

# ELABORACIÓN DE UNA CERVEZA LAGER APROVECHANDO PAN BLANCO DE TRIGO COMO ADJUNTO

**\*RUIZ SEVILLANO, DANIEL; \*SANDOVAL RICO, LUIS JAVIER; GÓMEZ GARCÍA, ADRIÁN; GUIRAO QUILEZ, FRANCISCO.**

Alumnos de la 52 promoción del Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera impartido en la Universidad de Alcalá de Henares en colaboración con la Escuela Superior de Cerveza y Malta (ESCYM).

\*Este artículo ha sido redactado por **Daniel Ruiz Sevillano** y **Luis Javier Sandoval Rico**.

Este trabajo forma parte del proyecto de Máster tutorizado por el profesor de Tecnología Cervecera y Maquinaria, RAFAEL TIGEL y por la profesora de Teoría de las Transformaciones Cerveceras, ANA GARCÍA.

## RESUMEN

De acuerdo a la FAO, un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o se desperdicia en todo el mundo.

En este contexto nace el proyecto de “La Miga”, cuyo objetivo principal es elaborar una cerveza aprovechando como adjunto el pan sobrante de la cafetería de la facultad de farmacia de la Universidad de Alcalá de Henares. De esta manera, al tiempo que se reduce el desperdicio de alimentos, se marca como objetivo conseguir una cerveza tipo Especial de 13°P con un perfil sensorial que recuerde al trigo tostado, de amargor muy poco acentuado (18 IBUs), de color marrón rojizo (14-17 uEBC) obtenido únicamente a partir del tostado del pan. Igualmente, con el fin de estudiar el efecto de la filtración en producto final, así como evaluar los beneficios del uso de enzimas exógenas, se llevaron a cabo dos producciones: Producción 1, cerveza filtrada elaborada con enzimas exógenas, y Producción 2, cerveza elaborada sin adición de enzimas, turbia, sin filtrar.

**Palabras clave:** pan, trigo, adjunto, cerveza.

## ABSTRACT

According to the FAO, one third of the food produced to human consumption is lost or wasted worldwide.

This is the context where the project “La Miga” is born. The main objective is to brew a beer using as an adjunct the leftover bread from the pharmacy faculty of the University of Alcalá de Henares. This way, while reducing food waste, it is intended to brew a special beer (according to the Spanish regulations) of 13°P with a sensory profile that reminds of roasted wheat, slightly accentuated bitterness (18 IBUs), toasted color (14-17 EBCu) only obtained from toasted bread. Likewise, in order to study the effect of filtration on the final product, as well as evaluate the benefits of using exogenous enzymes, two productions were carried out: Production 1, filtered beer brewed with exogenous enzymes, and Production 2, unfiltered turbid beer without adding exogenous enzymes.

**Keywords:** bread, wheat, adjunct, beer.

## INTRODUCCIÓN

Se cree que los egipcios elaboraban cerveza a partir de una masa de pan sin hornear que dejaban fermentar en agua y que, gracias a las temperaturas y a la acción de levaduras salvajes, se convertía en una cerveza primitiva que denominaban "zythum" o vino de cebada.

La cerveza "La Miga", nace como un proyecto de aprovechamiento de excedentes en el que, emulando los métodos productivos primigenios, se pretende elaborar una cerveza lager utilizando como adjunto pan blanco de trigo tostado. De esta manera, al tiempo que se reduce el desperdicio de alimentos, se quiere ofrecer un perfil sensorial único por su sabor a trigo tostado, su color marrón rojizo, su bebestibilidad y carácter refrescante.

## PAN COMO ADJUNTO

El uso de pan como adjunto se pensó siguiendo dos planteamientos, por un lado el aporte de azúcares fermentescibles y por otro, el aporte de color.

El color de la cerveza es un punto que se quería erigir como distintivo y conseguido únicamente a través de la harina del pan. De tal forma se valoraron diferentes opciones en cuanto al grado de tostación, optando finalmente por un tratamiento térmico de 150°C durante 3 horas.

