Daniel BENITO MORÓN

El filtro prensa en la producción de mosto en pequeñas salas de cocción

TRABAJO FINAL DE MASTER

dirigido por Roger Plata Cots

Máster en BEBIDAS FERMENTADAS

Facultad de Enología

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona
Septiembre 2019

Resumen

Este trabajo busca como objetivo la comparación de dos tecnologías distintas para el filtrado del macerado, teniendo como tecnología central el filtro prensa, un equipo ampliamente utilizado en compañías cerveceras de gran tamaño debido a sus ventajas frente a la tecnología de lauter tun, mientras que en microcerveceras o cervecerías de tamaño mediano se ve relegado debido a su elevado coste inicial. Además se pretende evaluar si la tecnología del filtro prensa puede ser rentable a la pequeña escala, donde la tecnología de lauter tun es la más extendida.

Para ello, se debe evaluar las diferentes etapas que se pueden ver influenciadas por este cambio de tecnología, así como la equipación necesaria para que sea operativa.

También se realizaron cálculos en los que se comprueban la eficiencia del filtrado por filtro prensa de distintas maneras.

Abstract

This work seeks the comparation of two different types of technologies for filtering the mash, having has key technology the “mash filter”, an equipment widely used in big breweries because of its advantages over lauter tun technology, while being relegated in microbreweries and medium size breweries because of its high cost. Moreover, it is intended to evaluate if the mash filer technology could be profitable small scale, where lauter tun technology is more widespread

In order to do so, we need to evaluate the different steps that could be influenced by this technology change, as well as the necessary equipment to make it operational.

Calculations were also made in which the efficiency of filtering by mash filter is checked in different ways.

Índice

1.-Introducción. 1-2

1.1.-Descripción básica del proceso de filtración 1

2.-Molturado. 2-5

2.1.-Descripción del proceso de molturado. 2

2.2.-Análisis estadístico del molturado mediante tamizado. 3

2.3.-Comparación de molturado para filtro prensa frente a molturado para lauter 4

3.-Maceración. 5-7

3.1.-Descripción del proceso de maceración. 5

3.2.-Tiempo, escalones, condiciones específicas y tiempos de sacarificación. 6

3.3.-Comparación de maceración de filtro prensa frente a lauter 7

4.-Filtración. 7-12

4.1.-Descripción del proceso de filtrado con filtro prensa. 7

4.2.-Diferencias del proceso en función de la receta. 10

4.3.-Tiempos, cargas y densidades 10

5.-Cálculos de rendimientos de extracción y análisis de bagazo residual. 13-15

5.1.-Descripción de los ensayos realizados 13

6.-Análisis de costes operativos y de mantenimiento. 15-16

6.1.-Descripción del análisis 15

7.-Conclusiones. 17

7.1.-Idoneidad de la tecnología de filtro prensa para la producción de mosto en cantidades pequeñas .17

8.-Bibliografía 18

1.-Introducción

1.1. Descripción básica del proceso de filtrado

El proceso de producción de cerveza [1] consiste en la transformación del almidón dentro de los granos de malta en azúcares, los cuales a través de la fermentación alcohólica y las modificaciones que provoca la levadura se transforman a etanol y otros subproductos. Aunque a priori parece algo complicado, es una de las transformaciones de la industria alimentaria más antigua junto con la elaboración del pan. A lo largo de los siglos, este proceso ha ido evolucionando y sofisticándose a medida que lo hacía la tecnología disponible, primero consiguiendo cepas de levadura específicas para la producción de cerveza hasta el pleno conocimiento de la reacción bioquímica que ocurre, llegando a ser incluso motor de la investigación ya que fue Pasteur, a encargo de la industria cervecera, el que descubrió que la fermentación se llevaba a cabo gracias a la levadura.

Como sabemos, la elaboración de cerveza consta de los siguientes pasos:

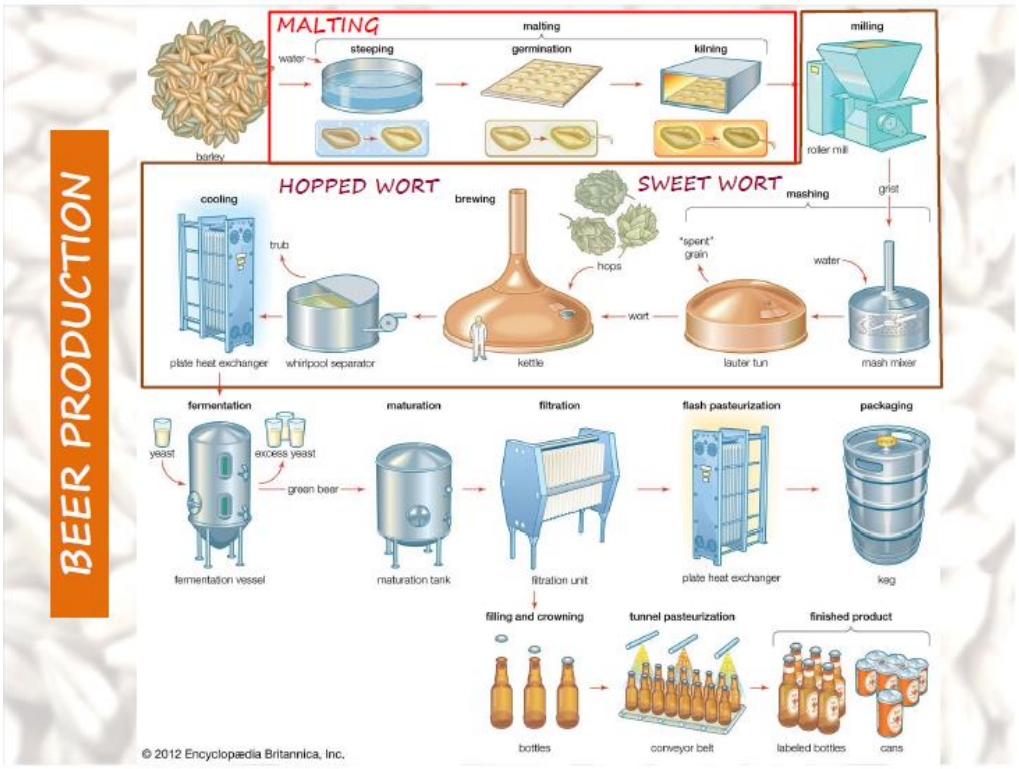

Imagen 1. Etapas del proceso cervecero. [2]

