

EL PERFIL SENSORIAL DE LA CERVEZA COMO CRITERIO DE CALIDAD Y ACEPTACIÓN

Guerberoff, G. K.¹; Marchesino, M. A.²; López, P. L.^{2,3}; Olmedo, R. H.^{2,3}

¹Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LabTA) / Cátedra de Química Orgánica. Córdoba. Argentina.

²Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LabTA) / Cátedra Química Biológica. Córdoba. Argentina.

³CONICET. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (ICYTAC). Córdoba. Argentina.

gguerberoff@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

La cerveza es un elixir elaborado a partir de cuatro elementos: agua, malta, lúpulo y levadura. Su proceso se ha perfeccionado al paso de los años y se puede considerar a esta bebida como una de las más antiguas en el mundo. El resurgimiento de la cerveza artesanal en los últimos años, trajo consigo una demanda de excelencia. La calidad de la cerveza hace referencia a parámetros sensoriales relacionados con el estilo, como el amargor, dulzor, sequedad, carácter de la malta, intensidad del lúpulo y similares. Por otro lado, debe estar ausente o regulada de aromas y sabores “no deseados” como diacetilo (mantequilla), acetaldehído (manzana verde), fenoles (clavo de olor) y oxidación (cartón/áspero/rancio), entre otros. Dado que es una bebida tan popular en todo el mundo, estar familiarizado con las técnicas analíticas adecuadas para la evaluación de la cerveza es útil para investigadores y cerveceros. Este artículo tiene como objetivo resumir los diversos ingredientes y procesos de la cerveza que originan los compuestos determinantes del aroma, sabor, cuerpo, espuma y demás atributos considerados al momento de valorar la calidad de una cerveza. La técnica de cromatografía de gases (GC) y espectrometría de masas (MSD) sumado a la microextracción en fase sólida (SPME) es la técnica convencional para la detección e identificación de compuestos aromáticos volátiles. Los mismos compuestos pueden percibirse mediante un análisis sensorial, utilizando un panel entrenado o bien un grupo de enfoque (Focus Group). El Núcleo Cerveza del Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LabTA) de la FCA-UNC, demostró mediante un estudio realizado en el año 2019, que el uso de SPME-GC-MSD es un método efectivo para detectar volátiles de diferentes familias químicas en cervezas rubias y negras de la Ciudad de Córdoba. El mismo estudio midió la aceptabilidad de cervezas mediante un Focus Group (grupo de enfoque) utilizando una escala hedónica de 9 puntos y la apreciación de ciertos descriptores de cerveza optimizados para nivel consumidor.

Palabras clave: Volátiles, descriptores, fermentación, flavor

INTRODUCCION

Desde el punto de vista de la inocuidad, no hay ningún tipo de microorganismo que pueda reproducirse en la cerveza y enfermar a las personas. En términos generales, la calidad de la cerveza se refiere al cumplimiento y la consistencia de las especificaciones o propiedades sensoriales que definen un determinado estilo, sumado a la ausencia de sabores indeseables. Por su parte, el consumidor conocedor y devoto de la cerveza artesanal busca que la misma sea auténtica, bien hecha, singular, atractiva y confiable, lo que bien podría ser otra definición para una cerveza de calidad (Gigliarelli, 2017). Lograr una cerveza de calidad implica mucho más que seguir una receta. Por un lado, se necesita conocer que ingredientes son los de mejor calidad y cuál es su disponibilidad, así como tener un conocimiento acabado de las etapas del proceso.

Por otro lado, se debe contar con instalaciones y equipos que cumplan las normas sanitarias y alimentarias así como la capacitación constante del personal en todas las áreas, incluyendo Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) (Steele, 2013).

El presente artículo analiza aquellos aspectos de los ingredientes y los procesos de la cerveza que determinan el perfil sensorial de la misma. Además, resume algunos de los métodos analíticos más utilizados para el análisis y control de estos parámetros sensoriales.

