



FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

TRABAJO FIN DE GRADO
Aprovechamiento de los subproductos generados
en la industria cervecera

Autor: Sandra Esteban Torrente

Fecha: Julio 2019

Tutor: Araceli Redondo Cuenca

Índice

Resumen.....	3
Introducción y antecedentes	
1 Historia.....	4
2 Industria cervecera.....	5
3 Elaboración.....	7
4 Generación de subproductos.....	9
Objetivos.....	11
Metodología.....	11
Resultados y discusión	
1. Usos actuales de los subproductos de elaboración de la cerveza.....	11
2. Investigación actual en el uso de subproductos de la elaboración de la cerveza	12
2.1 Raicillas de malta.....	12
2.2 Bagazo.....	13
2.3 Levadura.....	15
Conclusiones.....	17
Bibliografía.....	18

Resumen

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas y con mayor producción en España. Su elaboración consta de una serie de etapas: malteado del cereal, molienda y maceración, filtración, cocción, fermentación, maduración, clarificación y finalmente envasado.

La búsqueda de nuevas alternativas que permitan avanzar en la gestión de la economía circular en el proceso de producción de cerveza es una de las prioridades actuales, además de una apuesta por la reducción, la reutilización y el reciclaje de residuos.

Los principales residuos generados son: el bagazo, resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cebada malteado, rico en proteína y fibra alimentaria; la levadura de cerveza que se retira de los fermentadores, generalmente con agotada actividad fermentativa, pero con alto contenido en polifenoles y antioxidantes, y las raicillas de malta, ricas en fibra.

Estos subproductos se emplean hasta el momento para alimentación animal o como biocombustible pero presentan otras perspectivas de uso en la actualidad. El bagazo cervecero, es el que se produce en mayor cantidad, con elevadas proporciones de ácidos fenólicos como el ácido ferúlico con propiedades antioxidantes, y arabinosilanos con actividad prebiótica, antioxidante e inmunitaria.

La levadura cervecera residual tiene β -glucanos que disminuyen el colesterol LDL y la respuesta a la glucemia, mananos con efecto prebiótico, y una alta proporción de vitaminas hidrosolubles del complejo B.

Las raicillas de malta poseen elevadas cantidades de hemicelulosas pudiendo utilizarse en la prevención del estreñimiento. También contienen inulina y fructooligosacáridos (FOS), que se han empleado por su capacidad prebiótica.

Abstract

Beer is one of the most consumed and produced alcoholic drinks in Spain. Its elaboration consists on a series of stages that are: the malt of the cereal, the mill and brewing, filtration, cooking, fermentation, maturation, classification and finally, the bottling.

The search for new alternatives that allow the progress on the management of circular economy in the process of beer production, is one of the current priorities, besides a bet on the reduction, reutilization and recycling of residues.

The main waste generated are: the bagasse of brewer grains, resultant from the compression and filtration processes of the wort obtained after the saccharification of the malted barleycorn, which is rich in proteins and dietary fibre; the brewer's yeast, which is retired from the fermenters, generally having its fermentative activity used, but with high content of polyphenols and antioxidants; and the malt culms, rich on fibre.

These sub products are reutilized and being employed until the moment on animal feeding or as biofuel, but they present other perspectives of use nowadays. The bagasse of brewer grains, which is produced in larger quantity, has high proportions of phenolic acids such as the ferulic acid that has antioxidant properties and arabinosylans, and with a probiotic, antioxidant and immune activity.

The brewer's yeast has β -glucans that diminish the LDL cholesterol and the blood sugar response, mananos with a prebiotic effect and a high proportion of the B group of water-soluble vitamins.

The malt culms have high amounts of hemicelluloses, being able to be used in the constipation prevention. They also contain inulin and fructooligosaccharide (FOS), that have been employed because of its prebiotic ability.

Introducción

1. Historia

La cerveza es una bebida alcohólica consumida desde principios de la de la civilización sumeria vinculada a fines terapéuticos. Los egipcios la extendieron por toda la cuenca del mediterráneo, utilizándolo para las molestias y dolores estomacales y para la picadura de escorpión. También la usaron como cosmético para conservar el frescor natural de la piel (1).

Tras la conquista romana por Europa, la cerveza fue desplazada por el vino, a excepción de las tribus germánicas. En el siglo V, a través de las invasiones de estas tribus, empieza a tomar protagonismo en el continente.

Con el imperio de Carlomagno, muchos monasterios de las regiones septentrionales, donde el cultivo de cereales como la cebada eran prósperos, comenzaron a hacerse grandes productores de cerveza. Esta cerveza era, sobre todo, destinada al autoconsumo. Hacia los siglos XII y XIII los monjes comenzaron a vender su producción, consiguiendo un alto consumo debido a la poca disponibilidad de agua no contaminada (la de la cerveza había sido hervida previamente) y a la escasez de alimentos, aportando la cerveza nutrientes adicionales (2).

En el siglo XVI en España, el emperador Carlos I trajo consigo desde Flandes sus maestros cerveceros. Estos expertos trajeron el gusto por esta bebida en nuestro país. Después de renunciar al trono, se retiró al monasterio de Yuste, e instaló una pequeña fábrica de cerveza (3).

No se puede hablar de una verdadera industria cervecera hasta el siglo XIX, cuando empiezan a aparecer pequeñas fábricas más que artesanales ya industriales. La primera gran fábrica de cerveza en España fue abierta en 1864 por el alsaciano Louis Moritz en Barcelona. Le siguieron marcas muy conocidas actualmente como: Mahou (1890), Cruzcampo (1904) o Estrella Galicia (1906).

2. Industria cervecera

Con la denominación de cerveza se hace referencia al “alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales” (Boletín Oficial del Estado, 2016).

Se fabrica mediante el uso de agua, levaduras seleccionadas, de un mosto procedente de malta (producto final obtenido de los granos de cebada o de otros cereales una vez sometidos al proceso de malteo), sólo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, lúpulo y/o sus derivados (especie de planta de la cual se aprovecha su flor hembra, sin fecundar para proporcionar amargor a la cerveza) y aditivos y coadyuvantes tecnológicos, sometidos a un proceso de filtración y

pasteurización. La cerveza y el vino son las únicas bebidas alcohólicas que se consideran alimentos, según el Real Decreto 678/2016.

