

*Aprovechamiento de los residuos sólidos obtenidos de la
producción de cerveza: bagazo de cebada*

Sebastian Camilo Marulanda Lopez

Directora:

PhD. Paola Alzate Calderon

Directora:

PhD. Omaira Vera Lizcano

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Microbiología
Cali, Colombia
2022**



*Aprovechamiento de los residuos sólidos obtenidos de la
producción de cerveza: bagazo de cebada*

Sebastian Camilo Marulanda Lopez

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Microbiólogo.**

**Directora:
PhD. Paola Alzate Calderon**

**Directora:
PhD. Omaira Vera Lizcano**

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas,
Programa de Microbiología
Cali, Colombia
2022**



IMPACTOS

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Harina de bagazo.	Emprendimientos, franquicias.
Responsabilidad social	Sobre el uso de subproductos de la industria.	Sociedad.
Científico	Subproducto para la elaboración de panificados.	Sociedad.
Indicadores de Gestión	Producto de consumo alimenticio.	Sociedad.
Ambiental	Disminución de la contaminación ambiental.	Medio ambiente.
Social	Concientización sobre alimentación.	Personas con enfermedades de origen metabólico.
Cultural	Producto con originalidad.	Sociedad.

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS OBTENIDOS DE LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA: BAGAZO DE CEBADA

Sebastian Camilo Marulanda Lopez¹

¹ Estudiante de Microbiología, Universidad Santiago de Cali, sebastian.marulanda00@usc.edu.co
Grupo de Investigación en QUIBIO. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali.
Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

La industria cervecera genera gran cantidad de residuos contaminantes, teniendo en cuenta el alto gasto energético, consumo de agua y las emisiones atmosféricas; lo anterior conlleva a generar un gran impacto ambiental. En el presente trabajo, con la utilización del residuo de bagazo de la cebada, se buscó disminuir este impacto. Inicialmente se realizó un proceso de recolección de la cebada (desecho de la planta cervecera de la USC), para evaluar el valor nutricional del bagazo seco por medio del análisis de tabla nutricional, con el fin de aprovechar los residuos y determinar si podrían ser usados en la alimentación humana. Para lograr lo anterior, inicialmente se ejecutó un proceso de secado en un horno con convección, evaluando diferentes temperaturas y posteriormente se molió. A partir de este trabajo se obtuvo una harina funcional con muy buenas propiedades nutricionales apta para el consumo humano y se diseñaron dos posibles productos derivados de la harina. Gracias a los resultados obtenidos se concluye que es posible obtener un producto con potencial uso en el ámbito de la nutrición humana y además se deja un precedente para ayudar a la economía circular de los desechos generados en la planta cervecera de la USC. Este trabajo también es un aporte positivo en la disminución del impacto ambiental que hoy en día es un problema global en muchas industrias como la cervecera.

Palabras clave: bagazo de cebada, alimento funcional, tabla nutricional, harina, economía circular.

USE OF SOLID WASTE OBTAINED FROM BEER PRODUCTION: BARLEY BAGASSE

ABSTRACT

The brewing industry generates a large amount of polluting waste, taking into account the high energy consumption, water consumption and atmospheric emissions; this leads to a great environmental impact. In the present work, the utilization of barley bagasse residue was used to reduce this impact. Initially, the barley (waste from the USC brewery) was collected, dried and finally the nutritional value of the dried bagasse was evaluated by means of a nutritional table analysis, in order to take advantage of the waste and determine whether it could be used in human food. To achieve the above, initially a drying process was carried out in a convection oven, evaluating different temperatures and then it was milled. From this work, a functional flour with very good nutritional properties suitable for human consumption was obtained and two possible products derived from the flour were designed. Thanks to the results obtained, it is concluded that it is possible to obtain a product with potential use in the field of human nutrition and also leaves a precedent to help the circular economy of the waste generated in the USC brewery plant. This

work is also a positive contribution to the reduction of the environmental impact that today is a global problem in many industries such as brewing.

Key words: barley bagasse, functional food, nutritional table, flour, circular economy.

INTRODUCCIÓN

La cerveza es aquella bebida que se obtiene de un proceso fermentativo controlado, a partir de levadura cervecera, de un mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción y adicionado de lúpulo (INACAL, 2016).

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas en todo el mundo, con una producción mundial anual de 39 millones de toneladas (Lynch, et al., 2016). Esta industria usa como materia prima principal la cebada malteada, la cual es sometida a unos procesos de cocción y maceración de los que se obtiene el mosto cervecero, licor que es llevado hasta la etapa de fermentación para producir la cerveza. En este protocolo se obtienen grandes cantidades de un residuo insoluble, usualmente conocido como bagazo cervecero (Lynch, et al., 2016).

Actualmente, el uso común dado por la industria para este subproducto es en la alimentación animal. Este subproducto contiene una muy buena fuente de fibra, específicamente la insoluble (Buffington, 2014), es también un material de alto valor que contiene hemicelulosa, lignina y alto contenido de proteínas, siendo su contenido medio entre 24-26% en la materia seca (J. Aravind Kumar, 2022), también contiene carbohidratos, como monosacáridos de xilosa, glucosa y arabinosa, minerales y aminoácidos (Mussatto, 2009). Algunos estudios reportan que ha sido utilizado en la industria alimenticia en humanos, para la elaboración de panes, galletas, tortas y pasabocas, entre otros (Lynch, et al., 2016; Mussatto, 2014). El pan presenta especial interés, ya que es un alimento muy consumido en todo el mundo y tiene el potencial para convertirse en un producto alimenticio funcional por su importante rol en la dieta diaria humana (Szydłowska-Czerniak, 2022).

Los posibles beneficios que otorga la fibra dietaria en la salud, han sido altamente estudiados y documentados, estos están vinculados a la prevención del estreñimiento, la reducción en el riesgo de cáncer colorrectal y un descenso en las enfermedades cardiovasculares (Zhu, et al., 2015).

Dado que el bagazo es rico en proteínas y azúcares, la ruta más simple para el aprovechamiento de este subproducto industrial ha sido aplicada a la alimentación de animales, pero, sin lugar a duda el bagazo es un producto de interés con un amplio espectro de aplicaciones debido a su bajo costo, su amplia disponibilidad y su valiosa composición química (Mussatto, 2014).

La utilización de este subproducto puede ayudar a disminuir la pérdida de ingresos potenciales, también a evitar costos adicionales relacionados con los gastos que derivan la eliminación de este residuo cervecero. Además, es importante destacar la oportunidad de su transformación, en un producto funcional con valor nutricional para la industria alimentaria. La valorización de los

residuos es una oportunidad de competir y generar nuevas posibilidades de negocios frente a la creciente demanda de alimentos funcionales (Dos santos, 2014).

Los alimentos funcionales son aquellos que otorgan efectos positivos para la salud más allá de la función básica nutricional que poseen, suelen ser resultado de la adición, sustitución o eliminación de ciertos componentes en los alimentos, con el objetivo de reducir el riesgo de padecer distintas enfermedades. Por esto el gran interés en la búsqueda de posibles fuentes como alternativas en el desarrollo de alimentos que manifiesten estas condiciones (Roberfroid, 2000).