Por último se destacan las actividades realizadas por el Núcleo Cerveza del Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LabTA), el cual está avanzando en investigación, extensión y formación sobre cervezas (**Figura 1**).



Figura 1: Actividad de extensión y capacitación en cervecería El Conde Negro (San Luis).

INGREDIENTES

La cerveza está elaborada con cuatro elementos básicos: agua, malta, lúpulo y levadura. Las interacciones de estos ingredientes, durante el proceso de elaboración, crea un enorme abanico de factores implicados en las características del producto final (Limure y Sato, 2013) (Figura 2).

El Agua

El 95% del peso de la cerveza es agua. El agua potable contiene iones y minerales que deben controlarse ya que condicionan el pH del mosto. El pH influye en la clarificación, astringencia, color, amargor e incluso en la conversión del almidón en azúcares. Ciertos minerales, además, intervienen directamente en el sabor como los sulfatos que pueden resaltar el amargor del lúpulo, el calcio favorece la liberación de aminoácidos para la levadura, mientras que los cloruros afectan la textura de la bebida.

La concentración de las distintas sales del agua puede modificarse si se quiere imitar las características del agua de cualquier región del mundo para elaborar determinado estilo de cerveza (Gigliarelli, 2014). La cantidad de agua a utilizar es equivalente a la cantidad de cerveza que se desea producir, sumado al volumen que se evapora durante la cocción. La mitad del volumen total aproximado se utiliza en la elaboración del mosto, y el resto se agrega para la cocción del mismo.

La Malta

La malta es el cereal germinado, secado y horneado. La cebada, por su composición química, es el cereal más utilizado para la elaboración de cerveza. La malta aporta los azúcares que la levadura transforma en alcohol, así como los demás nutrientes que este microorganismo necesita para su desarrollo. El **malteado** consiste en hacer germinar los granos y luego secarlos con aire caliente para frenar la germinación y promover la actividad enzimática. Estas enzimas son necesarias para la conversión del almidón en azúcares fermentables. La variación en el tiempo y temperaturas de secado u tostado de los granos, da origen a muchas variedades de maltas (maltas base, maltas caramelo, maltas tostadas, maltas adjuntas) (Coghe et al., 2004). Entre más se tuesten los granos menos azúcar tendrán para generar alcohol. Por lo tanto, las recetas de cervezas usualmente incluyen granos ligeramente tostados (maltas base) para el cuerpo y producción de alcohol, y granos más tostados (maltas especiales) para color y sabor.

El Lúpulo

El lúpulo es una planta perteneciente a la familia de las Cannabáceas, de la cual se utilizan sus flores. En el interior de las flores se encuentran las glándulas de lupulina, compuestas en un 12-24% por ácidos amargos (alfas y betas) que confieren el amargor y estabilidad a la cerveza; 0,2-0,8% en aceites esenciales (volátiles y terpenos) que transfieren aroma; y taninos que contribuyen a la clarificación de la cerveza y actúan en la formación de la espuma (Van Holle et al., 2017).



Figura 2. Identidad por perfil de sabor de la cerveza en base a los componentes críticos y el proceso de fermentación para la generación de compuestos sensoriales.

Los ácidos inhiben el crecimiento de bacterias Gram positivas, por lo que mejoran la conservación de la cerveza. El índice de calidad del lúpulo es el contenido de ácidos amargos de tipo alfa, y determina la dosificación a utilizar. Durante el proceso de elaboración de la cerveza los alfa ácidos se isomerizan (es decir, reordenan los átomos de sus moléculas) por acción de la temperatura, aumentando su solubilidad y amargor (Nance y Setzer, 2011). Según el contenido de alfa ácidos, las variedades pueden clasificarse en dos grandes grupos: lúpulos aromáticos (4-7% de alfa ácidos) y lúpulos amargos (más de 7% de alfa ácidos) (Spósito et al., 2019).