La cerveza se presenta como una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, con una creciente demanda por parte de los consumidores lo que implica un aumento en la producción. En el contexto Europeo, Alemania es el país más consumidor, con una producción de 94.957 miles de hectolitros de cerveza. España se sitúa en cuarta posición a nivel europeo con 37.621 miles de hectolitros.

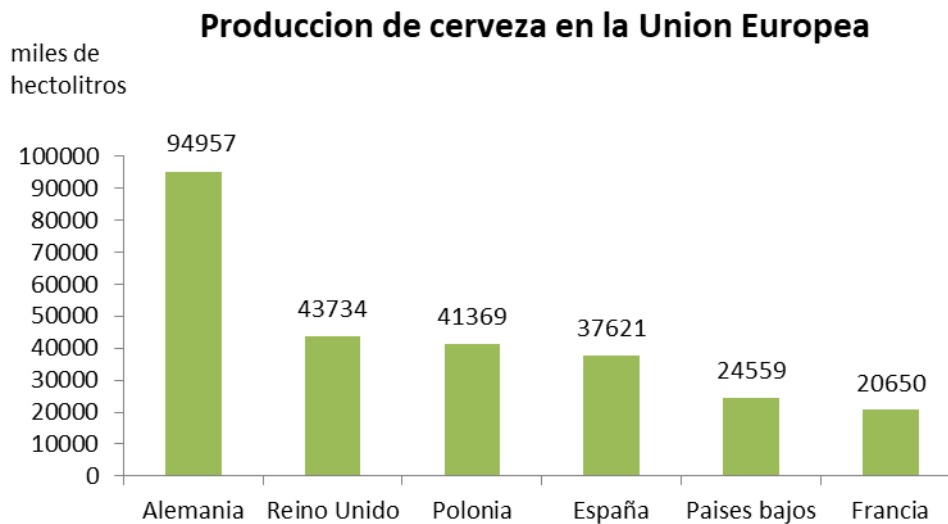


Gráfico 1: Producción de cerveza en la Unión Europea (Fuente: Cerveceros de España. Datos del 2017)

A nivel mundial, el principal productor es China, con un total de 460.000 miles de hectolitros. España se sitúa en decimoprimer posición.

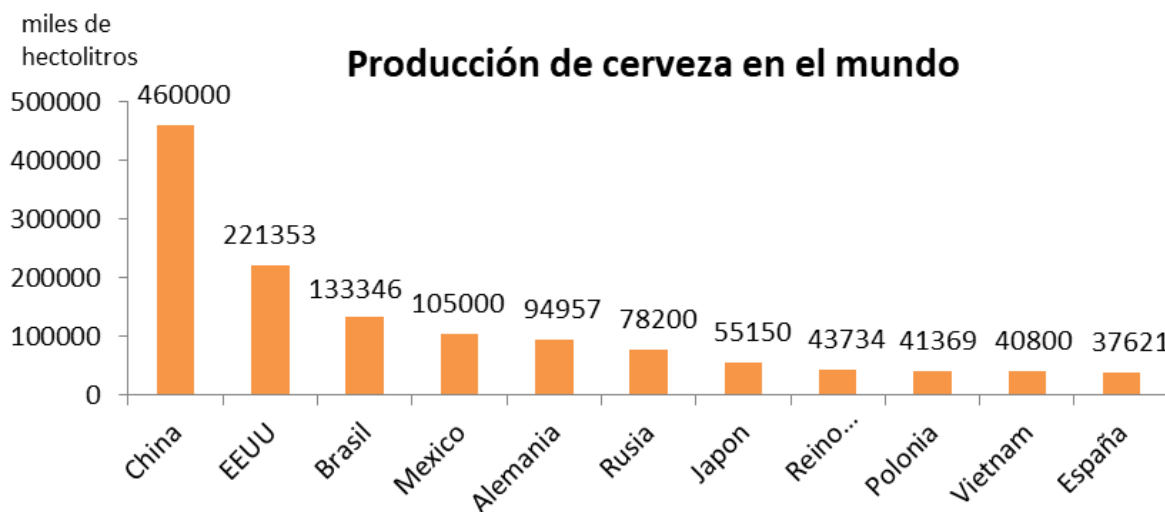


Gráfico 2: Producción de cerveza en el mundo (Fuente: Cerveceros de España. Datos del 2017)

El consumo de cerveza en España aumenta cada año. En 2017 se llegó a 39.97 millones de hectolitros de cerveza, tras un incremento del 3,7% respecto al año anterior y acumula a más de cinco años consecutivos al alza (4). Esto significa que por cada ciudadano residente en España se bebieron 81,4 litros.

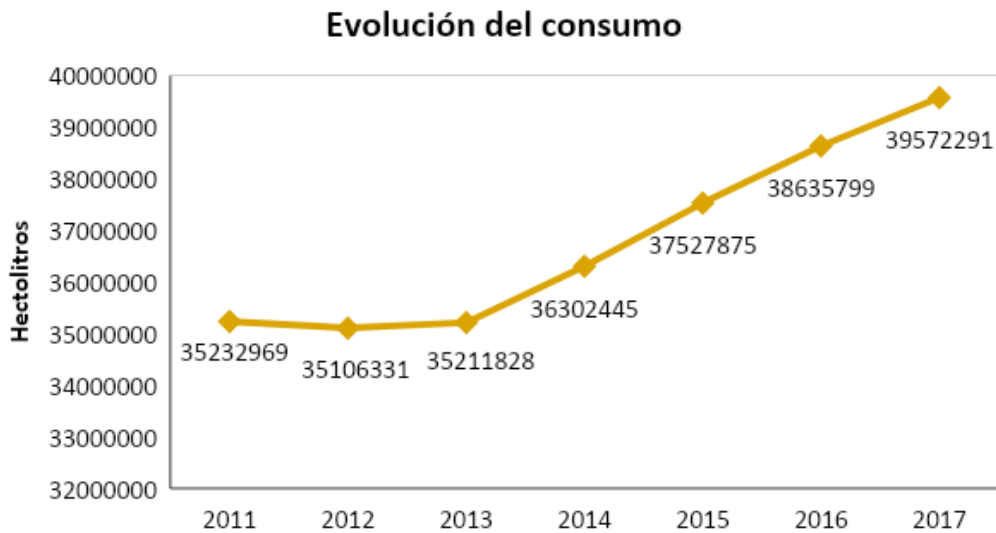


Gráfico 3: Evolución del consumo de cerveza en España (Fuente: Cerveceros de España. Datos del 2017)