En la gran parte de las etapas, coexisten diversas tecnologías que se van utilizando desde hace mucho tiempo, pero es en la filtración donde se centra este trabajo. El filtrado consiste en la separación del mosto cervecero de las partículas sólidas obtenidas tras la maceración del mosto (cascarillas, restos de almidón sin degradar y sólidos insolubles de la malta) para evitar su entrada en la olla de cocción, donde su presencia dificultaría el proceso y añadiría gustos no buscados en la cerveza. En esta etapa crucial del proceso cervecero, conviven 2 tipos de tecnologías de filtrado [3]: el lauter-tun y el filtro prensa o “mash filter”. La más extendida en

microcervecerías, brewpubs y el mundo craft, en general, es el lauter tun, al resultar una alternativa más económica que los filtros prensa, mientras que los filtros prensa están más extendidos en cervecerías de gran tamaño.

De hecho, según datos oficiales del GECAN [4] (Gremio de elaboradores de cerveza artesana y natural) en Cataluña no había ninguna cervecera artesana que dispusiese de un filtro prensa en el año 2018.

La gran diferencia entre estas dos tecnologías proviene de su propio funcionamiento. Mientras que en el lauter tun se aprovechan las propias cascarillas de la malta durante el proceso de filtrado, en el filtro prensa se moltura de manera muy fina los granos, llegando a ser casi una harina, por lo que toda la capacidad de filtrado viene de las láminas de dicho filtro.

Esta diferencia en el funcionamiento también va a suponer una diferencia en la tecnología de la etapa anterior a la maceración, el molturado, que también se estudiará en este trabajo. Mientras que para utilizar el lauter tun, se utilizan molinos de rodillos, donde dependiendo de la capacidad económica de cada empresa se utilizará con más rodillos o menos (entre 2 y 6), en la utilización de filtro prensa es necesario disponer de un molino de martillo.

La razón principal de hacer este trabajo es debido a que realicé las prácticas en la empresa Cervezas del Sobrarbe S.L., de ahora en adelante nos referiremos a ella como la “empresa”, una microcervecería situada en el Pirineo aragonés que cuenta en sus instalaciones de un filtro prensa con una capacidad máxima de 300 kg de malta molida, lo que nos permitirá evaluar su adecuación para este tipo de instalaciones.

2.-Molturado

2.1. Descripción del proceso de molturado

El proceso de molturado [3,5] consiste en un proceso de trituración mecánica llevado a cabo para hacer accesible todo el almidón contenido en el endospermo de los granos de malta para que pueda ser atacado por las enzimas amilasas durante la maceración. Para ello existen dos maneras de molturar, como ya se indicó previamente la molienda con cilindros y con molino de martillo.

En el caso de la molienda de cilindros, la rotura de los granos se postula con dos objetivos totalmente opuestos: dejar la cascarilla de la malta lo más intacta posible, para que pueda actuar como medio filtrante en el lauter y triturar lo más pequeño y uniforme posible el endospermo, para garantizar una extracción de azúcares mayor durante el macerado. A su vez, se debe generar la menor cantidad posible de harina y lo más rápido posible. Por el contrario, cuanto más se reduzca el tamaño del endospermo, más largo será el tiempo de filtración.

Sin embargo, en la molienda con martillo, lo que se busca es un tamaño de partículas muy fino, sin necesidad de conservar la cascarilla de los granos, ya que toda la carga de la filtración la tiene el filtro prensa, por lo que la molienda pasa a ser muy fina para asegurar que todo el almidón posible esté disponible para entrar en contacto con el agua de macerado y conseguir así que las enzimas consigan degradar todo el almidón, logrando el objetivo de obtener la mayor cantidad posible de azúcares solubles durante el macerado.

Imagen 2. Molino de martillo

En esta imagen podemos observar el molino del que disponen en la empresa. La bandeja amarilla es donde se añade la malta, donde se controla con una palanca la velocidad de entrada de la malta a la parte del molino. Una vez que pasa la malta al interior del molino, los martillos se encargan de triturar finamente los granos de malta, produciendo la harina. Esta harina se introduce en un tornillo sin fin que lo lleva directamente al macerador, la longitud de este tornillo sin fin se debe tener en cuenta para el cálculo de malta añadida, siendo necesario en este caso añadir entre 10-15 kg de malta extra para arrastrar toda la malta necesaria en la receta.

Imagen 3. Harina de malta

2.2. Análisis estadístico del molturado mediante tamizado

Para evaluar el proceso de molturado llevado a cabo con molino de martillo, analizaremos la composición del molturado mediante el método descrito por la American Society of Brewing Chemistry [6] con tamices y con agitación manual. El método consiste en tomar una muestra de 100 g de malta molturada, colocándola en la parte alta de un grupo de tamices con poros de 1,25-1,0-0,5-0,25-0,125 mm sin dejar de agitar durante 3 minutos con una distancia de agitación de 50 cm.

Imagen 4. Tamizado de muestras

2.3. Comparación de molturado para filtro prensa frente a molturado para lauter

En la siguiente tabla se presentan tanto las recomendaciones de fracciones de molturado según la ASBC[6] como los resultados obtenidos de una molienda para lauter (Las Clandestinas)observada en una visita y en la molienda del molino de martillo en la empresa donde se desarrollaron las prácticas:

Tabla 1. Comparación entre molturado para lauter y para mash filter.

