figura 11: Hard Seltzer Interestelar



VIAJA CON INTERESTELAR

Moonlime

Hard seltzer transparente con aromatizantes naturales de lima, limón y menta
Alcohol 4,8%v/v



$\lambda=645$

Hard seltzer de color rojizo con zumo de frutas naturales (frutos rojos y lima)
Alcohol 4,5%v/v

APERITIVOS

Tabla de quesos con membrillo y uvas
Frutos secos combinados

Figura 12: Carta de cocktail para hard seltzer

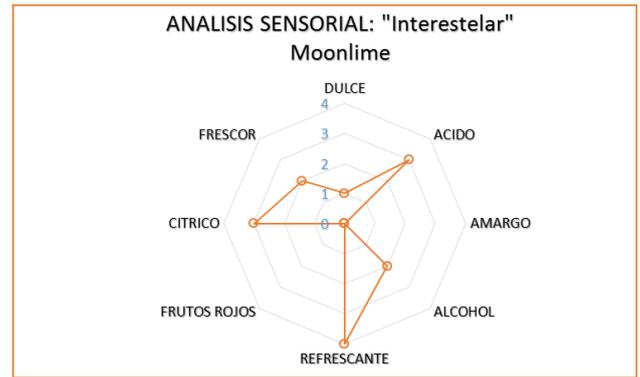
Evaluación sensorial

El hard seltzer no busca una complejidad organoléptica, sin embargo, sí que se busca proporcionar un toque frutal, relacionado con un paladar menos maduro. A pesar de esto, el sabor y el aroma juega un papel fundamental en este producto, ya que es su esencia y lo que le permite tanta variedad de sabores. Elegir unos aromas que se armonicen entre ellos y con la acidez del producto es esencial. Además, se debe utilizar aromas y/o zumos naturales que se mantengan estables durante todo el tiempo que el producto pueda llegar a estar almacenado.

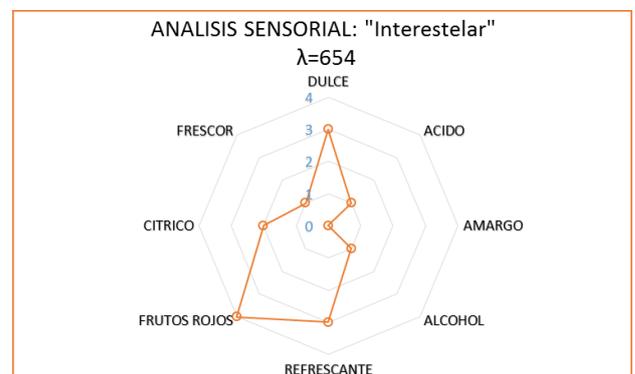
Análisis	Moonlime	$\lambda=625$	Unidad
Alcoholes superiores	288,4	337,1	ppm
DMS	8,1	8,1	ppb
Acetaldehid o	0,96	0,69	ppm
Acetato de etilo	12,05	11,90	ppm
Acetato de isoamilo	0,37	0,84	ppm
Caproato de etilo	28,2	24,6	ppb

Tabla 14: Principales compuestos volátiles

Seguidamente se realizó un análisis sensorial del perfil de los dos hard seltzer elaborados. Los resultados obtenidos se recogen en los diagramas de araña que se muestran a continuación.



Gráfica 6: Diagrama de araña para moonlime



Gráfica 7: Diagrama de araña para λ 625

Tal y como, se aprecia en las gráficas 6 y 7, el análisis sensorial de cada Hard Seltzer da lugar a perfiles muy distintos, debido al empleo de diferentes aromas para la misma base alcohólica obtenida con la purificación de cerveza empleando carbón activo. Lo que destaca de ambos es el perfil refrescante, un factor importante ya que es una de las características principales de este tipo de bebidas.