Un ejemplo de alimento funcional son los probióticos, los cuales muestran efectos positivos para la salud, ya que ayudan a mantener un buen equilibrio aumentando la resistencia del tracto gastrointestinal, combatiendo y/o evitando la aparición de microorganismos patógenos. Además, estos alimentos tienen efecto en el desarrollo de la primera infancia, regulación de procesos metabólicos, regulación cognitiva-mental y, previenen enfermedades cardiovasculares. Los alimentos funcionales en América Latina son relativamente recientes, algunos productos populares son: leches adicionadas con fitoesteroles y ácidos grasos de origen vegetal, alimentos con oligofruetosacáridos, productos que contienen proteína de soya o isoflavonas (Fuentes-Berrio, 2015). El uso de el bagazo de cebada en la alimentación funcional es poco conocido, algunos estudios demuestran que es altamente usado para la elaboración de panes ricos en fibra (Arcia Cabrera, 2018).

En la Universidad Técnica del Norte en Ecuador se estudió a nivel de tesis de grado, el bagazo de cebada para producir barras de cereal adicionando otros componentes con el fin de darle mejor sabor y un valor nutricional; en este proceso se relazaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos, el producto final presentó excelentes niveles de fibra cruda, concluyendo que existe gran potencial nutricional para la alimentación humana en el bagazo de malta de cebada (Jurado S, 2018).

Otra alternativa actual para el aprovechamiento de este bagazo la desarrollo una empresa colombiana de cerveza artesanal Magma.col, la cual produjo suelas de zapatos a partir de los desechos de la producción de cerveza, la colección de zapatos se llama “Pola y Moda”, esta idea surgió al ver la cantidad de desechos mensuales que se generaban lo que llevo a sus creadores a desarrollar esta innovadora idea (Style América, 2022).

El objetivo principal de este trabajo fue obtener una harina funcional basada en el bagazo de cebada, residuo obtenido a partir de la cerveza y, realizar una evaluación de esta mediante análisis nutricional con el fin de definir si es apta o no para la alimentación humana. Se espera que este producto pueda ayudar a mejorar la calidad de vida y la salud de las personas y, paralelamente aportar en el desarrollo de la economía circular disminuyendo el impacto ambiental causado por los desechos generados en la producción de cerveza.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Aprovechar el residuo de bagazo de cebada obtenido de la producción de cerveza, con el fin de producir una harina funcional y en paralelo ayudar al desarrollo de la economía circular reduciendo el impacto ambiental.

Objetivos específicos

- Estandarizar las condiciones del procesamiento del bagazo para convertirlo en harina, con el fin de poder usarlo en la alimentación humana.
- Evaluar el contenido nutricional de la harina obtenida a partir del bagazo de cebada.
- Realizar una revisión de los resultados del análisis nutricional de la harina y recomendar posibles usos para la elaboración de algunos productos alimenticios.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología propuesta para el tratamiento del bagazo de cebada se muestra en la **Figura 1**.

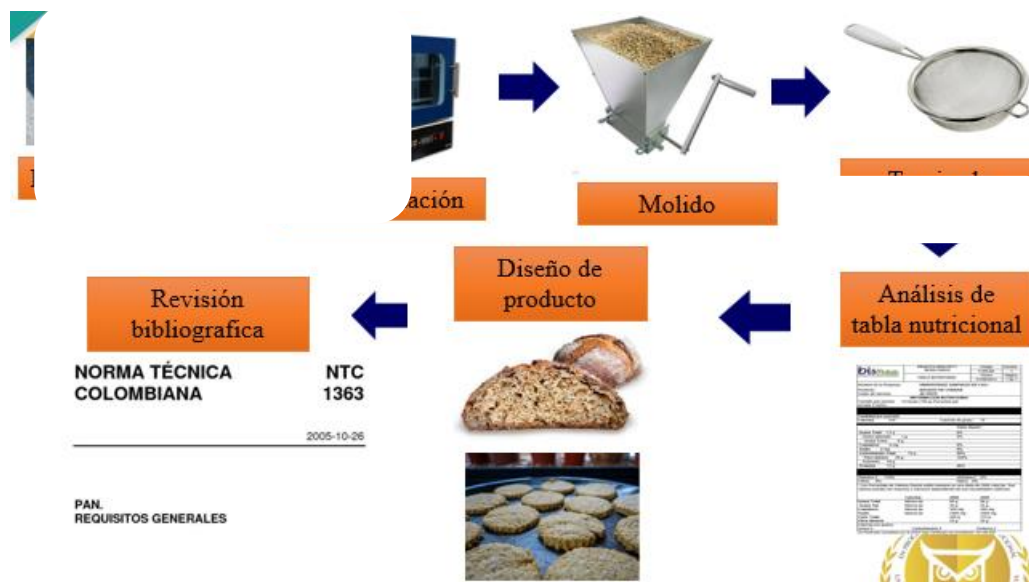


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología utilizada para el tratamiento del bagazo de cebada.

Los análisis llevados a cabo en este trabajo (**Figura 1**) se detallan a continuación:

2.1. Obtención de la materia prima

En este estudio se utilizaron desechos agroindustriales obtenidos de la producción de cerveza rubia a base de malta Pilsner, esta es una de las más ligeramente tostadas, y es comúnmente usada en las cervezas tipo belga y alemanas. Los desechos fueron suministrados por la planta de cerveza de la Universidad Santiago de Cali (USC).

2.2. Proceso de deshidratación y adecuación de los residuos

Todos los residuos fueron recolectados después de la producción de la cerveza, este residuo se encontraba húmedo, por esto se sometió a un proceso de secado usando un horno industrial pequeño con convección de aire. Debido a que este horno no era automatizado, se decidió evaluar el secado a distintas temperaturas y a diferentes intervalos de tiempo, los cuales variaron entre 70-95 °C y con intervalos de tiempo entre 6-8 h; según los resultados obtenidos y evaluando de

forma visual y física el bagazo seco resultante, se decidió que los parámetros de secado a 90° C durante 6 horas fueron los más aptos. Seguidamente se sometió a presión manual, se convirtió en serrín de bagazo de cebada, según el protocolo descrito por García, 2003. Luego, se realizó un tratamiento de molido, con la ayuda de un molino de dientes para cebada.

2.3. Tamizado

Una vez obtenido el residuo deshidratado y molido, se llevó a tamizar usando un colador casero para separar la fibra, esta última, es conocida por ser un residuo de mayor tamaño respecto del residuo inicial utilizado. Este proceso se realizó con el fin de obtener una mejor consistencia para el producto final. El proceso fue exitoso, ya que se obtuvo un menor tamaño de partícula, lo que le confirió a la harina una mejor consistencia en términos visuales.

2.4. Análisis de tabla nutricional.

Para obtener el análisis de la tabla nutricional, se enviaron 1000 g de muestra de harina seca a tres distintos laboratorios. Los laboratorios fueron: BioPolab, Laboratorios Ángel y Nulab. A partir de este análisis se obtuvieron datos de calorías, grasa total, colesterol, sodio, carbohidratos totales (fibra dietaria, azúcares), proteínas, vitaminas y minerales.

2.5. Diseño de producto

De acuerdo con los valores obtenidos a partir de las tablas nutricionales (**ítem 2.4**) y basándose en la normatividad colombiana (Resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social) se evaluó si los valores eran aptos nutricionalmente. Corroborando lo anterior, fue posible participar en un programa de emprendimiento en la Universidad Santiago de Cali “Bootmcap”, en el cual se trabajó activamente en el diseño de dos productos alimenticios: uno tipo snack saludable y otro para condimentar y agregar a las comidas, en este programa también se llevó a cabo un estudio de los clientes potenciales y el nicho de mercado para esta harina funcional.