Fracción	% en filtrado mediante lauter	Molturado en "Las Clandestines"		% en filtrado para mash filter	Molturado en "Cervezas del Sobrarbe S.L."
Cascarilla (1,25)	18	59,8	61,3	1	1
Molienda gruesa (1,0)	8	9,8	14,2	3,6	4,2
Molienda fina I (0,5)	35	14,7	12,3	20,9	24,5
Molienda fina II (0,25)	21	6,9	6,6	39,1	35,2
Harina(0,125)	7	3,9	3,8	30,8	32,0
Polvo (Fondo)	11	4,9	1,8	4,6	3,1

La toma de muestras consiste en un muestreo aleatorio de distintas zonas del acopio de malta molida para asegurar la representatividad de la muestra respecto del acopio, y su posterior

mezcla para obtener unas muestras lo más homogéneas posibles. En el molturado obtenido en "Las Clandestinas" no se realizaron más tomas de muestras, debido a que se estaba desarrollando más actividades durante la visita. Cabe resaltar que el valor medio de las moliendas en la empresa es muy parecido al valor teórico, los valores de las 3 medidas se muestran en el Anexo 1.

Estos valores que se expresan en la tabla son una foto fija de las correspondientes moliendas, ya que no se puede extrapolar a todas las cocciones debido a que los molinos pueden desajustarse de unas moliendas a otras. Un buen ejemplo de ello es que en una prueba que se realizó en la empresa donde se llevó a cabo el estudio una vez ya realizado este ensayo, se realizó un molturado más fino reduciendo la velocidad de entrada de la malta al molino para intentar obtener más extracción de azúcares de la malta.

Como suele suceder en muchas cervecerías de tamaño pequeño, el resultado del molturado se suele alejar de la situación ideal donde poder obtener el máximo rendimiento de nuestras maltas, cosa que se conseguiría con molinos de 6 rodillos, que obtienen los mejores rendimientos gracias a que hacen pasar a los granos de maltas por diferentes luces de rodillos para asegurar una mejor calidad del molturado. Esto suele ser debido a limitaciones en cuanto al apartado económico, ya que la gran mayoría de molinos en este tipo de instalaciones suelen ser molinos de 2 rodillos, la equipación más sencilla y más disponible económicamente para empresas de tamaño pequeño.

3.-Maceración

3.1. Descripción del proceso de maceración

La maceración [3,5] es el proceso en el cual se mezclan la malta molturada y el agua. Durante el macerado se producen múltiples cambios físico-químicos: se humedece la malta molida, se gelatiniza el almidón, se sacarifica el almidón por acción de las enzimas, los azúcares solubles pasarán a formar parte de la disolución y las enzimas hidrolizan los carbohidratos. Esta serie de cambios tiene una incidencia clave en la cerveza final, entre todos los objetivos que se consiguen con la maceración, los más importantes son: fijar la densidad original y la proporción de azúcares fermentables y no fermentables, precipitar proteínas provenientes de la malta y extraer aminoácidos. Durante esta etapa, las enzimas son las encargadas de la degradación del almidón de la malta. En la maceración se tiene como objetivo la degradación completa del almidón para maximizar la cantidad de azúcares de provenientes de la malta en el mosto y ajustar la ratio entre azúcares fermentables y no fermentables.

En la malta hay presente una gran variedad de enzimas, que actúan sobre distintas moléculas presentes en el medio, además de que todas ellas tienen diferentes rangos de pH y temperaturas de trabajo óptimas, por lo que a veces se hace necesario incorporar escalones de temperatura a la elaboración:

Tabla 2. Enzimas presentes en la malta, función y rangos de trabajo según Tª y pH [3]

Actividad enzimática del mosto					
Enzima	pH óptimo	Tª óptima	Tª de inactivación	Ligamentos a romper	Productos
Endo-β-1,4-glucanasa	4,5-4,8	40-45	55	β-1,4	β-glucanos con menor PM
Endo-β-1,3-glucanasa	4,6-5,5	60	70	β-1,3	β-glucanos con menor PM
β-glucano-solubilasa	6,6-7,0	62	73	Entre proteínas y β-glucanos	β-glucanos con mayor PM
Fosfatasa	5,0	50-53	60	Fosfatos orgánicos	Ác. Fosfórico, minerales
Endo-peptidasa	3,9-5,5	45-50	60	Enlaces peptídicos	Péptidos cortos
Carboxi-peptidasa	4,8-5,6	50	70	Enlaces peptídicos	Aminoácidos
Amino-peptidasa	7,0-7,2	45	55	Enlaces peptídicos	Aminoácidos
Di-peptidasa	8,2-8,8	45	50	Dipeptidos	Aminoácidos
α-amilasa	5,4-5,6	60-65	70	α-1,4	Maltosa
β-amilasa	5,6-5,8	70-75	80	α-1,4	Dextrina
Dextrinasa límite	5,1	55-60	65	α-1,6	Dextrina
Maltasa	6,0	35-40	40	Maltosa	Glucosa
Sacarasa	5,5	50	55	Sacarosa	Glucosa, fructosa

3.2. Tiempo, escalones, condiciones específicas y tiempo de sacarificación

Durante la maceración de cerveza, se producen diferentes saltos de temperatura y tiempos donde cada estilo de cerveza tiene su propia receta. A continuación se desarrolla un ejemplo de cocción en una de las recetas de la empresa, para observar las características de este complejo proceso. Primero, muelen la cantidad de arroz apropiada y la dejan macerar con una enzima termoestable a 78ªC durante 30 minutos. Pasado ese tiempo, se retira del tanque de maceración a otro tanque limpio y se reserva, momento en el cual se añade la cebada al tanque de maceración para empezar a 65ºC a macerar durante 20 minutos, acabados los

cuales se vuelve a añadir el arroz al macerador y se deja macerar durante 1 hora a 70ºC. Una vez que pasa esa hora se eleva la temperatura de la mezcla a 78ªC y cuando los alcanza, se empieza a recircular a través del filtro prensa, momento en el que se da por terminada la maceración de esta receta. Este tipo de maceración escalonada está adaptada al uso de arroz y al hecho de que el arroz no dispone de α-amilasa para degradar el almidón. La siguiente gráfica representa los escalones de temperatura respecto al tiempo durante la maceración:

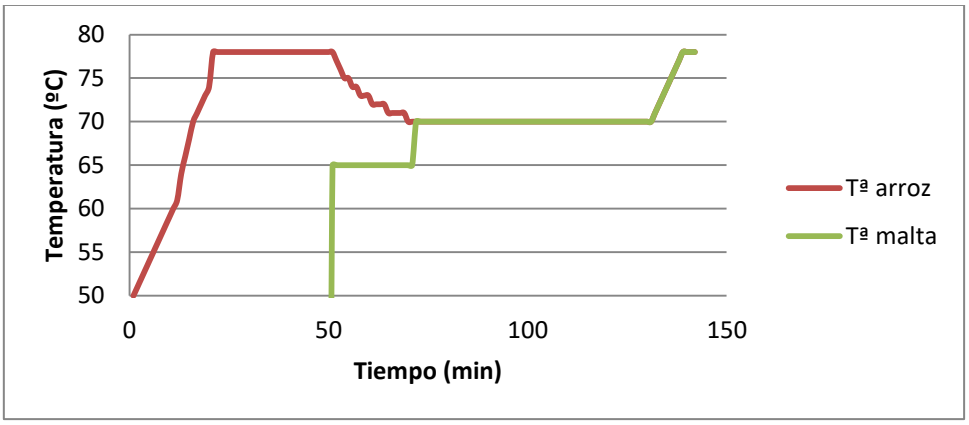

Imagen 5. Proceso de 2 maceraciones

3.3. Comparación de maceración de filtro prensa frente a lauter

Al consultar esta cuestión con los miembros de la empresa Cervezas del Sobrarbe S.L., los cuales han utilizado desde sus inicios un equipo de lauter tun, la conclusión a la que llegan es que no han realizado cambios significativos respecto a la maceración del lauter cuando pasaron a elaborar cervezas con mash filter. Aunque han tenido que cambiar la cantidad de malta inicial que se moltura debido a que ya no dependen tanto del volumen que hay en el macerador, si no de la malta que es capaz de filtrar el mash filter, por lo que a pesar de que en sus recetas ha habido un aumento en los kilos de malta (en torno a un 10%), las proporciones de las diferentes maltas usadas en las elaboraciones han permanecido constantes.

A su vez, al añadir la malta más molida, la extracción de azúcares con la misma cantidad de malta que en un lauter es mayor, ya que hay más cantidad de almidón disponible para su gelatinización y posterior degradación por parte de las enzimas, donde se han llegado a sacar hasta 10 puntos más de densidad inicial con un molturado fino respecto al molturado con rodillos.

4.-Filtración

4.1. Descripción del proceso de filtrado con filtro prensa

Como se mencionaba en el apartado 1.1, existen dos tipos de filtración [3,5] de manera mayoritaria. El primero de ellos es el lauter tun, que consiste en un filtro con unas placas a modo de colador para contener materiales insolubles (la cascarilla de malta), para filtrar el macerado. Se utiliza para retener los sólidos, ya que la cascarilla se aprovecha para retener los granos restantes, que se extraerá posteriormente junto con las cascarillas al final del filtrado (bagazo), mientras que en el filtro prensa, los granos se quedan retenidos entre láminas de polipropileno. En esta sección nos centraremos en el filtro prensa de tipo Lambda, que es al que se tuvo acceso durante la realización de las prácticas en empresa, de la marca Landaluce.

Todos los filtros prensa constan de unas partes esenciales, los marcos y las placas. Los marcos son los encargados de recibir el bagazo, por lo que su tamaño es indicativo de la cantidad total de bagazo que se puede acumular, así que la cocida se debe adecuar a este hecho. Estos marcos están en contacto entre ellos mediante unos agujeros que no están en contacto con las placas, aunque están de manera alterna a lo largo del filtro.

Al igual que para la tecnología del lauter tun, la operación de filtrado del "mash filter" pasa por varias etapas similares a las etapas del lauter tun. Primero, el filtro prensa se debe precalentar con agua a 76/78ºC para que el macerado entre al filtro y evitar que se enfríe, ya que daría problemas en la filtración al aumentar la viscosidad del mosto. Una vez precalentado, se debe empezar a llenar el filtro con el macerado. El filtro prensa de que se dispone es un filtro tipo-λ. Como se puede observar en las siguientes figuras, se observan las diferentes etapas por las que pasa el mosto y el bagazo en su interior:

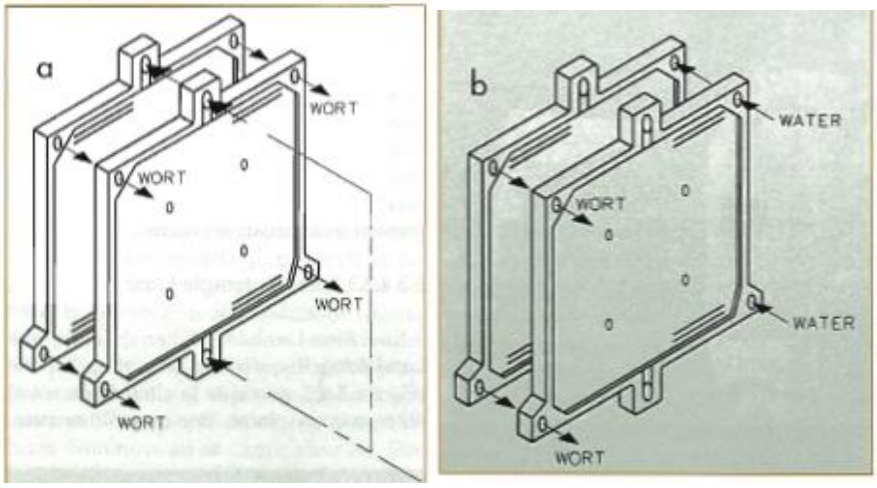

Imagen 6 a y b. Secuencia de operación en el filtro Lambda [5]

Para el llenado del filtro (Imagen 6a), hay canales encima y debajo de las placas, cada uno de los cuales conectado a cada placa y llena todos los espacios vacíos entre las placas (Imagen 7, 3). Sobre las placas, se encuentran a ambos lados telas filtrantes de polipropileno (4) -ajustadas a presión en los bordes-, a través de las cuales se filtra el mosto, en tanto que el bagazo queda atrapado en los espacios interplacas (3). Estos sistemas de filtración no utilizan membranas de material sintético, por lo que no es posible exprimir a presión el bagazo, característica que si tienen otros tipos de filtro prensa.