La intensa producción cervecera permite reforzar cada vez más su presencia internacional, mediante la venta al exterior de casi 3 millones de hectolitros. El sector cervecero español, tiene gran peso en el panorama agroalimentario, es el segundo en importancia, con una facturación similar a la del vino y muy cercana a la del aceite de oliva.

Tiene una gran contribución en la economía nacional. Según las cifras presentadas por la Asociación de Cerveceros, el valor de la cerveza en el mercado supera ya los 15.500 millones de euros y supone un 1,3% del PIB español. Además, genera unos 7.000 millones de valor añadido a la economía nacional, gracias a sus sinergias con la hostelería -en la que supone hasta un 25% de la facturación- y el turismo.

3. Elaboración

La producción de cerveza se encuentra concentrada en grandes compañías, ya que los cinco primeros grupos cerveceros copan más del 90% del mercado nacional.

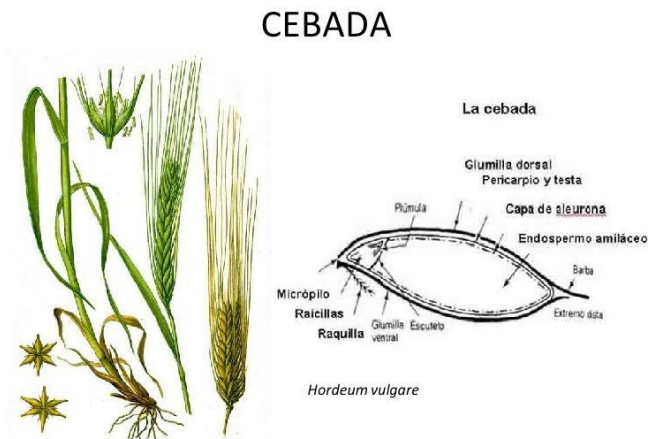


Imagen 1: La cebada y sus partes (Fuente: cereales2017)

La cebada es la principal materia prima utilizada para la producción de cerveza. El grano de cebada se puede dividir en tres partes principales: el germen (embrión), el endospermo (aleurona y endospermo de almidón) y las cubiertas de grano. Los recubrimientos de los granos se pueden dividir además en, de adentro hacia afuera, la cubierta de la semilla, las capas del pericarpio y la cáscara.

La **elaboración de la cerveza** de manera industrial consta de las siguientes fases:

- 1) **Recepción y almacenamiento de materias primas:** La recepción de materiales como la malta, incluye operaciones como la descarga, limpieza, almacenamiento y transporte de la materia prima. La limpieza tiene como finalidad que solo materia prima de buena calidad sea utilizada para la producción.
- 2) **Malteado:** Esta operación consiste someter a la germinación a los granos de cereal y a una fase posterior de secado (flujo de aire caliente a más de 70°C durante unos minutos). Durante la primera parte de dicha fase se consigue, básicamente, una deshidratación del producto (secado), mientras que al final de la misma, y utilizando aire más caliente, se produce el "tostado" (5). Dependiendo del grado de tostado se obtendrá maltas más claras u oscuras, que aportarán el color a la cerveza (6). El malteado se realiza debido a que los granos de cereal no tienen los sistemas enzimáticos para transformar el almidón en azúcares, necesarios para que las levaduras puedan realizar la fermentación. El proceso dura 6-7 días y durante este tiempo se produce el crecimiento de las raicillas de malta, primer subproducto generado de la elaboración, con diversas propiedades para su reutilización (6). Estos subproductos se separan del grano o malta, por medio de unos rodillos especiales.
- 3) **Molienda y maceración:** El proceso de molienda consiste en moler las maltas para romper la cáscara del grano y separarlas del endospermo. A la vez se desintegra para que pueda estar expuesto para el proceso enzimático durante el macerado. Es decir, se obtiene un tamaño de partícula que permita una maceración adecuada. En la maceración, la harina de malta se mezcla con agua (más del 90% del producto final) y se vierte en cubas, donde se controla la temperatura y se estabiliza para que las

enzimas puedan transformar el almidón en azúcares fermentables y las proteínas en péptidos y aminoácidos, que constituyen las fuente nitrogenada para la fermentación posterior (7).

- 4) **Filtración del mosto:** El producto de la maceración (orujo) se filtra para obtener por un lado el mosto cervecero y por otro, el segundo subproducto de esta elaboración, el bagazo.
- 5) **Cocción:** En esta etapa del proceso cervecero se procede a lupulizar el mosto (darle amargor hirviendo lúpulo durante al menos 90 minutos). Se inactiva y esteriliza el mosto. En este proceso se produce la coagulación de proteínas y taninos y la formación del color y del sabor amargo.
- 6) **Clarificación del mosto, enfriamiento y aireado:** A continuación, es necesario separar los restos de lúpulo las partículas sólidas generadas durante la ebullición del resto del mosto. Este proceso, llamado clarificación, se realiza impartiendo un movimiento centrífugo al mosto contenido dentro del macerador. Posteriormente se enfría para evitar sabores indeseables u oxidaciones y por último se airea, para que las levaduras tengan el suficiente oxígeno para poder crecer (7).
- 7) **Fermentación:** La fermentación es el proceso más significativo de la elaboración de la cerveza. Las levaduras constituyen el fermento que, cuidadosamente preparado antes de adicionarlo al mosto, transforman en el interior de los tanques de fermentación parte de los azúcares en alcohol y anhídrido carbónico, el gas que produce la espuma de la cerveza y le imparte el picor característico.