2.6. Estado final del producto

Nuevamente, tomando como guía los resultados obtenidos en las tablas nutricionales, se determinaron posibles utilidades de la harina para consumo humano. En este apartado, se formuló una galleta basada en el bagazo seco y adicionada con cacao puro y se realizó un estudio sensorial informal a un grupo pequeño de personas de la USC mediante una pequeña encuesta. Con los resultados de dicho análisis se indicaron algunas recomendaciones para mejorar el producto obtenido. Este punto da paso a futuras investigaciones relacionadas con el uso de este residuo cervecero y su aprovechamiento en la dieta humana para la formulación de diversos productos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Teniendo claro el objetivo principal de este trabajo, el cual era aprovechar el residuo de bagazo de cebada obtenido de la cerveza; una vez recibido dicho desecho a partir de la producción de cerveza rubia de la planta de la USC se inició con el proceso de secado (**Figura 2**). Para iniciar esta etapa, tres (3) lotes de bagazo cuyo peso se determinó cuando se obtuvo el residuo seco, fueron evaluados en un rango de temperaturas entre 70-95 °C con intervalos de 5°C. En total se evaluaron quince (15) lotes de bagazo. Nueve (9) lotes fueron secados a temperaturas entre 75-85 °C durante 8 h, pero debido al gran volumen de bagazo, fue necesario elegir condiciones para

optimizar el proceso con el fin de poder secar por lo menos tres (3) lotes en un día de trabajo. Seis (6) lotes fueron secados a temperaturas entre 90-95°C durante 6 h. Luego de estandarizar el proceso de secado, se registró la cantidad de materia seca molida: se obtuvieron entre 900g-1000g. Sin determinar cuantitativamente el porcentaje de humedad del bagazo obtenido post-secado, se decidió solicitar los análisis de tabla nutricional al bagazo procesado a 90°C durante 6 h ya que las temperaturas elevadas generan mayores emisiones de material orgánico volátil (H. Li, 2012) y aunque la finalidad era obtener una harina lo más seca posible era mucho más importante la vida útil del producto.

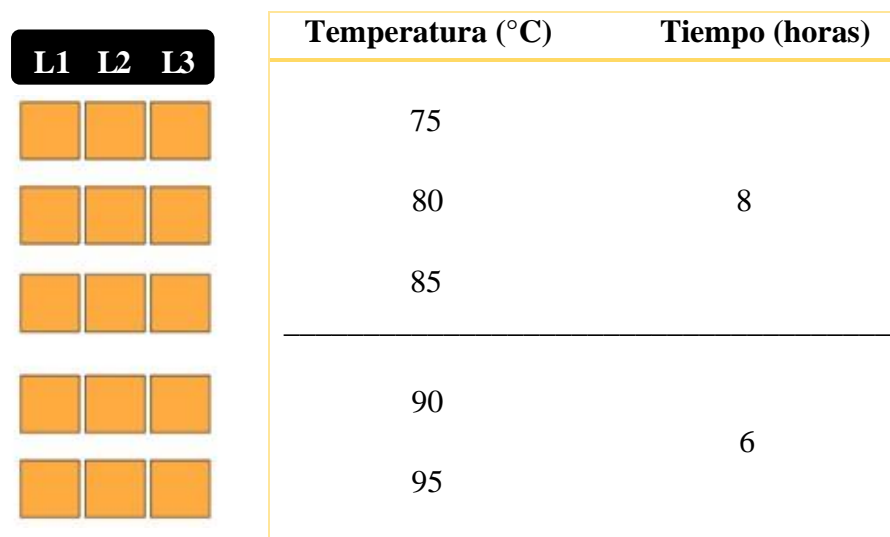


Figura 2. Proceso de secado de los lotes de cerveza teniendo en cuenta los parámetros de tiempo y temperatura.

En la **Figura 2** se detallan las condiciones iniciales elegidas para estandarizar los parámetros de temperatura (°C) y tiempo (horas) para el proceso de secado. En total se evaluaron 15 muestras distribuidas en 3 lotes (L1, L2 y L3).

Como es de esperarse, a mayor temperatura de secado, mayor velocidad del proceso, independiente de la técnica de secado utilizada. Siempre se pretendió buscar que el material seco presentara condiciones adecuadas para continuar con la etapa de molienda, pero, sin perder propiedades como el contenido de proteínas, el cual es fundamental en este tipo de residuo para poder ser considerado apto en la elaboración de la harina de cebada (Yoichi, 2013).

Antes de conocer el valor nutricional de esta harina, a modo de prueba o testeo se elaboro una galleta de chocolate utilizando la harina como materia prima, según una encuesta desarrollada en la USC presente en anexos, esta encuesta se le realizó a un pequeño grupo de personas que tuvo la oportunidad de probarla, esta les pareció de sabor y olor agradable, pero de textura fibrosa, lo

que llevo a incluir el tamizado en la metodología; gracias a esto se mejoró la textura y consistencia de la harina para futuras preparaciones.

Los resultados de las tablas nutricionales del bagazo de cebada se encuentran compiladas en la **Tabla 1**, debido a que se hicieron tres análisis en tres laboratorios diferentes. Se aclara que no todos proporcionan los mismos parámetros, pero si se muestran los más importantes de acuerdo con la normatividad colombiana. Tomando en cuenta lo anterior, a partir de la **Tabla 1**, se puede observar que el contenido de humedad del bagazo osciló entre 8% y 11%, según la Norma Técnica Colombiana 267 de 2017 para harinas de trigo el contenido máximo de humedad en la harina debe ser de 14.5 %. Es importante resaltar que el bajo contenido de humedad demuestra la efectividad del proceso de secado, responsable de la evaporación de gran parte de agua presente en la cebada.

El contenido de cenizas determinado estuvo entre 1.65% y 2.90%, valor similar al reportado por (Mathias, 2015) quienes obtuvieron un contenido de cenizas de 3.85% en bagazo de malta. Las cenizas representan principalmente el contenido mineral de una muestra. Por lo anterior, en esta instancia, se puede inferir que la muestra de bagazo de cebada analizada posee un contenido relevante de minerales. Se sabe que los minerales y vitaminas, juegan un papel fundamental en el organismo humano, pues realizan funciones biológicas de vital importancia para mantener una buena salud y mejorar la calidad de vida de los seres humanos en las distintas etapas de su existencia.

El bagazo mostró un alto contenido de proteínas aproximadamente 17% teniendo en cuenta los tres análisis; mucho mayor al valor hallado por (Castillo et al., 2012) de 13.16% estos estudiaron diferentes tipos de malta y sugirieron que en la producción de la cerveza la composición química de la proteína del grano de cebada se ve afectada. Basándonos en la norma 810 de 2021 la harina se puede catalogar como “excelente fuente de proteína”. Según (Mathias, 2015), el contenido de proteína presente en el bagazo de cebada está influenciado por diversos factores, como el tipo de cereal utilizado y la composición del adyuvante agregado en el proceso.

Tabla 1. Comparación del contenido nutricional de bagazo de malta obtenido por los tres laboratorios cotizados.