Conclusiones

Tras las pruebas realizadas a escala laboratorio y planta piloto se puede determinar que:

1. Mediante carbón activo se consigue dejar un producto totalmente transparente y sin off-flavors, que se puede ajustar con aromatizantes para dar lugar al hard seltzer.
2. Las pruebas realizadas con carbón activo no son congruentes para determinar la cantidad que hay que aplicar para eliminar el color de forma total. En un primer lugar, se determinó que era necesario una doble filtración y finalmente solo se realizó una en la planta piloto. Por lo que igual, se puede buscar una alternativa para añadir menos carbón activo y filtrar varias veces, abaratando los costes asociados a este producto. Otra opción, es recircular el mosto por una base de carbón activo, pudiendo emplear menor cantidad. Más estudios se necesitan para ajustar este parámetro.
3. La levadura HG1 de Fermentis debe ser estudiada con más pruebas preliminares para ajustar la dosis de siembra al extracto seco primitivo del que se quiera partir. Al ser levaduras que tienen su punto óptimo de trabajo en VHG, se concluye que el mosto realizado no cumplía las condiciones óptimas para la fermentación.
4. Se deberían realizar fermentaciones con un °P mayor, acorde a las características de la levadura HG1, para posteriormente diluir mediante un blending con agua desaireada. Esto también permitiría reducir el color antes del tratamiento con carbón activo y por tanto, reducir los costes asociados a esta parte del proceso.
5. También se pueden emplear otras levaduras y ajustar luego la acidez. Estas pueden ser levaduras vínicas y/o levaduras cerveceras, siempre y cuando sean neutras y de alta atenuación. Fermentis recomienda las levaduras HD S62, VR44 y BCS 103, todas ellas usadas en enología. Además, se debe usar el nutriente NAB 3. Lallemand recomienda la levadura CBC-1 junto con GoFerm Protect Evolution y Fermaid O para obtener una buena fermentación (estos datos fueron publicados después de la realización del proyecto)
6. Se debe tener en cuenta que si no se realiza una maceración con malta, es decir, si partimos de un mosto a partir de dextrosa, se deben aportar los nutrientes para una correcta fermentación, así como un ajuste de pH óptimo para el inicio de la misma.
7. No se ha conseguido llegar a la atenuación deseada debido a un problema en la fermentación, a pesar de que se intentó refrescar el mosto. Se deberían realizar más pruebas o probar con otras levaduras.
8. Los aromas pueden variar en función del tiempo de almacenamiento, por lo que hay que realizar un seguimiento de la evolución del producto en el tiempo.
9. Mientras no haya una legislación acorde a este tipo de bebidas, plantear la posibilidad de elaborar a partir de malta y añadiendo lúpulo puede hacer que los impuestos asociados a esta bebida se equiparen a los de la cerveza. Este tema se debería tratar con los encargados de impuestos especiales antes de llevar a cabo.

Además, quedan abiertas otras posibilidades de estudio:

1. Se puede emplear amilglucosidasa junto con un reposo largo a 62-64°C para reducir los carbohidratos complejos residuales a azúcares simples, consiguiendo un mayor porcentaje de azúcares fermentables en el mosto y por tanto, menor cantidad de carbohidratos en el producto final. Se debe valorar la relación coste/beneficios al añadir este producto al proceso de producción.
2. El empleo de arroz malteado puede reducir la cantidad de color del mosto, lo cual permitiría no utilizar tanta cantidad de carbón activo. Además de no aportar color, esta materia prima tiene una cantidad de extracto mayor y no varía sustancialmente el perfil organoléptico, lo cual también supone un beneficio.
3. Se debe buscar la proporción adecuada para realizar el blending del mosto realizado para Hard Seltzer con el de las mermas de cerveza y el agua desaireada, con el fin de obtener un aporte calórico menor y poder reducir los costes asociados al empleo de carbón activo.

Bibliografía

Braga, Paulo (Technical Manager Food EMEA) Seminario impartido durante el Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera, 2020 (UAH-ESCYM)

Carriba, David (Fermentis). Seminario

impartido durante el Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera, 2020 (UAH-ESCYM)

Claire Dodd (2020) Independent: 11 best hard seltzers: The alcohol flavoured drinks to try this summer. Recuperado de: <https://www.independent.co.uk/extras/indybest/food-drink/best-hard-seltzer-brands-water-cocktails-reviews-abv-beer-vodka-a9612356.html>.

EColby, Chris (2020). How to make hard seltzer.

Elzinga, K. G., & McGlothlin, A. (2019). Has Anheuser-Busch Let the Steam Out of Craft Beer? The Economics of Acquiring Craft Brewers. *The Economics of Acquiring Craft Brewers*.