Según se realice, producirá resultados diferentes: el tipo "ale", de fermentación alta y el tipo "lager", de fermentación baja. Las diferencias fundamentales entre estos dos tipos de productos radica principalmente en:

- La levadura usada para la fermentación.
- Las temperaturas a las que se fermenta el mosto.
- En la forma en la que se recolecta la levadura para separarla del mosto fermentado o cerveza joven al final de la fermentación.

Así, mientras en la cerveza tipo "lager" se utiliza fundamentalmente levadura del género *Saccharomyces carlsbergensis* que se deposita en el fondo del fermentador tras la fermentación, en la cerveza "ale" se utiliza *Saccharomyces cerevisiae* que flota en la superficie del líquido (8). Ambas levaduras, como se describe posteriormente, podrán ser recuperadas y reutilizadas con diferentes fines.

Terminada la fermentación, que dura entre 8 y 10 días, la levadura decantada se separa y se lleva a depósitos especiales para su conservación.

- 8) **Maduración:** La cerveza se trasiega a tanques de maduración y se guarda para darle su estabilidad característica, a temperaturas entre -1 y 4 °C. Dura entre 45 y 60 días.

- 9) **Clarificación:** se produce una filtración sobre tierras de diatomeas, actuando el filtro como soporte de la torta filtrante, para obtener una cerveza con un nivel óptimo de claridad y para retrasar el enturbiamiento natural de la cerveza desde su elaboración hasta su consumo (9).
- 10) **Envasado:** Antes del envasado, para garantizar la calidad microbiológica de la cerveza y su duración en el mercado en óptimas condiciones, se realiza la pasteurización. El paso final es envasar la cerveza en las líneas embotelladoras y de barriles.

4. Generación de subproductos

La sobrepoblación mundial ha aumentado el requerimiento de energía, alimentos y combustibles. Estas necesidades provocan otra serie de problemas como la crisis energética, cambio climático, extinción de especies, rápido agotamiento de los recursos naturales y alta producción de residuos. Por este motivo, es imprescindible buscar medidas a nivel mundial que contribuyan a mejorar el medioambiente y el bienestar social y económico.

Una alternativa para solucionar algunas de estas problemáticas actuales es la valorización de residuos, actividad donde los desechos agrícolas e industriales son utilizados para convertirlos en nuevos productos con mayor valor comercial. Esta alternativa es 100 % renovable al aprovechar la biomasa residual como materia prima y simultáneamente reducir la producción de residuos y los gastos de manipulación de los mismos. Un ejemplo concreto se refiere al aprovechamiento de los residuos producidos por la industria cervecera.

En primer lugar, conviene indicar que se considera “residuo” a cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse (Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados). En este sentido, los restos orgánicos derivados del proceso productivo podrán considerarse un residuo o subproducto en función de su destino final.

Según la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, un **subproducto** es cualquier sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto. Es decir, para poder considerarse una sustancia u objeto como un subproducto, se tiene que tener la seguridad de que va a ser utilizado ulteriormente (sin que produzca impactos generales adversos a la salud humana o el medio ambiente), que se pueda utilizar directamente sin tener que someterse a ninguna transformación y que se produzca como parte integrante del proceso de producción (10).

El aprovechamiento de estos subproductos trae consigo una disminución del impacto ambiental y a su vez, la disminución del coste del tratamiento de residuos y el aumento de beneficio por la generación de una nueva fuente de ingresos por el valor de estos subproductos.

Los principales subproductos generados en la industria cervecera son las raicillas de malta, el bagazo y la levadura cervecera.

Las **raicillas de malta** son los brotes separados de la cebada germinada en condiciones controladas de temperatura y humedad en el proceso de malteado y se obtiene por cribado del grano germinado. Tienen forma de una masa blanda y voluminosa, formada por filamentos de color amarillo-pardo, de una longitud de 5-8 mm y un grosor de décimas de milímetro. El olor de la raicilla es similar al de la malta torrefactada y su sabor es ligeramente amargo. Por término medio se obtienen 5 kg de raicillas por cada 100 kg de cebada (11).

El **bagazo** es el producto resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cebada malteado, rico en proteína y fibra. El bagazo es el subproducto que se produce en mayor medida, representando el 85 % de todos los residuos producidos en la industria cervecera. Su producción es, en cierto modo, estacional, produciéndose más en verano. La reutilización del bagazo conlleva un proceso previo de prensado, que reduce su humedad del 80% del que sale de fábrica a un 60%, incrementando de esta forma su tiempo de conservación (12).

La **levadura cervecera** es una biomasa conformada por las células de *Saccharomyces cerevisiae*, procedentes de la filtración del mosto fermentado. Después de la fermentación, las levaduras son separadas por centrifugación y lavadas. Se pasan por filtros para disminuir el contenido de agua, hasta obtener un producto de 68 o 70 % de humedad, conocido como levadura prensada, la cual se envasa en bloques o en forma granulada en sobres de nylon. Esta levadura se almacena bajo refrigeración.

La levadura seca activa, es otra variante de la levadura panadera y se utiliza en caso de no existir refrigeración o por requerirse períodos prolongados de almacenamiento. Consiste en secar la levadura en secadores de lecho fluidizado de atomización o al vacío. Se obtiene una levadura con 8 % de humedad que conserva su actividad biológica. El producto se envasa en recipientes herméticos (13).

Otro subproducto que se genera es la cascarilla de la cebada. Recientemente se ha comenzado a aprovechar la cascarilla en el envasado de pescado congelado. Mediante un proceso químico es posible obtener un extracto natural con alta capacidad antioxidante y antimicrobiana. El extracto, aplicado a modo de barniz a la película de plástico en la que se envuelve el pescado congelado, se ha demostrado eficaz a la hora de retrasar el proceso de oxidación de especies como el salmón, el bacalao o la merluza (14)-

Objetivos

Estudio del proceso de fabricación de la cerveza industrial y de los subproductos generados, de sus propiedades nutricionales y de sus posibles usos.