Tabla comparativa			
Parámetros	Biopolab	Nulab	Ángel S. A
Humedad (%p/p)	8,0%	10%	11,0%
Cenizas (%p/p)	1,6%	2,9%	2,3%
Proteína (g/g)	13	20	19
Carbohidratos (g/g)	76	63	63
Calorías (kcal/g)	368	300	308
Grasa total (g/g)	1.7	4.6	3.5
Colesterol (mg/g)	<2	<1.67	No aplica
Fibra dietaria (g/g)	26	35.0	29.5
Azucares (g/g)	24	6.5	7.0
Sodio (mg/g)	2.2	8.1	9.1

Hierro (mg/g)	0.07	13	4.2
Calcio (mg/g)	3.8	118	128
Zinc (mg/g)	No aplica	No aplica	3.68
Vitamina A (UI/g)	5450	15	39
Vitamina C (mg/g)	4.3	<0.40	No aplica
Vitamina D(mg/g)	No aplica	No aplica	999
Omega 3 (g/g)	No aplica	0.21 g	0 g
Omega 6 (g/g)	No aplica	2.3 g	2.1 g
Omega 9 (g/g)	No aplica	0.57 g	0.41 g

**Autoría Propia*

*Las unidades mostradas aquí fueron unificadas para una mejor comparación. Las unidades originales son detalladas en las tablas que se encuentran en el ANEXO.

En la **Tabla 1** se detallan los valores declarados de las propiedades nutricionales de la harina de bagazo, entendiéndose dichas propiedades como cualquier representación que afirme, sugiera o implique que un producto posee propiedades nutricionales particulares, incluyendo, pero no limitándose a su valor energético y contenido de proteínas, grasas, carbohidratos y fibra dietaria, así como, su contenido de vitaminas y minerales (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019). Es importante aclarar que las unidades de cada propiedad nutricional son diferentes en cada laboratorio, por lo tanto, se decidió modificarlas en esta Tabla para una mejor comparación.

Se observa, que el contenido de carbohidratos determinado en promedio fue de 67 g tomando en cuenta las tres tablas, un contenido muy elevado, sin embargo, no existe un parámetro comparable con la normatividad colombiana, pero, si se comparara con el valor diario requerido para la ingesta en adultos, se observa que la harina aquí obtenida tiene más de 200 veces el contenido de carbohidratos indicado en dicha normatividad (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019).

Respecto a la composición de la harina, se sabe por estudios realizados previamente, que el bagazo de cebada contiene una gran cantidad de hemicelulosa, esta última consiste en una mezcla de polisacáridos, principalmente arabinosilanos que están unidos a las fibrillas de celulosa. Además de ácidos fenólicos como por el ejemplo el ácido ferúlico, el cual se caracteriza por ser 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 (Naczk, Shahidi, 2004). El ácido ferúlico, es uno de los ácidos fenólicos con presencia más alta en el bagazo y tiene cualidades positivas, entre las cuales se encuentran propiedades antioxidantes en respuesta a los radicales libres, también posee propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antitrombóticas, anticancerígenas, protege ante enfermedades coronarias y reduce el colesterol (Urias-Orona, 2016).

Respecto al contenido de calorías, se observó que el rango de valores para las tres tablas estuvo entre 300Kcal y 370Kcal, es decir, que cada 100 gramos de esta harina contienen casi las mismas calorías que la harina de trigo, la cual tiene alrededor de 340 Kcal por cada 100 gramos (Gonzales G, 2016). Se puede decir que el aporte calórico de esta harina es muy alto ya que la Organización

Mundial de la Salud (OMS) establece que el número de calorías diarias que necesita una persona está entre 1600 y 2000 calorías al día para las mujeres y para los hombres entre 2000 y 2500.

Al realizar un promedio de los valores de grasa total obtenidos a partir de las tres tablas nutricionales (**Tabla 1**), se puede deducir que 100 gramos de harina de cebada contienen 3.25 gramos de grasa total, de los cuales; 0.4 g corresponden a ácidos grasos saturados. Según la resolución 810 de 2021 (Ministerio de Salud y Protección Social) esta harina se puede catalogar como “baja en grasa”. Un adulto promedio necesita 65 gramos de grasa total al día, esta cantidad equivale al 30% de las calorías consumidas por el ser humano (Oleas Galeas, 2017).

Por otro lado, el contenido de colesterol en el bagazo de cebada fue de 0.1%; según la resolución 810 de 2021 este resultado indica que la harina se puede catalogar como “libre de colesterol” (Ministerio de Salud y Protección Social). La AHA (Asociación Americana del Corazón) recomienda una ingesta baja diaria de colesterol, entre 200-300 mg especialmente para personas con alto riesgo de enfermedad del corazón. Se destaca aquí que la hemicelulosa presente en la harina es capaz de reducir los niveles plasmáticos de triglicéridos y de colesterol evitando así enfermedades coronarias. A pesar de su importancia biológica, es evidente que elevadas concentraciones de colesterol ocasionan alteraciones profundas, tales como, la hipercolesterolemia (Maldonado, 2012).

La fibra dietaria encontrada en la harina de bagazo se observó en un rango entre 26 a 35 g por 100 g de harina, por lo anterior, se puede catalogar esta harina como “excelente fuente de fibra dietaria” siguiendo las recomendaciones dadas en la resolución 810 de 2021 (Ministerio de Salud y Protección Social). La fibra dietaria tiene muchos beneficios en el ser humano, entre los cuales se conocen: normalizar las deposiciones, ayudar a mantener la salud intestinal, reducir los niveles de colesterol y además ayudar a controlar el nivel de azúcar en sangre. Los estudios sugieren que el aumento de la ingesta de fibra dietética, especialmente de fibra de cereales, está asociado con un menor riesgo de morir a causa de enfermedades cardiovasculares y de todos los tipos de cáncer (Veronese N, et al, 2018).

El contenido de azúcares promedio en la harina de cebada, a partir de las tres tablas nutricionales, fue de 12.6 g en 100 g de harina. Los azúcares presentes en la harina más comúnmente son la sacarosa, maltosa y glucosa. En la **Tabla 1** se puede observar que el contenido de azúcar fue bajo para los dos últimos de los análisis (6.53 g y 7.03 g respectivamente) a diferencia del primer análisis en el cual se encontró un contenido de 24 g, este resultado elevado pudo deberse a un lavado no tan minucioso del bagazo, ya que los tres análisis fueron realizados a partir del mismo tipo de cerveza. De acuerdo con lo reportado en la literatura el contenido de azúcar en esta harina se esperaba tuviera un valor más bajo ya que lo que se buscaba era obtener una harina con poco contenido de azúcar y que se pudiera catalogar como “libre de azúcar” o “bajo en azúcar” (Plaza-Díaz et al, 2013).

Respecto a minerales como el sodio, este fue encontrado en cantidades que oscilaron entre 2.22 mg y 9.10mg (**Tabla 1**), de acuerdo a la resolución 810 de 2021, se catalogaría a la harina como un producto “muy bajo en sal”. Para un adulto promedio se recomienda una ingesta diaria de 2400 mg de sodio (FDA, 2022). En este trabajo se encontró que 100 gramos de harina de cebada tienen

en promedio 6.5 mg de sal, lo que equivale al 0.27% del total diario recomendado. Este resultado es adecuado ya que la Organización mundial de la salud indica que un consumo bajo en sal en la dieta contribuye a disminuir la tensión arterial y el riesgo de enfermedad cardiovascular, accidente cerebrovascular e infarto de miocardio (OMS, 2012).

Respecto a otro mineral como lo es el Hierro (Fe) al realizar un promedio de las tablas nutricionales, se determinó que la harina presentó un contenido de 5,70 mg de hierro, este es un elemento esencial para la mayoría de los organismos vivos ya que está presente en una amplia variedad de procesos metabólicos muy complejos como la síntesis del ácido desoxirribonucleico (ADN), y el transporte de oxígeno y electrones (Forrellat, 2022).