Por otro lado, se determinó el extracto aportado por el pan de acuerdo al método *Extract Content of Solid Adjuncts: ASBC Method (IM)*. Así, se concluyó que el rendimiento "tal cual" del pan era del 88,7%, superior incluso al de la malta.

## MATERIAS PRIMAS Y COADYUVANTES

Para la elaboración de "La Miga", queriendo dar protagonismo al pan, se utilizó una malta base de tipo Pilsen debido a su elevado poder diastásico, gran filtrabilidad y perfil aromático y de color neutro. En esta misma línea, los lúpulos se escogieron pretendiendo emular el amargor y aromas típicos de cervezas de trigo, nuevamente sin querer dar mucho protagonismo al lúpulo en favor del aroma a cereal tostado aportado por el pan. Así, se optó por el lúpulo *Hallertauer Tradition* como lúpulo de amargor y de adición mayoritaria, por su característico aroma predominantemente herbal y moderado amargor con 5% de alfa-ácidos; y por el lúpulo *Cascade* como lúpulo aromático, a adicionar al final de la ebullición, caracterizado por su aroma cítrico y frutal, y con un contenido de alfa-ácidos de 6,3%.

La levadura seleccionada fue la SAF Lager S-189 de Fermentis, caracterizada por su elevada floculación, rápida sedimentación, un perfil de atenuación que permite producir cervezas de alta bebestibilidad (atenuación aparente del 84%), y con sabores bastante neutros, atributo fundamental este último para nuestra receta dado nuestro perfil sensorial objetivo.

Por otro lado, el uso de pan de trigo como adjunto, podía dar lugar a problemas de filtración por el incremento de proteína, principalmente en forma de gluten. Por ello, con el fin de optimizar una potencial difícil filtración, se pensó en la adición de Onda®Pro de Novozymes, un complejo enzimático que contiene  $\beta$ -glucanasas, xilanasas,  $\alpha$ -amilasas, pululanasa, proteasas

y lipasas. Novozymes recomienda este complejo enzimático para elaboraciones con una alta inclusión de adjuntos, en dosis de 2 kg por tonelada de adjunto, con el fin de reducir la viscosidad, incrementar el rendimiento de extracto, mejorar la filtración e incrementar el extracto fermentescible.

Igualmente, se adicionaron sales en forma de ácido fosfórico en la caldera de maceración y de ebullición, cloruro cálcico en maceración y sulfato de zinc en whirlpool.

### CÁLCULOS PARA LA ELABORACIÓN

La cerveza “La Miga” se diseñó como una cerveza tipo especial la cual debe de tener un extracto seco primitivo aproximado de 13,5°P. Teniendo en cuenta la formulación y el rendimiento de sus materias primas se realizaron los cálculos para elaborar 56 litros de mosto a 13,5°P (14,21 g/100 ml).

#### Cálculo del extracto

Se calculó la cantidad de extracto necesario asumiendo un rendimiento de la sala de cocción del 85%:

$$\text{Kg extracto} = \frac{0,56 \text{ hl} \times 14,21 \text{ (kg/hl)}}{0,85} = 9,36 \text{ kg}$$

Así pues las cantidades necesarias a moler de cada materia prima son:

$$\text{Kg malta} = \frac{\text{Kg extracto} \times \% \text{ malta}}{\text{Rendimiento malta}_{t/c}} = 8,3 \text{ kg de malta}$$

$$\begin{aligned} \text{Kg harina de pan} &= \frac{\text{Kg extracto} \times \% \text{ harina de pan}}{\text{Rendimiento harina de pan}_{t/d}} \\ &= 3,1 \text{ kg de harina de pan} \end{aligned}$$

Los cálculos de maceración se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 1: Cálculos elaboración cerveza “La Miga”**

	Malta Pilsen	Harina de pan	Total
Formulación (%)	70	30	100
Humedad (%)	4,5	1	
Rendimiento <sub>s/s</sub> (%)	82	89,69	
Rendimiento <sub>t/c</sub> (%)	78,31	88,79	
Kg extracto	6,55	2,81	9,36
Kg molienda	8,37	3,16	11,53
Malta equivalente (kg)	8,37	1,87	10,23

#### Cálculo de agua necesaria para el primer mosto

Para determinar la cantidad de agua necesaria en la olla de maceración se calculó el volumen de agua para un mosto denso de 21°P.