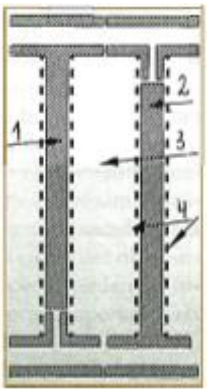

Imagen 7. Zonas del filtro prensa: (1) Placa tipo 1, (2) Placa tipo 2, (3) Espacio interplacas, (4) Telas de polipropileno [5]

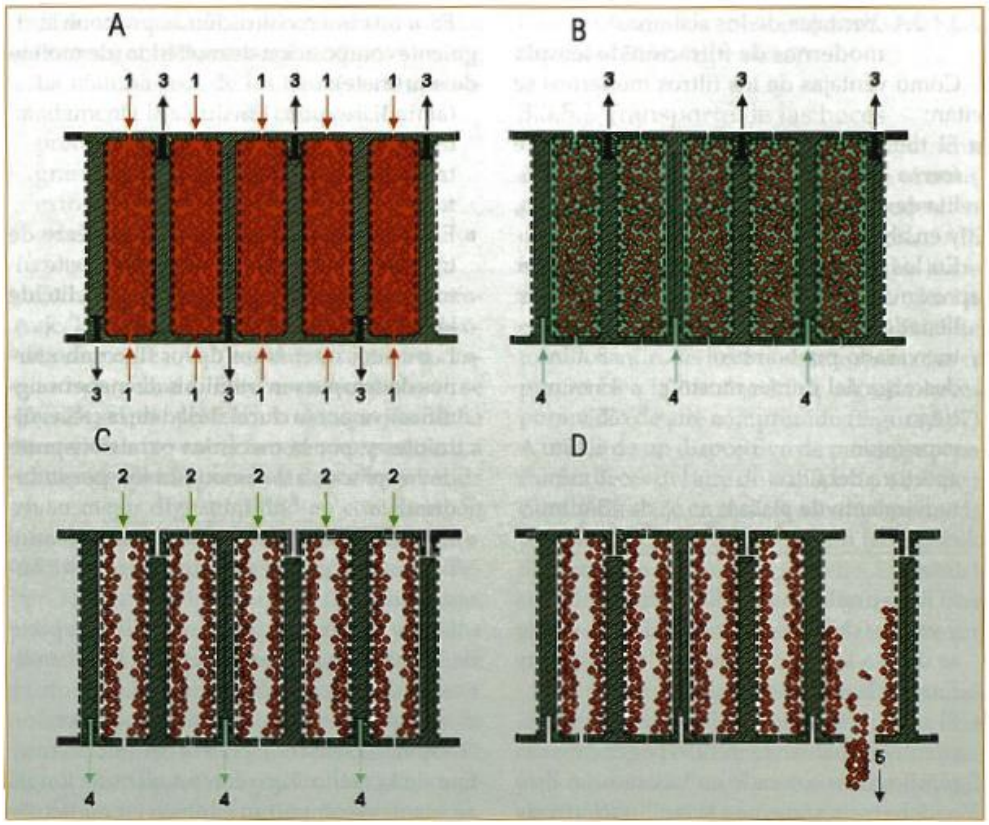

Imagen 8. Secuencia de operación con el filtro Lambda: (A) Llenado y descarga del primer mosto, (B) Riego, (C) Desagüe a presión, (D) Evacuación de bagazo. [5]

Llenado y descarga del primer mosto (a)

El macerado se introduce en cada placa, a través del canal ubicado debajo el filtro; el aire abandona el filtro a través de los canales ubicados encima de este último. Tan pronto como el macerado ha llenado la cámara, se introduce bombeando también macerado por arriba (1). El primer mosto fluye a través de la tela filtrante adyacente y es vaciado, por arriba o por abajo, a través del canal lateral (3). También en este filtro hay que cuidar de que todas las cámaras estén llenas hasta arriba con bagazo, para aprovechar completamente el agua sin que se escurra.

Riego (b)

Para el riego, el agua correspondiente es introducida, en cada segunda placa, en los canales laterales superpuestos correspondientes a una de las caras (4). El agua pasa a través del bagazo y les extrae los azúcares progresivamente por lavado; las coladas secundarias se escurren por arriba y por abajo, por las placas intermedias (3): Luego, se invierte el sentido de flujo y se introduce el agua por las placas intermedias y se escurren las coladas secundarias a través de las otras placas. De esta manera, se consigue optimizar la extracción del azúcar, por lavado, del bagazo.

Desagüe a presión (c)

Posteriormente, se inyecta, a través del canal ubicado encima de las placas (2) aire comprimido, que exprime y compacta el bagazo, extrayendo las coladas secundarias residuales (4) y secando el bagazo en el proceso.

Evacuación del bagazo (d)

Finalmente, las placas se abren y se puede retirar el bagazo (5).

La etapa de mash off que necesita el lauter, no ocurre durante el proceso de filtrado en un filtro prensa, ya que el macerado se bombea al filtro prensa, y del filtro al macerador. Esta etapa sirve para realizar a su vez el proceso de recirculación, ya que el macerado pasa a través del filtro, donde se retienen las partículas sólidas entre las láminas clarificando el mosto en el proceso y se vuelve a introducir en el macerador. Este proceso se mantiene hasta que el mosto que sale procedente del filtro al macerador está suficientemente libre de partículas, momento en el cual el mosto se trasiega a la olla de cocción.