Metodología

La metodología utilizada consiste en una revisión bibliográfica. Las referencias relevantes se identificaron mediante búsquedas en PubMed, MEDLINE y Science Direct para cualquier artículo que incluyera los términos “cerveza”, “bagazo”, “levadura de cerveza” y “raicillas de malta”. Para completar la búsqueda también se ha llevado a cabo una revisión de libros de texto.

Resultados y discusión

1. Usos actuales de los subproductos elaboración de cerveza

El **bagazo**, las **levaduras**, que ya no pueden ser reutilizadas, y **las raicillas de malta** se emplean habitualmente como pienso para la alimentación animal por su alto contenido proteico. De hecho, en 2017 más de 600.000 toneladas de bagazo producidas en la elaboración de la cerveza se destinan a alimentación animal.

Con respecto al **bagazo**, el gran volumen que se genera, su bajo coste, y sus componentes lo convierten en un recurso de alto potencial para su aprovechamiento. Es un componente heterogéneo, debido a numerosos factores como la variedad de cereal, el momento de la recolección, el tipo de lúpulo agregado y el régimen de malteado y macerado.

Como residuo vegetal, se utiliza en la producción de energía, a través de la elaboración de carbón, combustión directa o bien mediante la producción de biogás. Este último se produce por combustión anaerobia. La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo a través del cual, en ausencia de oxígeno, la materia orgánica es transformada en biogás (15). Esto provoca un ahorro importante en el consumo de gas natural. En 2017 se produjeron más de 10 millones de m³ de biogás, que equivalen al gas natural consumido por más de 15000 hogares españoles en un año (4).

Las **raicillas de malta o brotes de malta** son productos de la germinación de los granos de cereal en un medio de alta humedad (+60%) durante 7 días a 30°C. Posteriormente, se secan hasta un 4% de humedad por efecto de un flujo de aire caliente a más de 70°C durante unos minutos. Finalmente, se separan las “raicillas” del resto del grano o malta, por medio de unos rodillos especiales (16). El brote de malta tiene propiedades como medio de cultivo, como por ejemplo para bacterias ácido-lácticas. Estas bacterias tienen un papel importante en las industrias de alimentos y biotecnología, ya que son ampliamente utilizadas como iniciadores para la fabricación de alimentos y productos probióticos. La producción de iniciadores de ácido láctico a nivel industrial requiere medios de cultivo rentables que permitan una producción adecuada de biomasa bacteriana. El brote de malta cumple con

estos requisitos deseados y, por lo tanto, se ha utilizado en el pasado para cultivar especies de *Rhizobium* o más recientemente se ha agregado como fuente de nitrógeno en otros medios de cultivo.

En general, la **masa de levadura** obtenida durante el proceso de producción se sitúa en torno a 2Kg por cada 100 litros de cerveza elaborados. La levadura es introducida en embutidos como extensor cárnico y en menor medida en productos lácteos. En este tipo de aplicación además del sabor resultan de gran importancia otras propiedades tales como la solubilidad de la proteína, su capacidad de retención de agua, la viscosidad, la capacidad de emulsionar grasas ó la formación de espumas (13). A partir de levadura se producen saborizantes de agradable tono de sabor cárnico de amplio uso sobretodo en sopas en polvo y sazónadores para carnes líquidos o secos.

Otro subproducto que se genera es la **cascarilla de la cebada**. Recientemente se ha comenzado a aprovechar esta cascarilla en el envasado de pescado congelado. Mediante un proceso químico es posible obtener un extracto natural con alta capacidad antioxidante y antimicrobiana. El extracto, aplicado a modo de barniz a la película de plástico en la que se envuelve el pescado congelado, se ha demostrado eficaz a la hora de retrasar el proceso de oxidación de especies como el salmón, el bacalao o la merluza (13).

2. Investigación actual en el uso de subproductos de la elaboración de la cerveza

1. Aplicaciones de raicillas de malta

Las raicillas de malta o brotes de malta son productos de la germinación de los granos de cereal en un medio de alta humedad (+60%) durante 7 días a 30°C. Posteriormente, se secan hasta un 4% de humedad por efecto de un flujo de aire caliente a más de 70°C durante unos minutos. Finalmente, se separan las “raicillas” del resto del grano o malta, por medio de unos rodillos especiales (16).

Tiene un elevado contenido en fibra alimentaria. Uno de los polisacáridos mayoritarios de esta fibra es la celulosa que está compuesta de restos de β -glucopiranososa y es el componente principal de las paredes de las células vegetales, donde se encuentra asociada a las hemicelulosas, sustancias pépticas y lignina. Las hemicelulosas, componentes igualmente de la fibra, están constituidas por pentosas y hexosas distribuidas de forma ramificada y lineal conformando polímeros tipo polisacáridos denominados no-celulósicos. Ambas tienen gran capacidad para retener agua provocando (17):

- Mayor volumen de la masa fecal estimulando el peristaltismo colónico
- Mejora del tránsito intestinal: Aumentando la velocidad de paso (reduce el tiempo de tránsito intestinal)
- Aumento de la frecuencia de defecación (efecto laxante)
- Efecto trófico sobre el epitelio: buen funcionalismo del colon

En definitiva, previenen el estreñimiento, la diverticulosis y las hemorroides. Se pueden considerar un factor de protección en cáncer de colon: Dilución de carcinógenos, adsorción de carcinógenos y menor tiempo de contacto con carcinógenos.

La lignina es un compuesto polifenólico (polímero de fenilpropano), químicamente unido a hemicelulosas en la pared celular, que contribuye a dar rigidez y está presente fundamentalmente en las paredes secundarias. Un posible uso en la industria farmacéutica se podría abordar por su capacidad de unirse a sales biliares y a colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en intestino delgado (17).

Por otro lado, estudios recientes han demostrado la capacidad de la lignina para atrapar metales pesados, dispersantes de pesticidas (sirven para aumentar la homogeneidad de un producto, disminuyendo la velocidad de sedimentación de las partículas sólidas que forman parte del mismo) y producción de carbón activado. Adicionalmente, a partir de lignina es posible extraer ácido ferúlico y p-cumárico que presentan actividades antioxidantes en la prevención de cáncer de colon (19).