Teniendo en cuenta que:

$$^{\circ}\text{P} = \frac{\text{Kg extracto}}{\text{Kg extracto} + \text{Volumen agua}} \times 100$$

El volumen de agua necesario es:

$$\begin{aligned} \text{Volumen agua} &= \frac{\text{Kg extracto} \times 100}{^{\circ}\text{P}} \\ &- \text{Kg extracto} \\ &= 33 \text{ litros de agua} \end{aligned}$$

#### Cálculos de lúpulos a utilizar en la elaboración de la cerveza

Los lúpulos seleccionados para la cerveza “La Miga” fueron *Hallertauer Tradition* en un 80% y *Cascade* en un 20% para lograr un amargor de 18 IBU (18 g/hl).

El rendimiento de los lúpulos se calculó considerando valores teóricos dado el tiempo de cocción de cada uno. Así se asumió una isomerización del 30% para *Hallertauer Tradition* y del 25% para *Cascade*, ya que este último se adicionó a falta de 15 minutos para el final de la ebullición.

Así pues, la cantidad de alfa ácidos para lograr 18 IBU en 67 litros de mosto fueron:

$$\begin{aligned}\alpha\text{-ácidos (g)} &= 18 \text{ g/hl} \times 0,67 \text{ hl} \\ &= 1,2 \text{ g de } \alpha\text{-ácidos necesarios}\end{aligned}$$

– Cantidad de lúpulo *Hallertauer Tradition* a adicionar

Porcentaje en fórmula: 80%

Isomerización: 30%

Contenido de  $\alpha$ -ácidos: 5%

$$\begin{aligned}\text{Hallertauer Tradition (g)} &= \frac{1,2 \text{ g} \times 80\%}{0,3 \times 0,05} \\ &= 64 \text{ g}\end{aligned}$$

– Cantidad de lúpulo *Cascade* a adicionar

Porcentaje en fórmula: 20%

Isomerización: 25%

Contenido de  $\alpha$ -ácidos: 5%

$$\text{Cascade (g)} = \frac{1,2 \text{ g} \times 20\%}{0,25 \times 0,068} = 14 \text{ g}$$

## PROCESO DE ELABORACIÓN

En el proyecto de la cerveza “La Miga” se diseñaron dos cervezas. La primera de ellas, una cerveza brillante, filtrada, donde se resaltasen los colores y atributos obtenidos de la tostación del pan, y donde además se

podieran evaluar los posibles beneficios del uso de enzimas exógenas en la disminución de los tiempos de filtración del mosto. Para ello se utilizó el complejo enzimático Ondea®Pro de Novozymes. La segunda cerveza, en la que no se utilizaron enzimas exógenas, se optó por una cerveza turbia para evaluar la influencia de la filtración de cerveza en los atributos organolépticos del producto final, además de buscar un perfil un poco más aromático por la adición tardía del lúpulo “*Cascade*” durante la ebullición del mosto.

Las elaboraciones se llevaron a cabo en las instalaciones de la planta piloto de I+D+i de la Asociación Española de Técnicos de Cerveza y Malta (AETCM), situadas en el Parque Tecnológico de la Universidad de Alcalá, donde se realizaron dos cocimientos de 0,5 hl.

### Molienda

La molienda de la malta y del pan tostado se realizó con un molino de martillos, empleando un tamiz de dos milímetros de paso y consiguiendo así la molienda fina necesaria para la filtración de mosto con filtro prensa.

### Maceración

La maceración se realizó mediante el método de infusión simple escalonada (Imagen 1).