4.2. Diferencias del proceso en función de la receta

Aunque se podría llegar a pensar que hay diferencias en el proceso en función de la carga de maltas que se utiliza para llevar a cabo las diferentes cervezas, se comprobó in situ que el cambio de tecnología no supone diferencias significativas.

4.3. Tiempos, cargas y densidades

El proceso de filtrado del mosto durante una cocción es una etapa primordial que puede llegar a definir el buen proceder de una cocida, por ello, el tiempo que se emplee en esta fase debe ser adecuado para asegurar una extracción eficiente de mosto. En el caso de la empresa donde se llevaron a cabo las prácticas externas, se cambió de tecnología lauter a filtro prensa, por lo que ellos comprobaron in situ la mejoría en el tiempo de filtrado de una tecnología respecto a otra. Mientras que en un lauter el tiempo de filtrado les ocupada de una hora y media a dos horas, al utilizar el filtro prensa para llevar a cabo este proceso, se reduce el tiempo entre 40 minutos y una hora, lo cual significa una reducción de entre 33-66% del tiempo total. Esta reducción de tiempo no sería tal siempre y cuando la operativa que se llevase a cabo fuese la recomendada por el fabricante, ya que aunque se gana tiempo usando un filtro prensa respecto a un lauter el porcentaje de reducción es mucho menor, 111 minutos un filtro prensa frente a 120 minutos de un lauter tun (7,5%).

Respecto a la carga total de malta, se comentó previamente que al utilizar un filtro prensa, la cantidad máxima de malta que se puede utilizar depende de la cantidad que es capaz de

retener el filtro prensa en uso. En el caso de la empresa donde se llevaron a cabo los ensayos, disponen de un filtro prensa con 15 marcos de 20 kg de capacidad cada uno, por lo que la capacidad total del filtro prensa es de 300 kg de malta. Esta cantidad de malta debe de ser fija para que el filtro funcione adecuadamente y se produzca el completo llenado de todos los marcos por igual.

Una de las grandes ventajas que esgrimen los fabricantes de filtros prensa frente a la tecnología de lauter es la capacidad extractiva de este equipo frente a la otra, principalmente junto con la mejoría en el tiempo necesitado, cosa que ya se ha comentado previamente. Para comprobar esto, se plantea medir la densidad del agua del run off y la densidad del bagazo para comprobar la eficiencia de la filtración. Para medir la densidad, contamos a nuestra disposición con un refractómetro y un densímetro, dos aparatos que mediante propiedades físicas distintas nos permiten cuantificar la cantidad de azúcar disuelta en el agua. Sin embargo para las medidas del valor de densidad del bagazo, se hace necesario únicamente el uso del refractómetro, debido a la poca cantidad de muestra que se puede obtener de este.

En la cocción que se evaluó, la densidad original del macerado total antes de hervir era de 1082, y la muestra que se tomó una vez acabado la recuperación de la última agua era de 1017, que es el último macerado que entró al hervidor. En ese momento, se aprovechó la etapa de extracción de bagazo para tomar muestras de 5 puntos en las placas de bagazo para comprobar la efectividad de la extracción, ya que las propiedades de las placas no son homogéneas, estando más húmedas por unas partes que por otras, por lo que debemos exprimir el bagazo para obtener suficiente líquido donde utilizamos el refractómetro.

Imagen 9. Placas de bagazo

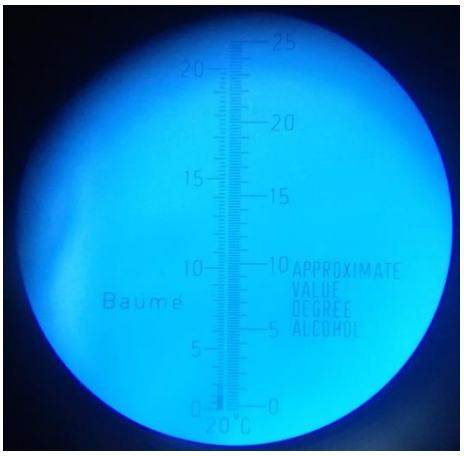

Imagen 10. Lectura en refractómetro

El refractómetro utilizado está diseñado para el mundo vitivinícola, por lo que la escala para medir la densidad del líquido está en ºBaumé. Para la conversión a densidad [7] y teniendo en cuenta que el líquido es más denso que el agua, deberemos usar esta fórmula:

$$d = \frac{145}{145 - n}$$

donde n = º Baumé. Los resultados obtenidos de las lecturas en diversos puntos de muestreo vienen presentados en la siguiente tabla:

Tabla 3. Densidad del bagazo

Puntos de muestreo	ºBaumé	Densidad observada
Punto 1	3,8	1027
Punto 2	1,5	1011
Punto 3	2,6	1018
Punto 4	3,5	1025
Punto 5	2,9	1021
Media	-	1020,4
Desv est.	-	6,3

Como se puede observar, la densidad media que obtenemos al medir en placas de bagazo es mayor en casi todos los puntos de muestreo que el valor obtenido en el último agua que se trasiega hacia el hervidor, siendo muy probable una mala operativa a la hora de realizar el lavado y el uso del filtro prensa, ya que no se consigue lavar correctamente el lecho de bagazo para arrastrar la mayor cantidad posible de azúcares.

5.-Cálculos de rendimientos de extracción y análisis de bagazo residual

5.1. Descripción de los ensayos realizados

Tras pasar todo el mosto cervecero por el mash filter, el bagazo residual se queda acumulada entre sus láminas y placas, que posteriormente es recogido y llevado a un ganadero de la zona. Este bagazo se debe retirar antes de poder proceder con otra cocida y se retira. Durante todas las prácticas nunca se consiguió ver uniformidad y homogeneidad en las propiedades del bagazo residual, ya que si se añadía menos carga de la que era capaz de filtrar, el bagazo salía demasiado húmedo y no se llenaban las placas entre láminas. Si ocurría algún fallo en la colocación de las placas, el agua no atravesaba el bagazo, por lo que la extracción no era la adecuada. Si el molturado no era lo suficientemente fino, quedaba almidón sin degradar. Aproximadamente 2 de cada 3 cocciones presentaban algún tipo de dificultad en el manejo del filtro prensa.