Con respecto al calcio, este elemento se presenta en un contenido promedio de 83.45 mg por cada 100 g de harina teniendo en cuenta la **Tabla 1**. El calcio se conoce como un nutriente que se encuentra involucrado en la prevención de enfermedades crónicas, como la osteoporosis, la hipertensión arterial, el cáncer de colon, de mama y de ovario, los cálculos renales y la obesidad (Palacios, 2003). Por último, el contenido de zinc fue de 3,68 mg por 100 g de harina. El zinc es un nutriente esencial con un papel específico en más de 300 enzimas, las cuales participan en todas las reacciones bioquímicas importantes del cuerpo humano. Por ende, la presencia de Zinc tiene un efecto directo en el crecimiento, el desarrollo neurológico y de comportamiento y en el sistema inmune (López de Romaña, Daniel, Castillo D, Carlos, & Diazgranados, Doricela, 2010).

En cuanto a las vitaminas encontradas en la harina de bagazo, los resultados de vitamina A para los tres laboratorios fueron como se puede observar en la **tabla 1** para el primer laboratorio se obtuvo un resultado de 5450 UI mientras que para los otros dos análisis se obtuvo como resultado un rango entre 15.16 UI y 38.98 UI, analizando la gran diferencia de uno de los resultados, se contactó al laboratorio el cual comunico que el análisis no fue realizado por ellos mismos, es decir que fue subcontratado con otro laboratorio, por lo tanto no se pudo asegurar la calidad del análisis. Esta vitamina representa un nutriente esencial para el crecimiento, mantener la función visual, ayuda a regular la diferenciación de tejido epitelial y el desarrollo embrionario. La vitamina A es también parte de las defensas del organismo contra los radicales libres y también tiene función como antioxidante en el cuerpo (García-Casal, María Nieves, 2013). Por otro lado, la vitamina C también se encontró en esta harina, con valores entre 0,4 y 4.27 mg. Esta vitamina presenta efectos benéficos contra la inflamación, cáncer y enfermedades cardiovasculares, así como su acción de inmunomodulador y regulador epigenético (Castillo, 2019). Por último, también se encontró presente la vitamina D con un valor de 999,26 mg en 100 g de harina. La vitamina D se considera como un nutriente esencial de la dieta involucrado en el metabolismo del calcio y el fósforo, hoy en día es un sistema hormonal esteroideo complejo, que participa en procesos autocrinos, paracrinos y endocrinos variados (Uzcategui de Saughi, Lilia, 2012). Según la resolución 810 de 2021 (Ministerio de Salud y Protección Social) esta harina no es una buena fuente de vitaminas y minerales, ya que no cumple con el contenido necesario para catalogarse como tal a excepción de la vitamina D la cual se encuentra en un alto contenido dentro de esta harina.

También se observó que el bagazo contenía pequeñas cantidades de ácidos omega 3,6 y 9, ya que se encuentran en muy poca cantidad, no es posible catalogar a la harina como buena fuente de estos ácidos, pero se sabe por estudios realizados, que estos tienen funciones estructurales en las

células y en el sistema nervioso, disminuyen el colesterol malo, aumentan el colesterol bueno, previenen enfermedades del corazón y mejoran el sistema inmunológico (Ortega, 2013).

Las variaciones en los valores de composición próxima de la harina de bagazo encontradas en la literatura suelen estar asociados con la composición de la materia prima, el tipo de malta, que depende de diferentes factores tales como: variedad de cebada utilizada, tiempo de cosecha, proceso tecnológico de la cervecería y tipo de adjunto agregado al mosto como maíz, trigo y arroz (Lopes et al., 2021; Rigo et al., 2017).

Según los resultados obtenidos y tomando en cuenta la resolución 810 de 2021 (Ministerio de Salud y Protección Social) se puede indicar que esta harina si es apta para el consumo humano, ya que como se observó anteriormente además es una excelente fuente de proteína y de fibra, baja en grasa, libre de sal y de colesterol, además poseía características organolépticas agradables lo que la hace saludable y deliciosa, lo cual es una ventaja ya que la mayoría de productos funcionales no poseen sabor agradable.

Además de la obtención y el respectivo análisis nutricional a la harina obtenida a partir del residuo cervecero, también se hizo un diseño de producto, por lo que se obtuvieron valores nutricionales aptos para el consumo humano, por tal razón, se desarrolló un aditivo alimentario (**Figura 3**) para agregar a las comidas con el fin de otorgarle un aporte funcional al producto.

Al considerarse apto el bagazo procesado (harina de bagazo) se procedió a diseñar un producto tipo snack (**Figura 4**) para darle un aspecto delicioso y divertido al producto principal, la harina de bagazo.



Figura 3. Aditivo alimentario a base de bagazo de malta



Figura 4. Snack a base de bagazo de malta

Estos productos fueron diseñados inicialmente para una *startup* o empresa emergente con el fin de generar productos comercializables teniendo en cuenta los posibles clientes, los cuales son en su mayoría personas con enfermedades metabólicas como, por ejemplo: diabetes, colesterol alto, cardiopatías etc. También fue posible hallar los nichos de mercado actual, el cual es un mercado pequeño, por esto se buscó generar variedad de productos en el mercado con características y valores nutricionales diferentes a los del mercado actual buscando así no solo la generación

productos, si no ampliar todo un mercado de productos nuevos y funcionales que no solo van a ayudar en la salud de sus usuarios, sino que también brindara opciones ricas y con buen sabor. Lo anterior se realizó gracias a la participación de nuestro equipo de trabajo en un BootCamp realizado en la Universidad Santiago de Cali (USC) y en el cual este proyecto fue elegido para participar; sin embargo, debido a que la mentoría no continuó, este proyecto quedo inconcluso por lo tanto no se pudieron llevar a cabo más investigaciones sobre el alcance del producto ni un estudio del mercado a fondo, a pesar de esto, este programa era una proyección de lo que podría llegar a ser esta harina, por ejemplo, desarrollar una pequeña planta para producir la harina, luego desarrollar estrategias de marketing para su venta hasta internacionalizar el producto y a futuro llegar a desarrollar franquicias en otras ciudades y países.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos y tomando como base la resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia sobre tablas nutricionales, la harina de cebada obtenida se puede catalogar como excelente fuente de fibra dietaria, buena fuente de proteína y además muy baja en sodio. También se pudo demostrar que la harina de bagazo de cebada no solo se puede usar para la alimentación de rumiantes, que es su uso habitual desde hace varios años, sino que, al ser un alimento funcional apto, puede ser consumido por los seres humanos, además que ayuda a mejorar la salud y a sobrellevar enfermedades como el cáncer, colesterol alto, diabetes y otras enfermedades metabólicas.

También cabe resaltar, que el bagazo de cebada tiene un gran potencial para ser usado por la industria alimentaria, donde podría acrecentar el valor de este subproducto, aumentando su valor agregado y proporcionando beneficios mutuos a las industrias cervecera y panadera; ayudando a la economía circular y al medio ambiente debido a la reducción de residuos generados a este último.

Se recomienda investigar sobre los parámetros para el análisis de tabla nutricional según el laboratorio, ya que en este estudio se realizaron análisis de tabla nutricional distintos en tres laboratorios; estos resultados no contenían los mismos parámetros, lo que complico un poco la comparación de los valores. También es recomendable que la universidad continúe con esta investigación, ya que se corrobora que es buena alternativa para el uso de los desechos obtenidos de la producción de cerveza de la planta de la USC y así evitar gastos en su eliminación, además de una ganancia económica si se logra sacar esta harina y los productos diseñadora al mercado. Este tema podría servir para otra tesis o investigaciones (análisis microbiológico del producto).