La levadura

La levadura es un microorganismo vivo que fue descubierto en el año 1860 por el científico Louis Pasteur, estudiando el proceso de la fermentación en la cerveza. La levadura convierte alrededor del 46% del extracto en CO₂, el 48% en etanol, y el 5% en la nueva masa de levadura, mientras que el 1% restante, corresponde a los subproductos que, a pesar de ser una cantidad tan pequeña, contribuyen enormemente al sabor, al punto de ser la esencia de la cerveza (Pasteur, 1879/2005). Existen dos tipos de levaduras en cerveza, la levadura Ale (*Saccharomyces cerevisiae*) y la levadura Lager (*Saccharomyces pastorianus*). Las primeras trabajan en la zona alta del fermentador y a una temperatura templada, entre 18 y 24 °C. Esta cálida fermentación promueve la creación de subproductos como ésteres, que dan a la cerveza sabores afrutados,

florales y especiados. La levadura lager fue la primera en ser identificada y corresponde a un híbrido entre la *S. cerevisiae* y la *S. bayanus*. Estas levaduras actúan en la zona baja del fermentador y a bajas temperaturas, entre 7 y 12 °C. Son capaces de fermentar cadenas largas de azúcares lo que da lugar a una sensación en boca mucho más ligera.

PROCESO DE ELABORACION DE CERVEZA

Para evitar sabores indeseados y mejorar la calidad de la cerveza, es necesario conocer y comprender cada paso del proceso: El primer paso en la elaboración de la cerveza es la producción del mosto, llamado **maceración**. El proceso consiste en mezclar la malta (y adjuntos), previamente molturada (molida), con agua caliente para activar sus enzimas, las cuales convertirán el almidón en azúcares fermentables. Una maceración sencilla lleva una proporción de 3 a 4 L de agua/kilo de malta, pH de 5,2 - 5,6, temperatura de 65 – 68 °C, por 90 min. Cuando la conversión del almidón es total (medido con Lugol), se prosigue con el lavado de la malta, para extraer los azúcares fermentables obtenidos y adecuar la densidad del mosto. El proceso se realiza incorporando agua a 77°C aprox. por sistema continuo o en etapas, y traspasando el mosto a la olla de cocción, por un sistema de tuberías cerradas. El mosto se lleva a **cocción** por ebullición con el objetivo de aportar el amargor y aromas presentes en el lúpulo, evaporar aromas indeseables, esterilizar el mosto, eliminar el oxígeno y coagular las proteínas. Cocciones por debajo de 2 h o

poco vigorosas pueden producir niveles indeseados de sulfato de dimetilo (DMS) que imparte un sabor a verduras cocidas. El **lupulado** aporta los sabores amargos, mejora y suaviza la espuma y añade aromas que generalmente se describen como cítricos, herbales, picantes y florales. Si los lúpulos se agregan al principio de la cocción dará sólo amargor porque los aromas se volatilizarán con el transcurso de la cocción. Si se añade al final sólo dará aroma y no amargor porque para obtener éste se necesita que se isomerícen los ácidos alfa del lúpulo mediante cocción prolongada. Por consiguiente, se realiza un centrifugado (**Whirlpool**) para favorecer el **floculado del mosto**. Este mosto cocido se retira para ser **enfriado**, lo cual se realiza en un período no superior a 60 min hasta alcanzar la temperatura ideal para poder añadir la levadura. Si se demora el enfriado se corre el peligro de infecciones bacteriológicas y que se produzca un nivel superior de sulfato de dimetilo (DMS). El enfriado se realiza generalmente mediante dispositivo contracorriente (intercambiador de calor) enviando mosto frío al fermentador, también por sistema cerrado de tuberías. Según la complejidad de la planta elaboradora, el enfriamiento del mosto puede realizarse mediante serpentín a contracorriente o con un intercambiador de placas. En la primera etapa de la **fermentación** (fase de adaptación) que corresponde las primeras 24 h aproximadamente, la levadura necesita oxígeno para reproducirse, el cual es suministrado con una bomba, protegiendo con un filtro de algodón la entrada de cualquier impureza, luego la levadura empieza la fermentación anaeróbica (*etapa de atenuación*) donde convierte los azúcares en CO₂, alcohol y otros subproductos, algunos indeseados como diacetilo (mantequilla, leche) y acetaldehído (manzana verde) los cuales son luego absorbidos durante la maduración. El CO₂ se despidió mediante una trampa de aire en el fermentador, no permitiendo la entrada de oxígeno. Finalizada la fermentación primaria (días 10 aprox.), se obtiene la “cerveza verde” que se deja madurar durante una semana en cervezas Ale o 2 a 3 semanas y hasta meses en cervezas Lager. En esta etapa (fase de acondicionamiento, maduración) la levadura metaboliza azúcares más complejos, y reabsorbe compuestos indeseados, como el diacetilo. El proceso de maduración o fermentación secundaria puede llevarse a cabo en el mismo fermentador, finalizando con un enfriamiento rápido, o trasvasando la cerveza verde al barril o a la botellas, con un pequeño porcentajes (1.1%) de extracto fermentable y una cantidad óptima de levaduras en suspensión (1 ± 4 millones de cel/mL). Una vez completadas esas tareas, las levaduras forman unos grumos, a partir de un proceso llamado floculación, y se desplazan hacia el fondo del fermentador. Por último, y antes del envasado, se realiza la **carbonatación**, es