A pesar de todas estas complicaciones, se pudieron hacer ciertas estimaciones en momentos donde la cocida parecía bien desarrollada. Las placas conforman pastillas de 60x60x5,6 cm. Se tomó una muestra de bagazo residual en la zona más seca de una placa, la cual entendemos que será la máxima si el filtro se utiliza correctamente, se pesaron 100 gramos tras haber dejado la muestra 2 horas a temperatura ambiente, y posteriormente se dejó 2 horas a 130ºC para que la muestra perdiese toda la humedad y se pudiera calcular una aproximación de la humedad mínima alcanzable con este equipo.

Cabe señalar que en la empresa donde se lleva a cabo el ensayo, no se realiza el tercer paso usual de operación con un filtro prensa (desagüe a presión), por lo que en el momento que la densidad inicial previa a hervor es la adecuada, se deja de trasegar agua de lavado al filtro, se cierran todos los grifos y se vacía el filtro con el agua que haya podido quedar y el bagazo, así que la cantidad de humedad relativa del bagazo obtenida en este ensayo será mayor que si se siguiese este paso.

Imagen 11. Muestra de bagazo al aire

Imagen 12. Muestra de bagazo en estufa

En la tabla siguiente se muestran los datos recopilados para calcular la humedad observada:

Tabla 4. Humedad observada.

Medidas	Peso vaso	Peso bagazo húmedo	Peso vaso + bagazo seco	Humedad
Valor 1	102,257	100,007	180,850	21,41
Valor 2	102,261	100,001	180,789	21,47
Valor 3	102,252	99,998	180,741	21,51
Valor 4	102,255	100,002	180,797	21,46
Valor 5	102,260	99,999	180,810	21,45
Media	102,257	100,001	180,797	21,46
Desv. Est.	0,003	0,003	0,039	0,03

Teniendo en cuenta que en la bibliografía los valores de humedad con los que sale el bagazo suele ser del 70-80%, se puede concluir que el filtro prensa nos permite obtener un bagazo con una humedad relativa sensiblemente inferior a la obtenida por medio de un lauter aún sin realizar los pasos exactos de operatividad del filtro (desagüe a presión), por lo que se consigue una mayor extracción de azúcares de la malta y más cantidad de mosto previo al hervor.

Por otra parte, se evaluó el rendimiento de la instalación a partir de los datos obtenidos en una de las cocidas. Para calcular el rendimiento, se deben utilizar las siguientes fórmulas y combinarlas:

$$\rho \times {}^{o}P = {Extracto\ real}/{HL}$$

$$Extracto\ real = R_{eq} \times \sum Kg_m \times E_{t,m}$$

Donde ρ=densidad, ºP= grados Plato, HL= hectolitro, R_{eq}= rendimiento equipo, kg_m=kilogramos de malta, $E_{t,m}$=extracto teórico de la malta.

$$R_{eq} = \frac{\rho \times ºP \times HL}{\sum Kg_m \times E_{t,m}} = \frac{1{,}040 \times 10 \times 13{,}5}{(90 \times 0{,}778) + (42 \times 0{,}786) + (42 \times 0{,}784) + (9 \times 0{,}752)} = 98{,}3\%$$

Este valor es muy elevado, lo que suele contrastar con el rendimiento obtenido en equipos lauter, que suele rondar el 80-85%.

6.-Análisis de costes operativos y de mantenimiento

1.1. Descripción del análisis

Un análisis de costos [8]es una herramienta que sirve para determinar la estructura de costes en una empresa, clasificar los costes y estudiar la posibles medidas a implementar para incrementar la productividad y disminuir los costes por unidad producida. Para evaluar de manera correcta los costos totales del equipo, también debemos tener en cuenta que se debe analizar el costo total de propiedad y establecer un tiempo de vida del sistema. Por tanto, vamos a proceder a enumerar los costes que se deben evaluar:

-Costes de adquisición: Aquellos costes que se realizan a los inicios del proyecto, consistentes en la compra del equipo y materiales auxiliares necesarios.

-Costes de operación y mantenimiento: Aquellos costes que se requieren para mantener de manera óptima el equipo.

-Costes ocultos: Aquellos costes que no se tienen contemplados y que pueden aparecer por el uso. Estos costes no se tendrán en cuenta ya que incluirían sueldos de trabajadores y no se tiene acceso a ellos por la Ley de Protección de Datos.

-Costes de transición: Aquellos costes que aparecen al final de la vida del equipo surgidos de la búsqueda de alternativas usadas. Estos costes no se tendrán en cuenta en nuestro análisis, ya que se considera que ahora es la tecnología puntera en esta etapa, donde a lo sumo se podría considerar la adquisición de un equipo mayor debido a la necesidad de aumentar la producción.

En los costes de adquisición se debe tener en cuenta el precio del equipo: Costes de adquisición del equipo: Filtro prensa-55.000€, Molino de martillo-3850€.

Por lo que el total de costes de adquisición sería de 58850€

En los costes de operación se tienen en cuenta el precio de los equipos auxiliares necesarios para el funcionamiento correcto del equipo: Bomba para trasegar: 5.625€, Manguera de 5m con racores: 310€/ud, Tela de polipropileno 50€/ud.

Teniendo en cuenta las conexiones del filtro prensa harían falta como mínimo 3 mangueras, por lo que el precio total de las mangueras seria de 930€. Además, el filtro cuenta con 16 telas, por lo que el cambio completo de todas las telas del filtro ascendería a 800€, si a su vez valoramos la posibilidad de cambiarlas cada 2 años en una microcervecería, el costo para su tiempo de vida medio sería de aproximadamente unos 6000€

Por lo que el total de los costes de operación serían 12.555€, aunque en la empresa parte de estos costes de operación ya estaban desde un inicio porque disponían de este equipamiento cuando funcionaban con la tecnología de lauter.