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Santiago de Cali por suministrarnos el residuo de bagazo de cebada, por el acceso las instalaciones para llevar a cabo este proyecto. A la Doctora Omaira Vera Lizcano por su constante acompañamiento y dedicación, también agradezco a la directora actual Paola Alzate Calderón, Microbióloga Industrial de la Universidad Javeriana y Docente Tiempo Completo de la Universidad Santiago de Cali (USC) por su asesoría en temas de nutrición y alimentos.

ANEXOS

Tabla 2. Composición nutricional del bagazo de cebada por laboratorios Biopolab

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	LÍMITE CUANTIFICACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO
Humedad/Moisture	8,35	g/100g	0,075	Secado a 95-100°C-Gravimétrico/Loss on Drying (Moisture) at 95°-100°C	AOAC 934.01 (2005) Ed 21
Cenizas (O)	1,65	g/100g	0,046	Análisis Gravimétrico-Calcínación 550°C	AOAC 923.03 Ed 21:2019
Grasa Total	1,70	g / 100 g	0,044	Extracción Soxhlet - Éter de petróleo	AOAC 920.39 (2005) Ed 21
Proteína/Crude Protein (O)	12,6	g/100g	0,25	Kjeldahl Method	AOAC 2001.11 Ed 21:2019
Fibra Dietaria Total	26,0	g/100g	-	Digestión Enzimática-Gravimétrico	AOAC 985.29
Carbohidratos	75,7	g/100g	-	Cálculo	AOAC 986.25
Calorías	368	Kcal/100g	-	Cálculo	Cálculo Factor Atwater
Calcio (Ca) (O)	3,85	mg Ca/100g	1,74	Calcínación a 550°C-Espectroscopia de Absorción Atómica	AOAC 985.35 Ed 21:2019
Hierro (Fe)	0,0742	mg Fe/100g	0,0307	Calcínación a 550°C-Espectroscopia de Absorción Atómica	AOAC 985.35 (2005) Ed 21
Sodio (Na) (O)	2,22	mg Na/100g	0,0392	Calcínación a 550°C-Espectroscopia de Absorción Atómica	AOAC 985.35 Ed 21:2019
Vitamina C / Ácido ascórbico	4,27	mg/100g	-	Titulométrico-Diclorofenol-Indofenol	AOAC 967.21
Azúcares Totales	23,9	g/100g	0,5	Titulométrico- Soluciones de Fehling	AOAC 968.28
Grasa Saturada	0,80	g / 100 g	-	Gas Chromatography	AOCS Ce 1b-89
Grasa Monoinsaturada	0,50	g/100g	-	Gas Chromatography	AOCS Ce 1b-89
Grasa Poliinsaturada	0,398	g/100g	-	Gas Chromatography	AOCS Ce 1b-89
Grasa Trans	0,018	g/100g	-	Gas Chromatography	AOCS Ce 1b-89
Vitamina A	5450	UI / 100 g	< 0,01	Extracción con Solvente-HPLC	AOAC 2001.13
Colesterol	<2,00	mg / 100 g	2,0	Cromatografía de Gases	AOAC 994.10

Tabla 3. Composición nutricional del bagazo de cebada por laboratorios Ángel S.A

ANÁLISIS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	MÉTODO
HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL	g/100g	N/A	10,34	BIO-PR-031 V9 2017-09-19 Determinación de sólidos totales y pérdidas por secado a 103 y 130°C.
CENIZAS	g/100g	N/A	2,90	BIO-PR-030 V7 2017-09-19 Determinación de cenizas a 550°C
GRASA TOTAL	g/100g	N/A	4,68	BIO-PT-025 V5 2017-09-19 Determinación de grasa por extracto etéreo
PROTEÍNA TOTAL (%N x 6,25)	g/100g	N/A	19,04	ISO 1871:2009
CARBOHIDRATOS TOTALES	g/100g	N/A	63,04	Cálculo
CALORIAS TOTALES	kcal/100g	N/A	300,34	Cálculo
AZUCARES TOTALES (Expresado como sacarosa)	g/100g	N/A	6,53	Basado en AOAC 923.09
FIBRA DIETARIA TOTAL	g/100g	N/A	35,05	Basado en AOAC 985.29
GRASA SATURADA	g/100g	N/A	1,50	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
TRANS-ISOMEROS	g/100g	N/A	0,01	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
GRASA INSATURADA	g/100g	N/A	3,18	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
GRASA MONOINSATURADA	g/100g	N/A	0,63	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
GRASA POLIINSATURADA	g/100g	N/A	2,55	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
COLESTEROL	mg/100g	N/A	<1,67	BIO-IT-129 V4 2019-02-05 Determinación de colesterol por cromatografía de gases
VITAMINA A	UI/100g	N/A	15,16	BIO-PT-022 V4 2018-01-25 Determinación de Vitamina A por cromatografía líquida de alta resolución HPLC
VITAMINA C	mg/100g	N/A	<0,40	BIO-PT-026 V4 2018-01-25 Determinación de Vitamina C por cromatografía líquida de alta resolución HPLC
OMEGA 3	g/100g	N/A	0,21	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
OMEGA 6	g/100g	N/A	2,33	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
OMEGA 9	g/100g	N/A	0,57	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
C22:6 n3 CIS ACIDO DOCOSAHEXAENOICO (DHA)	g/100g	N/A	0,00	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
C20:5 n3 CIS ACIDO EICOSAPENTAENOICO (EPA)	g/100g	N/A	0,00	BIO-PT-019 V4 2019-02-05 Determinación de ácidos grasos-Perfil de ácidos grasos
SODIO	mg/100g	N/A	8,13	Basado en AOAC 984.27 / ICP-OES
HIERRO	mg/100g	N/A	12,90	Basado en AOAC 984.27 / ICP-OES
CALCIO	mg/100g	N/A	118,11	Basado en AOAC 984.27 / ICP-OES

Tabla 4. Composición nutricional del bagazo de cebada por laboratorios Nulab

ANÁLISIS	RESULTADOS	PARÁMETRO	MÉTODO ANÁLISIS
AZUCARES AÑADIDOS	<0.10 g/100g	No aplica	Interno basado en AOAC 977.20. 21st. Ed 2019. y AOAC 980.23. 21st. Ed. 2019
AZUCARES TOTALES	7.03 g/100 g	No aplica	AOAC 923.09
CALCIO	128.40 mg/100 g	No aplica	(ISO 8070(AA llama)
CALORIAS	308 Kcal/100 g	No aplica	NTC 512-2
CARBOHIDRATOS	63.5 g/100 g	No aplica	NTC 512-2
CENIZAS	2.30 g/100 g	No aplica	Gravimétrico
FIBRA DIETARIA TOTAL	29.48 g/100 g	No aplica	AOAC 985.29
GRASA INSATURADA	2.54 g/100g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
GRASA POLI-INSATURADA	2.13 g/100g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
GRASA SATURADA	1.02 g/100g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
GRASA TOTAL	3.56 g/100 g	No aplica	Gravimétrico
GRASA TRANS	0.00 g/100g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
GRASAS MONOINSATURADAS	0.41 g/100g)	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
HIERRO	4.21 mg/ 100 g	No aplica	AOAC 999.11(cenizas-AA llama)
HUMEDAD	10.83 g/100 g	No aplica	Gravimétrico
Omega 3	0.00 g/100 g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
Omega 6	2.13 g/100 g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
Omega 9	0.41 g/100 g	No aplica	Cromatografía de gases FID Basado ISO 12966-2
PROTEINA	19.81 g/100 g	No aplica	ISO 1871
SODIO	9.10 mg/100g	No aplica	UNE-EN 15505(Digestión microondas-AA llama)
VITAMINA A	38.98 UI/ 100 g	No aplica	HPLC DAD
VITAMINA D	999.26 mg/100 g	No aplica	HPLC DAD
ZINC	3.88 mg/100g	No aplica	AOAC 999.10(Digestión microondas-AA llama)