El valor nutricional del brote de malta también podría ir más allá de su eficacia como medio de cultivo debido a la presencia de inulina y FOS (oligofructosa) de diferentes grados de polimerización (18). La inulina se compone de una cadena de unidades de fructosa (2-60) con una unidad de glucosa terminal. Los FOS tienen la misma estructura que la inulina, pero las cadenas tienen diez o menos unidades de fructosa. Ambas no se digieren en el intestino delgado, pero si son fermentadas por la microbiota colónica, incrementando la masa bifidobacterias y la producción de ácidos grasos de cadena corta (19). Esta capacidad de estimular el crecimiento en el colon de bacterias específicas consideradas beneficiosas, y de estimular y hasta anular el crecimiento de bacterias patógenas, se conoce como efecto prebiótico.

2. Aplicaciones del bagazo

Este subproducto es básicamente un material lignocelulósico porque está conformado por cáscara de grano, pericarpio y fragmentos de endospermo. Su composición química en peso seco es predominantemente de carbohidratos de celulosa y hemicelulosa (17-25%) y no celulósicos (25-35%), proteína (10-30%), lignina (8-28%); y en menores cantidades por lípidos (<11%) y minerales (5%) (20).

Las hemicelulosas consisten principalmente en arabinoxilanos y están unidas a las fibrillas de celulosa. Ácidos fenólicos como por el ejemplo el ácido ferúlico funcionan como agente de entrecruzamiento entre la lignina y las hemicelulosas. Los compuestos fenólicos son de gran interés debido a su efecto potencial antioxidante y su acción preventiva en enfermedades crónicas (21).

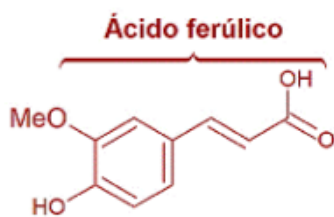


Imagen 2: Prebiotic effect of Arabinoxylans and Arabinoxylan-Oligosaccharides and the relationship with good health promotion

El ácido ferúlico, es uno de los ácidos fenólicos con mayor presencia en el bagazo y tiene funciones positivas, las cuales no solo incluyen propiedades antioxidantes en respuesta a los radicales libres, sino que también tiene propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antitrombóticas, anticancerígenas, protege ante enfermedades coronarias y reduce el colesterol. Debido a todas sus propiedades, actualmente es uno de los compuestos más investigados por sus aplicaciones en la industria farmacéutica (22).

El 25-35% de polisacáridos no celulósicos, están compuestos principalmente por arabinoxilanos. Están formados por una larga cadena principal de D-xilanopiranososa unida por enlaces β -(1-4) con una cantidad de unidades que varía entre 1500 y 5000. Destacan dentro de la fibra dietética por su efecto funcional, proporcionando efectos beneficiosos para la salud, como:

- Su efecto prebiótico: En este sentido, se ha mostrado que la proliferación de determinadas bacterias mediante la fermentación de hidratos de carbono no digeribles puede inhibir la colonización del intestino por patógenos. Los arabinoxilanos son fermentables por la microbiota intestinal. Esta sintetiza ácidos grasos de cadena corta que pueden actuar directa o indirectamente (mediante la modificación del pH) sobre las células intestinales y pueden participar en el control de varios procesos como la proliferación mucosal, la inflamación, la carcinogénesis colorrectal, la absorción de minerales y la eliminación de compuestos nitrogenados (23).
- Prevención del cáncer de colon: Los efectos prebióticos están muy relacionados con su acción protectora frente al cáncer de colon. Se ha visto que reducen la producción bacteriana de β glucuronidasa y de amonio en las heces, con lo cual disminuyen los compuestos tóxicos en el colon ejerciendo un papel protector frente a las neoplasias colónicas.
- Su capacidad antioxidante: relacionada con el contenido total de fenoles unidos covalentemente a su estructura, como el ácido ferúlico.
- Su función inmunitaria, ayudando a fortalecer el sistema inmunológico: aumentando la actividad de los glóbulos blancos y células Natural Killers (NK).
- Efecto sobre el metabolismo lipídico y metabolismo de la glucosa: son capaces de reducir los niveles plasmáticos de triglicéridos y de colesterol, además, una dieta enriquecida se relaciona con una menor actividad de la HMG-CoA reductasa hepática (24).

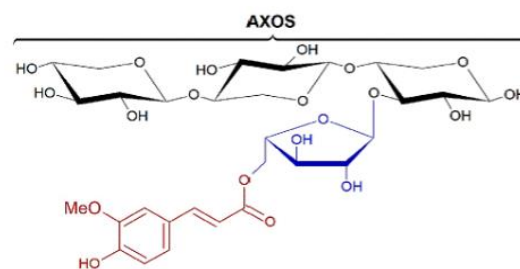


Imagen 3 : Prebiotic effect of Arabinoxylans and Arabinoxylan-Oligosaccharides and the relationship with good health promotion

También está en estudio la utilización del bagazo para prevenir la inflamación y la diarrea en pacientes con colitis ulcerosa, en gran medida al aumentar la producción de ácidos grasos de cadena corta luminal (gracias a arabinoxilanos) y debido a su alta capacidad de retención de agua (25).

Posee tres grupos de proteínas: hordeínas, glutelinas y globulinas. Tiene utilidad como alimento porque contiene el 30% de los aminoácidos esenciales, siendo la lisina la más abundante (14,3%) y en menor cantidad leucina (6,12%) y fenilalanina (4,64%).

La fracción lipídica está formada principalmente por triacilglicéridos, pero también se encuentran en menor cantidad fitoesteroles y ácidos grasos libres como ácido palmítico, ácido oléico, ácido linoléico y ácido esteárico. La degradación de los triacilglicéridos a ácidos grasos permite tener un espectro grande de aplicaciones como fármacos, aditivos alimentarios, cosméticos, jabones y detergentes biodegradables.