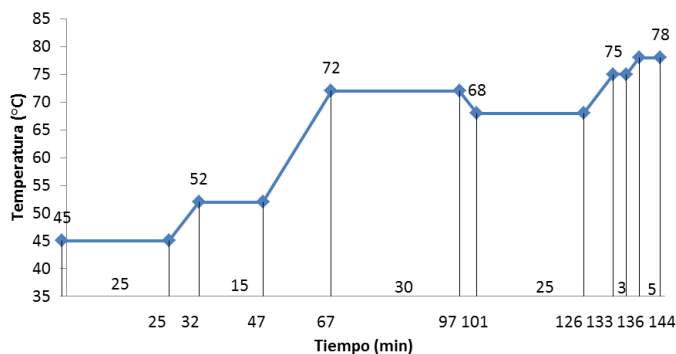
En el diseño del perfil de maceración, se tuvo en cuenta que las cervezas que contienen trigo en su formulación pueden experimentar problemas durante la filtración del mosto, dado su alto contenido de hidratos de carbono estructurales y proteínas de alto peso molecular. Siendo

este fenómeno más acusado aún en formulaciones que contengan pan de trigo.

Antes de iniciar el empaste se ajustaron las concentraciones de iones calcio utilizando cloruro cálcico y del pH con ácido fosfórico. Como se mencionó anteriormente, en la Producción 1 se añadió el complejo enzimático Ondea®Pro a razón de 0,002 g/g de materia prima (pan), y en la Producción 2 se siguieron las temperaturas y tiempos establecidos sin la adición de enzimas exógenas.

En el empaste se utilizó un ratio de agua de 2,9 l/kg de materia prima a 45°C durante 25 minutos para favorecer la degradación de betaglucanos, seguidamente se subió la temperatura a 52°C manteniéndolo durante 15 minutos para la degradación proteolítica. El siguiente reposo fue a 68°C durante 55 minutos para favorecer la degradación del almidón y obtener la mayor cantidad de azúcares fermentescibles en el mosto. Por último, un reposo a 75°C hasta sacarificación completa. Dado que el test de sacarificación confirmó la total desagregación del almidón en menos de 10 minutos, se subió la temperatura a 78°C durante 5 minutos para el “mash out”.

**Figura 1: Perfil de maceración**



## Filtración

La filtración del mosto se llevó a cabo mediante un filtro prensa que se compone de un marco, dos placas y dos telas de filtración que constituyen así la unidad de filtración. La filtración se hizo a doble capa (Imagen 2) y los lavados se realizaron en el mismo sentido de la filtración.

**Imagen 1: Filtración del mosto**



El primer mosto se obtuvo a 23°P y pH de 5,4. Más tarde se inició el proceso de lavado de la torta con agua a 78°C hasta alcanzar un volumen de mosto filtrado de 67 litros con extracto final de 12°P.

## Ebullición

Los mostos obtenidos del proceso de filtración se llevaron a temperatura de ebullición durante 60 minutos. Durante este proceso se busca entre otros, la inactivación enzimática total, la esterilización del mosto, la precipitación de complejos de proteína-polifenol, isomerización de los alfa ácidos del lúpulo, eliminación de compuestos aromáticos y el ajuste de la densidad del mosto.

En la siguiente tabla se puede ver el resumen de los datos de la ebullición del mosto.

**Tabla 1: Resumen ebullición Producción 1 y Producción 2**

	Extracto inicial (°P)	Volumen inicial (l)	Extracto final (°P)	Volumen final (l)	Tasa de evaporación (%)
Producción 1	12,4	67	13,5	60,5	10
Producción 2	12	67	13,6	58,56	13

En ambas producciones se logró el ajuste del extracto original del mosto a 13,5°P para poder incluir nuestra cerveza dentro del segmento de cervezas especiales.

En la Producción 1 el lúpulo *Hallertauer Tradition* (80%) se adicionó al inicio de la ebullición, en cambio el *Cascade* (20%) se adicionó a falta de 15 minutos para el final de la ebullición para obtener un mayor rendimiento. En la Producción 2, se mantuvieron los porcentajes de dosificación, sin embargo el lúpulo *Cascade* se adicionó a 5 minutos del final de la ebullición del mosto, buscando reducir la evaporación de los aromas provenientes del lupulo. Una vez terminada la ebullición del mosto, se ajustaron las concentraciones de iones calcio y zinc, indispensables para la levadura durante el proceso de fermentación.

### Whirlpool

La transferencia del mosto desde la caldera de ebullición hasta el tanque whirlpool se realizó a una velocidad inferior a los 3m/s, garantizando la entrada tangencial al tanque whirlpool. El tiempo de reposo fue de 15 minutos, tiempo durante el cual se evidenció la formación del cono de trub caliente.