Encuesta de producto

Perfil del encuestado

Nombre -----
Edad ----- Sexo Hombre Mujer

Presentación del encuestador

Buenos días/tardes,
Estamos haciendo una encuesta de valoración de la galleta de chocolate a base de bagazo.
Estamos interesados en conocer su opinión, por favor, ¿sería tan amable de contestar el siguiente cuestionario?
La información que nos proporcione será utilizada para conocer la valoración del producto en el mercado.

Descripción del producto

1.- En una escala del 1 al 6, dónde 6 es "muy interesante" y 1 es "nada interesante"

¿Cómo de interesante es la galleta para usted?

1	2	3	4	5	6

2.- ¿Cuál o cuáles de las siguientes características le atraen del producto?

presentación sabor color Otra Ninguna de las anteriores

3.- Con respecto al sabor, ¿Cómo calificaría usted la galleta?

1	2	3	4	5	6

4.- Con respecto a la textura, ¿Cómo calificaría usted la galleta?

1	2	3	4	5	6

5.- Con respecto al olor, ¿Cómo calificaría usted la galleta?

1	2	3	4	5	6

Debilidades del producto

6.- ¿Cuál o cuáles de las siguientes características no le atraen del producto?

No lo necesito muy caro sabor no agradable Otra

Otra (por favor, especifique)

Encuesta de producto

7.- Partiendo de la base que el precio de este producto le pareciera aceptable... ¿qué probabilidad habría de que lo comprase?

- Lo compraría en cuanto saliera al mercado
- Lo compraría dentro de un tiempo
- Puede que lo comprase dentro de un tiempo
- No creo que lo comprase
- No lo compraría

8.- ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre el producto?

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta

Figura 4. Encuesta sensorial realizada para conocer la aceptación de la galleta diseñada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcia Cabrera, P. L., Curutchet, A., Cozzano, S., & Rodríguez, S. (2018). Bagazo de cervecería como ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad. *INNOTEC*, (16 jul-dic), 40–46.
<https://doi.org/10.26461/16.02>

Asociación de Químicos Analíticos Oficiales - AOAC. (2010) *Métodos oficiales de análisis de AOAC International: químicos agrícolas, contaminantes, drogas* (18ª ed.). Gaithersburg: AOAC Internacional.

Buffington, J. (2014). The Economic Potential of Brewer's Spent Gain (BSG) as a Biomass Feedstock. *Advances in Chemical Engineering and Science*.
<https://doi.org/10.4236/aces.2014.43034>

Castillo-Velarde, Edwin Rolando. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 95-100.
<https://dx.doi.org/10.25176/RFMH.v19i4.2351>

Costa, S. M., & Costa, S. A. (2019). Residuos agroindustriales utilizados como materias-primas en estudios de desarrollo de fibras textiles. *Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi58.1280>

De la Casa, Laura, & Aguirre, Cristina, & Zuleta, Ángela , & Binaghi, María Julieta , & Geco, Carola Beatriz, & Tadini, Carmen , & Ronayne de Ferrer, Patricia Ana (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3),58-64. [fecha de Consulta 15 de Abril de 2022]. ISSN: 0716-1549.
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46923920009>

Dong, D., Yang, M., Wang, C., Wang, H., Li, Y., Luo, J., & Wu, W. (2013). Responses of methane emissions and rice yield to applications of biochar and straw in a paddy field. *Journal of Soils and Sediments*. <https://doi.org/10.1007/s11368-0130732-0>

FAO. (2015). Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe. In *La región alcanza las metas internacionales del hambre*. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182010000300002>.

FDA. (2022). Sodium in your diet, Use the Nutrition Facts label and reduce your intake.

Fernández, F. Guía práctica de producción de Setas (*Pleurotus* spp.). Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México. Marzo. 2004, 54.

Forero Rodríguez, Carlos Andrés, & Gordillo Ariza, Gerardo. (2011). Gasificación adiabática del bagazo de caña de azúcar usando aire-vapor. *Revista de Ingeniería*, (33), 53-60. Retrieved April 15, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012149932011000100007&lng=en&tlng=es.

Forrellat Barrios, Mariela, Gautier du Défaix Gómez, Hortensia, & Fernández Delgado, Norma. (2022). Metabolismo del hierro. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 16(3), 149-160. Recuperado en 27 de marzo de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086402892000000300001&lng=es&tlng=es.

Fuentes-berrío, lorenzo, acevedo-correa, diofanor, & gelvez-ordóñez, víctor manuel. (2015). alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 140-149. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149)

Franciski, M. A., Peres, E. C., Godinho, M., Perondi, D., Foletto, E. L., Collazzo, G. C., & Dotto, G. L. (2018). Development of CO₂ activated biochar from solid wastes of a beer industry and its application for methylene blue adsorption. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.040>

García-Casal, María Nieves. (2013). Valores de referencia de vitamina A para la población venezolana. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 63(4), 321-328. Recuperado en 23 de noviembre de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000406222013000400008&lng=es&lng=es

Geice K.P. Lopes, Heloisa G. Zanella, Lucas Spessato, Amanda Ronix, Patrícia Viero, Jhessica M. Fonseca, Jéssica T.C. Yokoyama, André L. Cazetta, Vitor C. Almeida, (2021), Steam-activated carbon from malt bagasse: Optimization of preparation conditions and adsorption studies of sunset yellow food dye, Arabian Journal of Chemistry, Volume 14, Issue 3, 103001.

González G., Pérez Castells L. (2016) Nutriguía: El libro de los alimentos y nutrientes. Cereales y derivados [The Book on Foods and Nutrients. Cereals and Byproducts], Montevideo, L&M.

H. Li, Q. Chen, X. Zhang, K. N. Finney, V. N. Sharifi, and J. Swithenbank, (2012) "Evaluation of a biomass drying process using waste heat from process industries: A case study", Appl. Therm. Eng., vol. 35, pp. 71–80.

Hu, X. F., Jiang, Y., Shu, Y., Hu, X., Liu, L., & Luo, F. (2014). Effects of mining wastewater discharges on heavy metal pollution and soil enzyme activity of the paddy fields. *Journal of Geochemical Exploration*. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.001> IDAE, MINER, (1997), Indicadores energéticos, sector de fabricación de cerveza.

Iglesias-Sanchez, A. (2014). Evaluación de Impacto Ambiental de una Industria Cervecera en el Término Municipal de Perazancas de Ojeda (Palencia). *Universidad de Valladolid*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/6156>

INACAL. (2016). NTP 213.014 Cerveza. Requisitos. Lima: Dirección de normalización.

Instituto Adolfo Lutz. (2005) Normas analíticas del Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos y físicos para análisis de alimentos (4. ed.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Norma Técnica Colombiana NTC 4489. Análisis, Metodología. Perfil de Textura. Bogotá, Colombia. (1998). p. 20.