García Martí, Ana. "Teoría de las Transformaciones Cerveceras", Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta FBD-ESCYM, 2015

Justin Kendall (2020) Brewbound: "Nielsen: Hard Seltzers post strongest sales week ever during July 4 Holiday Period" Recuperado de: <https://www.brewbound.com/news/nelsen-hard-seltzers-post-strongest-sales-week-ever-during-july-4-holiday-period/> Daniels, Ray. "Designing great beers", Brewers Publications, 1998

Kunze, W. "Technology Brewing & Malting." VLB Berlin, 2014.

Lindvall, J. (2019). A Strategic Audit of Boston Beer

Loviso, C. L., & Libkind, D. (2018). Síntesis y

regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Revista argentina de microbiología*, 50(4), 436-446

Loviso, C. L., & Libkind, D. (2019). Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: alcoholes superiores. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(4), 386-397.

Luis Blasco (2020) El Mundo: Hard Seltzer, el refresco viral que arrasa gracias a Youtube llega a España. Recuperado de: <https://www.elmundo.es/papel/gastro/2020/09/07/5f550df1fdddfff9038b464a.html>.

Sarah Lawrence (2019) Vox: Hard Seltzer is here to stay. Recuperado de : <https://www.vox.com/the-goods/2019/8/20/20812814/white-claw-truly-hard-seltzer-explained>

Mosher, Randy. "Cómo catar cerveza." Editorial Omega. Febrero 2018.

Peiró, Karen (Cervezas Damm). "Tecnología Cervecería y Maquinaria". Seminario impartido durante el Máster en Ciencia y Tecnología Cervecería, 2020 (UAH-ESCYM).

Rouco García, Carlos. "Tecnología Cervecería y Maquinaria". Fundación Benéfico Docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta FBD-ESCYM, 2015

Tinseth, Glenn
"<https://www.realbeer.com/hops/>", 1995

Vidal, María del Carmen (Grupo Dacsa) Seminario impartido durante el Máster

en Ciencia y Tecnología Cervecería, 2020 (UAH-ESCYM)

Agradecimientos

Agradecemos a las entidades que han hecho posible este trabajo: ESCYM, UAH, AETCM y demás empresas colaboradoras.

Agradecer a Ana García Martí, Esther Santalla, Marta García, Lola Jarandilla, Felisa Bartolomé y Elena Roche por su ayuda y orientación para poder llevar a cabo este proyecto. También a todo el equipo docente por sus conocimientos y experiencia transmitidos durante el curso para poder plasmarlos y aplicarlos en este trabajo.

A nuestros padres y a la compañía cervecera CUCA, por apostar por nuestra formación y ayudarnos a afrontar este reto, que tanto nos ha brindado.

Agradecer al departamento de análisis y laboratorio de Heineken Madrid liderados por Enrique Loeches por la ayuda en la realización de los análisis necesarios; a los grupos cerveceros Mahou San Miguel y Font Salem por ofrecernos materias primas para el proceso de producción; a Döhler y Giavudan por compartir con nosotros su gama de aromas naturales para la elaboración del Hard Seltzer; a David Carriba de Fermentis, por atendernos en todo momento para resolver nuestras dudas acerca de la levadura HG-1 y a Juan Ortega por compartir sus conocimientos acerca del tratamiento del hard seltzer con carbón activo.

Gracias también a nuestros compañeros, porque, aunque nos ha tocado vivir las clases online y compartir alguna cerveza por zoom, os hemos sentido siempre cerca. Cada uno de vosotros ha aportado su granito de arena para este proyecto. Esperamos, de corazón, que

esto sea solo el comienzo de una bonita amistad cervecera.

Decía Mary Lou Cook que *la creatividad es inventar, experimentar, crecer, correr riesgos, romper las reglas, equivocarse y divertirse*. Así que gracias a todos los que nos habéis permitido ser creativos, porque hemos experimentado, hemos inventado, nos hemos equivocado y nos hemos divertido, hemos tomado riesgos y hemos querido romper con algunas reglas, pero, sobre todo, hemos crecido como cervecedores. Sin cada uno de los aquí mencionados, esto no hubiera sido posible.