Pasado este tiempo, se inició el enfriamiento del mosto y trasiego hacia fermentación.

### Fermentación, maduración y guarda

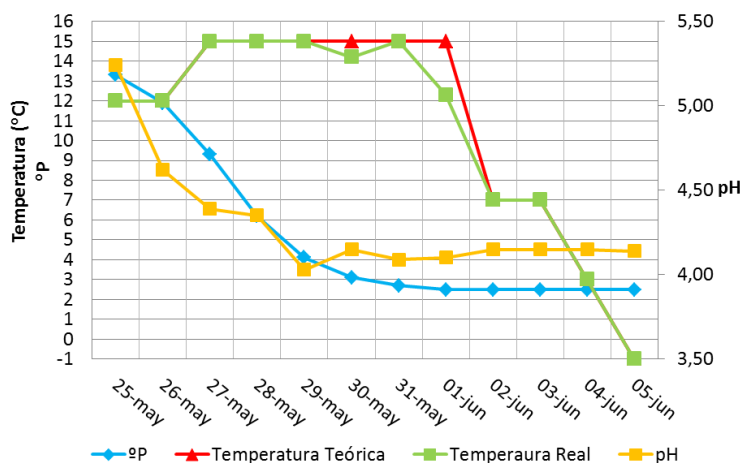
Como reza el dicho, “la levadura es quien hace la cerveza, los maestros cerveceros dan todas las condiciones necesarias para que la levadura produzca la mejor cerveza”. Durante la etapa de fermentación los azúcares fermentables que se han obtenido por degradación del almidón se convierten en alcohol, gas carbónico y energía.

Una vez terminada la etapa de clarificación del mosto, se procedió a enfriarlo a 12°C, temperatura recomendada por el proveedor de la levadura para realizar la siembra. Adicionalmente, se oxigenó el mosto hasta alcanzar una concentración de oxígeno de 8 ppm.

La siembra de la levadura se llevó a cabo a 12°C y se dio un tiempo de adaptación de 24 horas, tiempo en el cual se evidenció el arranque de la fermentación. Transcurrido este tiempo, se dejó subir la temperatura a 15°C hasta atenuación límite y hasta alcanzar la reducción del diacetilo.

La evolución de los parámetros más importantes durante la fermentación se pueden observar en la Figura 2. En esta, se evidencia como la concentración de azúcar disminuye con el paso de los días de fermentación hasta llegar a su atenuación final al séptimo día de proceso. Por otro lado, la disminución del pH sirve como indicativo de la correcta evolución del proceso de fermentación, perdiendo 1 unidad durante todo el proceso, llegando a un 4,2 final.

**Figura 2: Perfil de fermentación**



### Enzimas en la fermentación

Comparando los valores de atenuación entre los dos fermentadores, se observó una atenuación un 6% superior en el Fermentador 1, donde se utilizaron enzimas exógenas. La razón por la que la atenuación es diferente entre ambos puede deberse a que la utilización de enzimas exógenas aumenta la fracción de azúcares fermentescibles en el mosto.

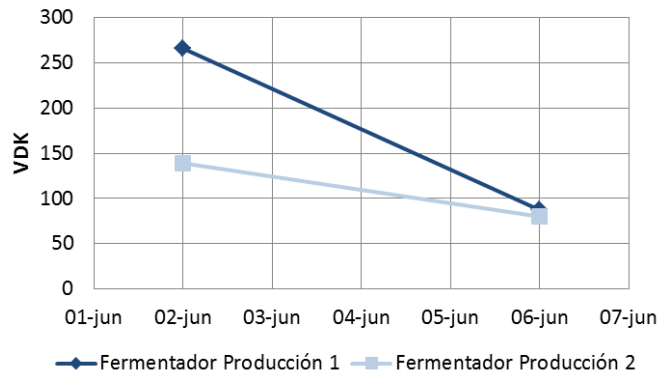
El complejo enzimático adicionado para mejorar la filtración del cocimiento contenía  $\alpha$ -amilasa y pululanasa, enzimas utilizadas en la industria cervecera cuando se quiere aumentar la atenuación de la fermentación y en consecuencia el rendimiento.