Un ejemplo de la reutilización del bagazo generado se está estudiando en un trabajo realizado por investigadores del Centro de Tecnología Biomédica (CTB) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y los Institutos de Ciencia de Materiales y de Catálisis y Petroquímica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en colaboración con las empresas Mahou y Createch, se han desarrollado materiales biocompatibles para utilizarse como soportes para la regeneración ósea a partir de este subproducto. En una primera aproximación mediante ensayos realizados sobre cultivos celulares, los investigadores determinaron la biocompatibilidad de los materiales analizando la viabilidad celular de osteoblastos cultivados en presencia de los componentes de los materiales en polvo. Posteriormente, tras compactar y sintetizar los materiales formando matrices sólidas en 3D, analizaron la capacidad de las células de tipo óseo para adherirse a ellos, proliferar y diferenciarse a células óseas maduras, capaces de expresar marcadores típicos de fenotipo óseo como fosfatasa alcalina y llevar a cabo la síntesis de colágeno y mineralización de la matriz extracelular. Los resultados obtenidos demuestran que los materiales desarrollados son biocompatibles y permiten que los osteoblastos que crecen sobre ellos proliferan y alcanzan los mismos grados de maduración que sobre la hidroxiapatita, material comúnmente utilizado en cirugía maxilofacial, cirugía craneofacial o implantes orbitarios.

3) Aplicaciones de la levadura

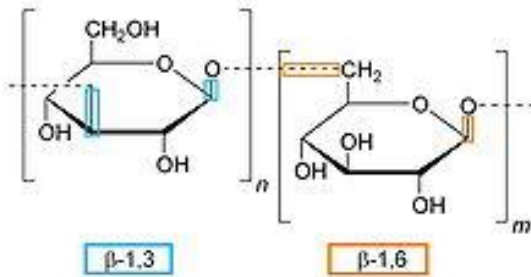
Las células de levadura tienen una composición química aproximada de 40% de proteínas, 15% de ácidos nucleicos, 25% de polisacáridos, 15% de lípidos y 5% de compuestos hidrosolubles como nucleótidos, aminoácidos, azúcares, factores de rendimiento y enzimas entre otras.

La levadura de cerveza es una fuente rica en varios nutrientes, incluyendo las vitaminas del complejo B tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantoténico, folato, vitamina B12 y biotina, y minerales tales como selenio y cromo (17).

De las paredes de las células de levadura se extraen unos polisacáridos denominados β -glucanos cuya presencia en la dieta proporciona beneficios en:

- Salud cardiovascular gracias a un descenso del colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (cLDL) y de la respuesta glucémica.

- Sistema inmunológico ya que tienen un potente efecto inmunomodulador y promueven una mayor estimulación del sistema inmunitario innato contra las infecciones. De todos los glucanos conocidos, el que muestra unos mayores efectos inmunomoduladores es la forma soluble del (1→3), (1→6)-β-D-glucano de *Saccharomyces cerevisiae* (26).



Algunos especialistas señalan que los beta-glucanos, pueden ayudar a resolver, entre otros, problemas de alergias, asma, alto colesterol, enfermedad de Crohn, diabetes, etc. (27).

Imagen 4: Reference showing different glycosidic bonds of a beta-glucan

Además de los β-glucanos, las paredes de las levaduras residuales contienen mananos. Estas cadenas de polisacárido están unidas a las proteínas de la pared celular formando un complejo con funciones inmunes:

- A través de la estimulación de neutrófilos y macrófagos.
- A través de la estimulación de células T.
- Mediante una competitiva exclusión de bacterias patógenas en el intestino.
- Mediante propiedades inflamatorias.

Los mananos tienen el mismo efecto prebiótico que los fructooligosacáridos y la inulina (28).

Con respecto a su aplicación en la industria alimentaria, su uso puede ser interesante debido al alto contenido en proteínas, enzimas, minerales como el zinc, cromo, selenio y vitaminas de los grupos B y D, especialmente atractivos en dietas vegetarianas o situaciones de carencia en alguno de esos nutrientes. El valor nutritivo de la proteína de levadura representa del 80 al 85 % el valor de la caseína, por lo que se recomienda como parte de la dieta humana.

Las levaduras contienen una importante cantidad de vitaminas hidrosolubles del complejo B, que incluye a las vitaminas B1, B2, B6, niacina y ácido fólico, biotina y pantotenato. Sus funciones son las de participar en reacciones enzimáticas como coenzimas (B1, B6, niacina, biotina, ácido fólico y pantotenato), en la síntesis de ácidos nucleicos (biotina y ácido fólico) y como activadores de funciones de la respiración celular (B2 y niacina).

Respecto a los minerales, destaca la presencia de cromo que es un micronutriente esencial y cuyo papel fisiológico es incrementar la acción de la insulina o la sensibilidad en tejidos periféricos (29). Las levaduras también presentan magnesio (30) y se ha sugerido su uso para suplementar dietas deficientes en este mineral.

Conclusiones

La utilización eficiente de los subproductos generados en el proceso de elaboración de la cerveza tiene un impacto directo con la economía y en la contaminación ambiental. La utilización de los mismos puede dar lugar a una ganancia económica y además al ahorro de los costes de eliminación de los mismos, siendo este hecho objeto del desarrollo de procesos encaminados hacia una producción cervecera sostenible y generación de productos de alto valor añadido.

Actualmente el destino principal de estos subproductos es la alimentación animal. Sin embargo, el bagazo es una materia prima de interés para la aplicación en diferentes áreas debido a su bajo coste, gran producción durante todo el año y a su composición química: Ácido ferúlico con capacidad antioxidante y arabinosilanos con actividad prebiótica. Las raicillas de malta poseen elevadas cantidades de hemicelulosas pudiendo utilizarse en la prevención del estreñimiento, la diverticulosis y las hemorroides. Poseen una gran cantidad de lignina con capacidad de disminuir la absorción de colesterol. También contienen inulina y FOS dándole a este subproducto elevadas aplicaciones por su capacidad prebiótica. El residuo de levadura de cerveza es una valiosa fuente de fibra alimentaria y carbohidratos, principalmente β -glucanos, que disminuyen el colesterol LDL, la respuesta a la glucemia y el sistema inmunológico; mananos que también pueden estimular el sistema inmunológico tienen capacidad prebiótica. Además la levadura residual posee grandes proporciones de vitaminas hidrosolubles del complejo B, que incluye a las vitaminas B1, B2, B6, niacina y ácido fólico, biotina y pantotenato.