decir la disolución del gas en la cerveza con alta presión, que genera las burbujas al destapar el envase. La carbonatación influye también en la consistencia de la espuma y en el modo en que los aromas del lúpulo y la malta serán percibidos. En botella, se realiza a temperatura ambiente, utilizando pastillas de dextrosa y se deja reposar 15 días promedio. En barril, lo más común es la carbonatación forzada, para lo cual se refrigera el barril y posteriormente se aplica CO₂ a presión. La presión de CO₂ agregado varía según el estilo de la cerveza (promedio 2 vol.), la temperatura de la cerveza y la presión del barril. En el caso de un procesamiento industrial, puede realizarse una filtración previa al envasado y/o una pasteurización. (Brányik, et al., 2012; Wannemacher et al., 2018; White and Zainasheff, 2010; Shellhammer, 2014).

ASPECTOS SENSORIALES DE LA CERVEZA

La calidad de la cerveza generalmente se evalúa por su perfil sensorial. El análisis sensorial es el examen de los atributos de la cerveza mediante los sentidos (vista, olfato, gusto y tacto) obteniendo datos cuantificables y objetivos. Los rasgos organolépticos son variables y definen el estilo general de cerveza e impulsan las tendencias del consumidor (Briggs, 2004). Los atributos sensoriales de la cerveza se pueden dividir entre aquellos relacionados con la apariencia, que incluye el color, la transparencia, formación de burbujas y la espuma; y aquellos que representan el flavor de la cerveza, que se refieren al aroma, el sabor y la sensación en boca. Cada uno de estos aspectos varía según el estilo de la cerveza. La guía de estilos del “Programa de certificación para juzgar cervezas (BJCP)”, describe más de 81 estilos de cerveza.

Atributos de Apariencia

Color: los matices van del amarillo pajizo a negro oscuro, pasando por tonalidades rojizas y marrones, dependiendo del estilo.

Turbidez: puede definirse como transparente o turbia, acorde al estilo y la presencia o ausencia de partículas en suspensión.

Espuma: se observa el color y la persistencia, lo cual varía con el estilo.

Carbonatación: medida en volumen de CO₂, y varía con el estilo de cerveza.

Flavor

Depende de los componentes volátiles percibidos por nariz y boca, además, se incluye la *sensación en boca* que se refiere a la sensación de plenitud (cuerpo), cremosidad, calentamiento, carbonatación y astringencia que produce la cerveza en la boca.



Figura 3. Grupo de enfoque caracterizando descriptores sensoriales comunes de la cerveza como parte de un estudio sensorial afectivo de la cerveza.