Al observar que la densidad no cambió durante dos días consecutivos, se inició el enfriamiento en dos etapas: maduración y guarda.

Un primer escalón de 48 horas a 7°C para dar a la levadura que estaba floculando el tiempo necesario para reducir las VDK y permitir la excreción de aminoácidos y

péptidos de bajo peso molecular que le dan cuerpo a la cerveza.

**Figura 3: Reducción de VDK durante guarda**



### Carbonatación y Envasado

Terminada la guarda, la cerveza de la Producción 1 se filtró mediante membranas de celulosa de 15 micras, por otro lado, la Producción 2 se envió directamente al tanque BBT sin filtrar. Ambas producciones se carbonataron en línea para ajustar el nivel de gas carbónico en la cerveza. La cerveza fue envasada desde BBT a botellas de 33 cl mediante una llenadora neumática con una única cánula. El cerrado de las botellas se realizó con una cerradora manual y tapón corona de 26 mm, para su posterior etiquetado manual.

### Cerveza embotellada

Los resultados analíticos de las dos producciones se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Análisis cerveza final Producción 1 y 2**

	Producción 1	Producción 2
Alcohol (v/v)	5,75	4,94
Extracto Seco Primitivo (°P)	13,123	12,216
Extracto aparente (°P)	2,39	2,95
Extracto real (°P)	4,452	4,736
Atenuación aparente (%)	81,8	75,85
pH	4,2	4,25
Color (EBC)	11,3	12,3
Amargos (IBU)	18	16,3
Dióxido de azufre (mg/l)	2,34	1,9
Diacetilo libre (µg/l)	63,3	20,5
Pentanodiona libre (µg/l)	24	10,8
Espuma (s)	224	242
Dióxido de carbono (g/l)	3,23	3,84

### ETIQUETADO

El etiquetado de la cerveza se desarrolló de acuerdo a los requerimientos de la normatividad vigente en la legislación Española. De esta manera, incluyendo la información exigida por la normativa y considerando nuestras dos producciones (cerveza filtrada y sin filtrar), se diseñaron las etiquetas para cada una de las producciones así:

**Imagen 2: Etiqueta “La Miga”**



**Imagen 3: Etiqueta “La Miga” sin filtrar**



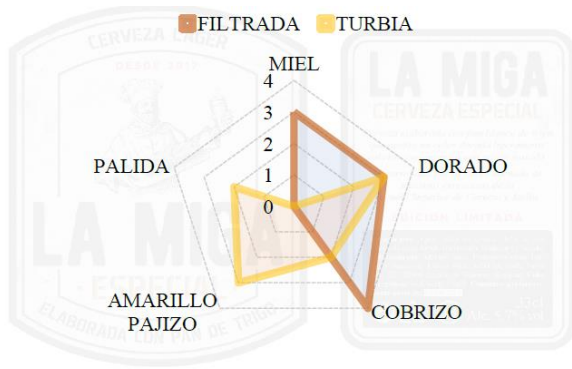
### ANÁLISIS SENSORIAL

Se sometió a “La Miga” a un panel sensorial compuesto por personal de la Escuela Superior de Cerveza y Malta.

#### Apariencia

La cerveza filtrada se describió como cobriza, de color miel y dorado. Por otra parte, la cerveza sin filtrar, aunque no presenta diferencia significativa en el análisis de color por la escala EBC, se percibió como color amarillo pajizo, pálida y en algunos casos dorado.



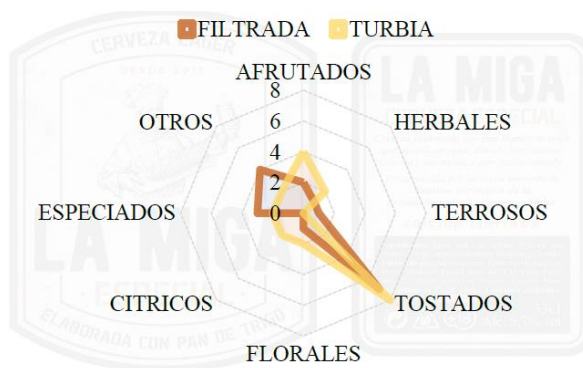


### Calidad y estabilidad de la espuma

La calidad y estabilidad de la espuma presentaron valoraciones muy bajas para ambas cervezas, si bien la cerveza sin filtrar obtuvo mejores valoraciones, no lo suficiente como para tener una buena percepción en general.