Este equipamiento tiene un tiempo de vida medio estimado de unos 15 años, por lo que teniendo en cuenta el total de los costes y el tiempo de vida medio podemos calcular cuánto nos costará el equipo por cada año de trabajo:

$$Gasto\ Anual\ Estimado = \frac{Costes\ adquisición + Costes\ mantenimiento}{Tiempo\ de\ vida\ medio}$$
$$= \frac{(58850 + 12555)€}{15\ años} = 4.760{,}3€/año$$

Sabiendo que en la empresa se hacen unas 70 cocciones de 1000L cada una a lo largo del año, podemos saber cuánto nos cuesta producir mediante este sistema el litro:

$$Gasto\ por\ litro\ estimado = \frac{GAE}{Litros/año} = \frac{4760{,}3€/año}{70000L/año} = 0{,}068€/L$$

Si intentamos comparar económicamente una tecnología frente a la otra, tendremos que evaluar los mismos costes en un lauter para la misma cantidad de años, para así poder imaginar la diferencia real entre ambas. Para la tecnología lauter, los costes totales son:

- Costes de adquisición: Equipo lauter de 1000 L-22.000€, Molino de 2 rodillos-2.100€. Total:24.100€
- Costes de operación de mantenimiento: Bomba para trasegar-5.625€, Manguera con racores (2)-620€. Total: 6.245€

Así que los gastos para este equipo son:

$$G.A.E. = \frac{(24100 + 6245)€}{15\ años} = 2.023€/año$$

$$Gasto\ por\ litro\ estimado = \frac{GAE}{Litros/año} = \frac{2023€/año}{70000L/año} = 0{,}029€/L$$

Como podemos observar, el precio de cada litro de cerveza producida es un poco más del doble con la tecnología de filtro prensa respecto a la tecnología lauter, en gran medida debido al desembolso inicial necesario para la adquisición de dicha tecnología y a parte de los costes de operación y mantenimiento del filtro prensa (cambio de telas de polipropileno). Este hecho tiene un impacto real en el estado de la cerveza artesana actual, ya que muy pocas cerveceras artesanas en el ámbito nacional disponen de este equipo.

7.-Conclusiones

7.1. Idoneidad de la tecnología de filtro prensa para la producción de mosto en cantidades pequeñas

Con todo lo expuesto en este trabajo, debemos evaluar la idoneidad de una tecnología frente a otra. Como se puede observar en el sector, no es una tecnología por la que se apueste desde la puesta en marcha de un nuevo negocio, en gran parte debido al desembolso económico inicial que hay que hacer para adquirir un filtro prensa. Sin embargo, este equipo ofrece mejores tiempos de filtración que un lauter convencional, consigue extraer mejores rendimientos a la malta y se obtiene un bagazo menos húmedo, por lo que se arrastra más azúcares de este.

En general, esta tecnología te permite aprovechar y aumentar tanto el rendimiento de tu instalación como acortar los tiempos por cada cocción, por lo que puede significar un aumento significativo de producción de tu fábrica cervecera. Además, es una tecnología que no añade una dificultad técnica mucho mayor en la fabricación, por lo que integrar esta tecnología no es un proceso complejo.

Por todo ello, este tipo de maquinaria es un salto de calidad y de rendimiento en la etapa de filtración, por lo que si no se puede obtener esta tecnología en el momento de fundación de la fábrica cervecera, es un equipo que no se puede ignorar a la hora de mejorar tanto nuestros tiempos de elaboración como nuestro rendimiento global de extracción de azúcares.

8.-Bibliografía

1.-A. Buglass. “Handbook of alcoholic beverages: Technical, Analytical and Nutritional aspects”. Reino Unido: John Wiley and Sons, Ltd (2011)

2.-G.Beltrán. “Bebidas fermentadas”. [Apuntes]. 1º Semestre de Máster en Bebidas fermentadas 2018-2019. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona: URV; 2019 [Inédito]

3.-R. Plata. “Tecnología cervecera”.[Apuntes] 2º Semestre de Máster en Bebidas fermentadas 2018-2019. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona: URV; 2019 [Inédito]

4.-Gremio de Elaboradores de Cerveza Artesana y Natural (GECAN), Beer events. “Estado de la cerveza artesana en Catalunya 2018” [Internet]. Barcelona. 2019[citado el 05 Ago 2019]. Disponible en: https://www.beer-events.com/wp-content/uploads/2019/07/ESTAT-DE-LA-CERVESA-ARTESANA-2018-CAST.pdf

5.-W. Kunze. ”Technology brewing and malting”. Alemania: VLB Berlin (2004)

6.-American Society of Brewing Chemists (ASBC). “ASBC Methods of analysis, Malt, Malt 15. Grist” [Internet]. EEUU: ASBC; 2011 [2019, citado el 15 jul 2019]. Disponible en: http://methods.asbcnet.org/summaries/malt-15.aspx

7.-F. White. “Mecánica de fluidos”. Madrid: McGraw Hill (2008)

8.- J.M.Blanco. “Economía: teoría y práctica”. Madrid: McGraw Hill, D.L. (2014)

ANEXOS

Anexo 1: Resultados del molturado en Cervezas del Sobrarbe S.L.

Fracción	Molturado en "Cervezas del Sobrarbe S.L."			Valor medio por fracción	Desv. Est.
Cascarilla (1,25)	0,999	1,002	0,998	0,999667	0,002082
Molienda gruesa (1,0)	4,123	4,301	4,202	4,208667	0,089187
Molienda fina I (0,5)	24,487	24,512	24,507	24,502	0,013229
Molienda fina II (0,25)	35,195	35,22	35,126	35,18033	0,048686
Harina(0,125)	31,879	32,1	31,952	31,977	0,112601
Polvo (Fondo)	3,056	3,122	3,113	3,097	0,035791