J. Aravind Kumar, S. Sathish, T. Krithiga, T.R. Praveenkumar, S. Lokesh, D. Prabu, A. Annam Renita, P. Prakash, M. Rajasimman (2022). A comprehensive review on bio-hydrogen production from brewery industrial wastewater and its treatment methodologies, Fuel, Volume 319, 123594, ISSN 0016-2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123594>.

Juarez-Garcia E, Agama-Acevedo E, Sayago-Ayerdi SG, Rodriguez-Ambriz SL, Bello-Perez LA (2006). Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. *Plant Food Hum Nutr* ; 61: 131-7.

Jurado S. (2018). Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra; 40-41.

Lattimer, J. M., & Haub, M. D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. In *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu2121266>

Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. In *Soil Biology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>

Li, Y., Hu, S., Chen, J., Müller, K., Li, Y., Fu, W., Lin, Z., & Wang, H. (2018). Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties and greenhouse gas emissions: a review. In *Journal of Soils and Sediments*. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1906-y>

López de Romaña, Daniel, Castillo D, Carlos, & Diazganados, Doricela. (2010). EL ZINC EN LA

SALUD HUMANA -1. Revista chilena de nutrición, 37(2), 234-239. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000200013>

Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent gain: a review with an emphasis on food and health. In *Journal of the Institute of Brewing*. <https://doi.org/10.1002/jib.363>

Maldonado Saavedra, Octavio, Ramírez Sánchez, Israel, García Sánchez, José Rubén, Ceballos Reyes, Guillermo Manuel, & Méndez Bolaina, Enrique. (2012). Colesterol: Función biológica e implicaciones médicas. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 43(2), 7-22. Recuperado en 10 de junio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952012000200002&lng=es&tlng=es.

MILES, P.; CHANG, S. Mushroom biology, Concise Basics and current developments. Primera edición. Ed. World Scientific. Singapore. 1997; 194.

MINERALES Y VITAMINAS: MICRONUTRIENTES ESENCIALES EN LA ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN Y SALUD (2013). *Formación universitaria*, 6(6), 01. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000600001>

Ministerio de Salud y Protección Social; (2016). Subdirección de Salud Nutricional, Alimentos y Bebidas, rotulado Nutricional de alimentos envasados.

Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent gain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6486>

Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent gain: Generation, characteristics and potential applications. In *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>

Nacz M, Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J Chromatog A*. 29 de octubre de 2004;1054(1-2):95-111.

Plaza-Díaz, Julio, Martínez Augustín, Olga, & Gil Hernández, Ángel. (2013). Los alimentos como fuente de mono y disacáridos: aspectos bioquímicos y metabólicos. *Nutrición Hospitalaria*, 28(Supl. 4), 5-16. Recuperado en 11 de junio de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021216112013001000002&lng=es&tlng=es.

Oleas Galeas, Mariana, Barahona, Amparito, & Salazar Lugo, Raquel. (2017). Índice de masa corporal y porcentaje de grasa en adultos indígenas ecuatorianos Awá. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(1), 42-48. Recuperado en 23 de marzo de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000406222017000100006&lng=es&tlng=es

Ortega Anta, Rosa M., González Rodríguez, Liliana G., Villalobos Cruz, Tania K., Perea Sánchez, José Miguel, Aparicio Vizuete, Aránzazu, & López Sobaler, Ana María. (2013). Fuentes alimentarias y adecuación de la ingesta de ácidos grasos omega-3 y omega-6 en una muestra representativa de adultos españoles. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2236-2245. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6905>

Rigo, M. (2017, 30 abril). Avaliação físico-química e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farinha de bagaço de malte como fonte de fibra Physical-chemical and sensory characterization of cookies added with brewer's spent gain flour as fiber supply | Rigo | AMBIÊNCIA.

Roberfroid MB. Defining functional foods, en *Functional foods: Concept to product*, Ed: Gibson and Williams, CRC Press, 2000.

S. Pang and A. S. Mujumdar (2010), "Drying of Woody Biomass for Bioenergy: Drying Technologies and Optimization for an Integrated Bioenergy Plant", *Dry. Technol.*, vol. 28, pp. 690–701.

Style America. (2022, 14 enero). Suelas hechas de desechos de producción de cerveza. Insumos, Materiales, tendencias para calzado y moda. <https://styleinsumos.com/actualidad/suelas-hechas-de-desechos-de-produccion-de-cerveza/>

Sumalinog, D. A. G., Capareda, S. C., & de Luna, M. D. G. (2018). Evaluation of the effectiveness and mechanisms of acetaminophen and methylene blue dye adsorption on activated biochar derived from municipal solid wastes. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.010>

Szydłowska-Czerniak, Aleksandra, Szymon Poliński, and Monika Momot. 2021. "Optimization of Ingredients for Biscuits Enriched with Rapeseed Press Cake—Changes in Their Antioxidant and Sensory Properties" *Applied Sciences* 11, no. 4: 1558. <https://doi.org/10.3390/app11041558>

Thiago, R. dos S. M., Pedro, P. M. de M., & Eliana, F. C. S. (2014). Solid wastes in brewing process: A review. *Journal of Brewing and Distilling*. <https://doi.org/10.5897/jbd2014.0043>

Uzcategui de Saughi, Lilia. (2012). Vitamina D: Más allá de sus efectos esqueléticos. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 10(1), 1-4. Recuperado en 23 de noviembre de 2021,

de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-31102012000100001&lng=es&tlng=es

Urías-Orona, Vania, Basilio Heredia, José, Muy-Rangel, Dolores, & Niño-Medina, Guillermo. (2016). Ácidos fenólicos con actividad antioxidante en salvado de maíz y salvado de trigo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(7), 43-50. Recuperado en 10 de junio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100005&lng=es&tlng=es

Veronese N, et al. (2018). Dietary fiber and health outcomes: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *American Journal of Clinical Nutrition*.;107:436

Wang, C., Tu, Q., Dong, D., Strong, P. J., Wang, H., Sun, B., & Wu, W. (2014). Spectroscopic evidence for biochar amendment promoting humic acid synthesis and intensifying humification during composting. *Journal of Hazardous Materials*.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.08.030>

Weber, K., & Quicker, P. (2018). Properties of biochar. In *Fuel*. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>

WHO 2011, World Health Organization. Global NCD Risk Factor Surveillance Strategy. Disponible en: <http://www.who.int/ncd/surveillance/> Consulta: marzo de 2011

WHO 2011, World Health Organization. Informe sobre la salud en el mundo. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Disponible en: <http://www.who.int/whr/2002/es/index.html> Consulta: marzo de 2011.

Willett WC, Koplan JP, Nugent R, et al. Prevention of Chronic Disease by Means of Diet and Lifestyle Changes. In: Jamison DT, Breman JG, Measham AR, et al., editors. *Disease Control Priorities in Developing Countries*. 2nd edition. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2006. Chapter 44.

Yang, X., Lu, K., McGouther, K., Che, L., Hu, G., Wang, Q., Liu, X., Shen, L., Huang, H., Ye, Z., & Wang, H. (2017). Bioavailability of Cd and Zn in soils treated with biochars derived from tobacco stalk and dead pigs. *Journal of Soils and Sediments*. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1326-9>

Yoichi I, Kazuyuki I, Sumi H, Yoshida E, Ishii S, inventores; Well Stone Co., assignee. 2013 mar 12. Method of producing a dry earthworm powder. Patente de Estados Unidos US8394417 B2.