### Aromas, gustos básicos y Sensación en boca

Más del 80% de los panelistas encontraron aromas a cereal tostado en ambas cervezas, incluso aromas afrutados a plátano flambeado o maduro, lo cual es característico de cervezas oscuras que tienen trigo en su receta.



Una vez más, en ambas cervezas resaltó su dulzor y amargor, percibiéndose nuevamente el sabor a cereal tostado en el retrogusto. Presentaron un buen balance

entre su textura, cuerpo y la sensación de refrescante buscada.

### CONCLUSIONES

– En el caso de la Producción 1 se consiguió una cerveza de 13 °Plato, no así en la Producción 2, donde el °Plato quedó por debajo. Esto pudo deberse a una dilución que tuvo lugar en alguno de los trasiegos posteriores a la ebullición, ya que a la salida de filtración el °Plato de ambas producciones era prácticamente el mismo.

– El amargor resultante en cerveza final fue exactamente el calculado para la Producción 1. Pero el amargor descendió en la Producción 2 ya que se retrasó el momento de adición. Esta modificación fue motivada por la búsqueda de un perfil más aromático y de menor amargor tras conocerse el resultado del análisis de amargos de la Producción 1.

– En ninguna de las producciones se alcanzó el color objetivo planteado. En base a las pruebas de laboratorio realizadas, para el grado de tostación del pan que se había establecido se preveía obtener un color de 15 EBC. Sin embargo, en planta piloto el color disminuyó considerablemente hasta quedarse en 11,3 unidades EBC para la Producción 1 y en 12,7 en la Producción 2.

– Se consiguió obtener una cerveza filtrada brillante en la Producción 1, utilizando un filtro de placas de celulosa y sin perder el perfil aromático de cereal tostado objetivo. Por otro lado la cerveza no filtrada de la Producción 2 obtuvo un sabor diferente, debido principalmente a la levadura en suspensión propia de la cerveza turbia.

– En el caso de la Producción 1, donde se usaron enzimas adicionales, no se pudieron comprobar los beneficios en la filtración del mosto, ya que hubo una incidencia durante la filtración de la Producción 1, con lo que los resultados no son comparables entre ambas producciones. Igualmente, no se pudo concluir si el uso de enzimas exógenas durante la filtración era ventajoso, pero se dedujo que la diferencia entre las atenuaciones en fermentación se debió a su uso.

Así pues, se concluye que es posible elaborar una cerveza aprovechando el pan sobrante desde el punto de vista de la obtención de extracto y como aporte de color. Contribuyendo además a la reducción del desperdicio de alimentos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Alcalá de Henares, al personal docente de la Escuela Superior de Cerveza y Malta, en especial a Ana García, nuestra coordinadora académica y a Rafael Tigel por su apoyo y disposición permanentes, así como a los miembros de la Asociación Española de Técnicos de Cerveza y Malta y a su Fundación Benéfico Docente. Al personal técnico de la planta piloto, a las empresas colaboradoras que hicieron posible la realización de nuestro proyecto y al personal de la cafetería por su colaboración en la recuperación del pan.

A las **Empresas colaboradoras:** *Universidad de Alcalá de Henares, Grupo Mahou-San Miguel, Heineken España S.A., Hijos de Rivera S.A., Landaluce S.A., Intermalta, S.A. y Cargill S.L.U.*

A nuestros compañeros por haber compartido este valioso tiempo de estudios, de experiencias y anécdotas vividas ya que gracias a todo esto hoy día somos mejores profesionales y sobre todo mejores personas.

A cada una de las empresas que muy cordialmente nos abrieron sus puertas y compartieron sus experiencias para fortalecer nuestro espíritu cervecero y poder contribuir a hacer del mundo de la cerveza cada día una mejor experiencia.