Bibliografía

1. Historia de la cerveza – Cerveza y Salud – Centro de Información CICS [Internet]. Disponible en: <http://www.cervezaysalud.es/conociendo-a-la-cerveza/historia-cerveza/>
2. Los orígenes y la implantación de la industria cervecera en España, siglo XVI – 1913 [Internet]. [citado 11 de marzo de 2019]. Disponible en: http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/50506/1/xgb_tesis.pdf
3. La cerveza, una historia milenaria [Internet]. www.nationalgeographic.com.es. 2014 [citado 11 de marzo de 2019]. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/la-cerveza-una-historia-milenaria_8637
4. Informe Cerveceros 2017.pdf [Internet]. [citado 11 de marzo de 2019]. Disponible en: https://cerveceros.org/uploads/5b30d4612433a__Informe_Cerveceros_2017.pdf
5. Simonazzi A. Cerveza. 2009 [citado 15 de marzo de 2019]; Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=3183069>
6. El proceso de fabricación de la cerveza [Internet]. Los Cervecitas. [citado 4 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.loscervecistas.es/el-proceso-de-fabricacion-de-la-cerveza/>
7. Muñoz AM. Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial.
8. La industria cervecera-.pdf [Internet]. [citado 27 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.prtr-es.es/Data/images/La%20industria%20cervecera-74F8271308C1B002.pdf>
9. España y Ministerio de Medio Ambiente - 2005 - Guía de mejores técnicas disponibles en España del.pdf [Internet]. [citado 5 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.prtr-es.es/data/images/Gu%C3%ADa%20MTD%20en%20Espa%C3%B1a%20Sector%20Cerveceros-A2401D26BE1CD61C.pdf>
10. Subproducto o Residuo según la Ley 22/2011 de 28 de Julio [Internet]. Gestión de residuos, tratamiento de suelos y aguas - Emgrisa. [citado 5 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.emgrisa.es/publicaciones/subproducto-o-residuo/>
11. Raicillas de malta (19% PB) | FEDNA [Internet]. [citado 4 de abril de 2019]. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/raicillas-de-malta-19-pb
12. Canarias C de. La búsqueda de nuevos usos del bagazo cervecero | [Internet]. [citado 5 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://cerveceradecanarias.com/la-busqueda-de-nuevos-usos-del-bagazo-cerveceros/>

13. Las Levaduras y sus productos derivados.pdf [Internet]. [citado 27 de marzo de 2019]. Disponible en: http://karin.fq.uh.cu/acc/2016/ciencias_tecnicas/032/New/Documentaci%C3%B3n/Parte%20I/Referencias/Libros%20y%20monograf%C3%ADas/Las%20Levaduras%20y%20sus%20productos%20derivados.pdf
14. Vigo F de. De la industria cervecera a la pesca congelada [Internet]. [citado 5 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.farodevigo.es/economia/2008/12/10/industria-cervecera-pesca-congelada/280252.html>
15. Venandy CAR. Producción de biogás a partir de bagazo cervecero. 2012;40.
16. Efectos del pellet o raicilla de cebada (*Hordeum vulgare*) sobre la producción de carne. [Internet]. [citado 4 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.veterinariargentina.com/revista/2014/10/efectos-del-pellet-o-raicilla-de-cebada-hordeum-vulgare-sobre-la-produccion-de-carne/>
17. Carvajal, A. Fibra dietética: Componentes no digeribles, no glucémicos, de los alimentos vegetales [citado 8 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-8-fibra.pdf>
18. Cejas L, Romano N, Moretti A, Mobili P, Golowczyc M, Gómez-Zavaglia A. Malt sprout, an underused beer by-product with promising potential for the growth and dehydration of lactobacilli strains. *J Food Sci Technol*. diciembre de 2017;54(13):4464-72.
19. Chamorro RAM, Mamani EC. Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Rev Investig En Cienc Tecnol Aliment* [Internet]. 2010 [citado 9 de junio de 2019];1(1). Disponible en: https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/813
20. A. Robertson J, I'Anson K, Treimo J, Faulds C, F. Brocklehurst T, Eijsink V, et al. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. Vol. 43. 2010. 890 p.
21. Naczki M, Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J Chromatogr A*. 29 de octubre de 2004;1054(1-2):95-111.
22. Extracción de ácido ferúlico a partir de subproductos de la industria cervecera: bagazo de cerveza [Internet]. [citado 9 de junio de 2019]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75651>
23. Planta de obtención de arabinoxilanos a partir de bagazo de cerveza para la formulación de alimentos funcionales [Internet]. [citado 21 de junio de 2019]. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/30928>
24. Arabinoxilanos y su importancia en la salud. - Free Online Library [Internet]. [citado 21 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.thefreelibrary.com/Arabinoxilanos+y+su+importancia+en+la+salud.-a0498675294>

25. Kanauchi O, Mitsuyama K, Araki Y. Development of a Functional Germinated Barley Foodstuff from Brewer's Spent Grain for the Treatment of Ulcerative Colitis. *J Am Soc Brew Chem.* 1 de abril de 2001;59(2):59-62.
26. Argumentos a favor de la incorporación de los β -D-glucanos a la alimentación - ScienceDirect [Internet]. [citado 21 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575092207714560>
27. Pizarro C S, Ronco M AM, Gotteland R M. β -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? *Rev Chil Nutr.* diciembre de 2014;41(4):439-46.
28. Actividad probiótica de la fracción soluble de hidrolizado enzimático. [Internet]. [citado 21 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/1930/193018080009/>
29. Alvarado-Gómez A, Blanco-Sáenz R, Mora-Morales E. El cromo como elemento esencial en los humanos. *Rev Costarric Cienc Médicas.* junio de 2002;23(1-2):55-68.
30. Izah SC. Editorial Potentials of Yeast Biomass Production from Food Processing Wastes Effluents. 2017.