Entre los principales compuestos volátiles que constituyen el flavor, se encuentran los siguientes (Somos Cerveceros - Beer Judge Certification Program, 2017):

Ésteres: Crean los sabores y aromas afrutados a plátano, fresa o manzana, encontrados normalmente en las cervezas Ale, belgas o inglesas como las Porter o IPA, pero en ningún caso el frutado debe ser muy acentuado. Se han detectado más de 100 ésteres diferentes en cerveza (Loviso y Libkind, 2018). Los ésteres se producen por acción de la levadura y la cantidad generada dependerá de la cepa y de la temperatura de fermentación. Cuanto más elevada sea ésta, mayor va a ser la cantidad de ésteres producidos. Dependiendo del estilo de cerveza, los sabores frutados pueden ser intencionales o un defecto en la elaboración.

Diacetilo: Dan aroma y sabor a manteca o caramelo. Determina en gran medida el cuerpo y el dulzor de la cerveza en algunos estilos como en las Stout y Porter. Es un compuesto natural procedente de la fermentación y suele ser consumido por la levadura al final de la fermentación. Muchas veces el diacetilo se considera una contaminación, pero en algunos estilos se admiten cantidades perceptibles. Para reducir su formación se realiza un rápido enfriamiento del mosto y se puede practicar “descanso de diacetilo”, un proceso que se basa en activar la levadura a partir de un ligero aumento de la temperatura cuando la fermentación está en su última fase.

DMS - Sulfuro de dimetilo (DMS): Presenta un sabor y un aroma distintivos que recuerdan al del maíz o al de verduras cocidas. Ambas sensaciones son percibidas en concentraciones extremadamente bajas. El DMS es

considerado una parte característica en numerosas Lagers pero es un sabor no deseado en otros estilos. Durante el hervido, el mosto produce continuamente DMS y se remueve normalmente por evaporación. Cuando el mosto es enfriado lentamente no se pueden remover estos compuestos y entonces se disuelven nuevamente en el mismo perdurando en la cerveza. También puede ser causado por infección bacteriana como resultado de una pobre sanitización. El DMS que se genera de esta manera tiende a ser más rancio, más parecido al coliflor que al maíz.

Metálico: La sensación metálica se percibe más en la punta de la lengua y en el paladar. Es un factor de sensación no deseado. Se puede dar por varias causas, incluyendo el contenido de hierro del equipo, de los compuestos orgánicos formados por la hidrólisis de los lípidos en maltas mal almacenadas, por la oxidación de ácidos grasos libres y por agua con un alto contenido de hierro. Usualmente se debe a la disolución de metales en el mosto (hierro y aluminio) durante el hervido. Las ollas de acero inoxidable no aportan factor de sensación metálico mientras que las de aluminio generalmente no lo producen a menos que se trabaje con agua muy alcalina, con un pH mayor a 9.

Oxidación: es reconocida por su aroma y sabor a cartón húmedo, papel o también a jerez. Es el defecto más común en las cervezas. Se produce por la exposición del mosto caliente (a más de 27 °C) al oxígeno. Debido a este error la cerveza tarde o temprano desarrollará distintos sabores, dependiendo de qué compuestos se oxiden.

Fenoles: Se percibe como sabor y aroma a clavo de olor o medicinal. Es aceptado en algunas cervezas belgas, ahumadas y de trigo. Puede ser causa de la levadura utilizada, de la malta si es de trigo o sorgo, de la contaminación con levaduras salvajes, del uso de limpiadores a base de cloro o yodo o de clorofenoles en el agua.

Acetaldehído: Aroma y sabor a manzanas verdes o a sidra. Cuando la concentración es mucha, el sabor se parece al vinagre (ácido acético). Es un compuesto intermedio en la formación de alcohol. El acetaldehído suele ser causa de la exposición del alcohol al aire, o por la terminación prematura de la fermentación o una maduración insuficiente. También por el agotamiento del oxígeno, los cambios de temperatura o por la floculación prematura, entre otras.

Alcohólico: El alcohol es un factor de sensación y se lo reconoce por la sensación caliente en la boca y en la garganta, y picante en la nariz dando un aroma vinoso. La sensación adecuada debe ser siempre suave y placentero y jamás debe restarle sabor a la cerveza. Temperaturas de fermentación por encima de 27 °C y también una cantidad excesiva de levadura, o demasiado tiempo en el fondo del fermentador producen mayores cantidades de alcoholes superiores dando un sabor áspero en la lengua.



Figura 4. Ejemplo de cervezas determinadas sensorialmente por grupo de enfoque (pruebas afectivas) y por determinación de volátiles por CG-MS (al fondo de la foto se puede apreciar el equipo de medición).

Zorrino: Fácilmente reconocido por su aroma a zorrino o a orina de gato. No debe estar presente en ningún estilo.

Se produce por una reacción fotoquímica de las resinas del lúpulo cuando son expuestas a la luz.

DETERMINACIÓN DE VOLÁTILES Y PRUEBAS AFECTIVAS DE ENFOQUE COMO CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE LA CERVEZA

Aunque la práctica de la elaboración de cerveza se remonta a 6.000-8.000 años, identificar y cuantificar los diversos componentes contenidos en la misma sigue siendo un desafío debido a la complejidad de esta bebida (Fangel et al., 2018; Hornsey, 2003). Conocer la naturaleza y la concentración de las sustancias volátiles puede ser increíblemente importante para la selección de materias primas, así como para el control de calidad (da Silva et al., 2008). Si bien existen algunos productos que permiten un control de la calidad de elaboración interna, estos generalmente solo prueban parámetros básicos como el alcohol por volumen (ABV), amargor (IBU), pH, color y otras especificaciones particulares (Hailee et al., 2019).

La Cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC-MSD) es la técnica convencional para la detección e identificación de compuestos aromáticos volátiles. Estos primero debe extraerse utilizando técnicas de espacio de cabeza (HS) y/o métodos de microextracción en fase sólida (SPME) (Ocvirk et al., 2018). Por otro lado, las pruebas sensoriales pueden realizarse mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) utilizando un panel entrenado o con un análisis afectivo cualitativo mediante un grupo focal de consumidores (Focus Group). Las pruebas con Focus Group son ampliamente utilizadas para identificar los descriptores sensoriales más importantes de un producto innovador.

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DEL NÚCLEO CERVEZA DEL LabTA:

Con el objetivo de evaluar la aceptabilidad de diferentes marcas de cervezas rubias (6) y negras (6), industriales y artesanales de la ciudad de Córdoba, el Núcleo Cerveza del LabTA-FCA.UNC, utilizó un grupo de enfoque de 8 personas de entre 25 y 56 años de edad. Los evaluadores valoraron la aceptabilidad utilizando una escala hedónica de 9 puntos y luego procedieron a la apreciación de descriptores de cerveza optimizados para nivel consumidor (**Figura 3**). Las mismas cervezas se estudiaron mediante cromatografía de gases con detector de masa selectivo (GC-MSD) y microextracción en fase sólida (SPME), lo cual permitió obtener el perfil de volátiles completo (**Figura 4**). Los resultados se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP). Mediante la CG-MSD se observaron diferencias en la composición de volátiles, según el

proceso de elaboración de las cervezas, muchos de ellos detectados también en la prueba sensorial, mediante el descriptor aromático relacionado (Guerberoff et al., 2019a; Guerberoff et al, 2019b) (Figura 5).



Figura 5: Imagen de viales sellados para la determinación de volátiles en cerveza rubia (imagen superior, donde también se ve una fibra de captura SPME para volátiles) y cerveza negra (imagen inferior) (Núcleo Cerveza – LabTA-FCA-UNC).

Estas investigaciones permitieron avanzar hacia el establecimiento de una línea de análisis para la determinación de parámetros específicos que deberían cumplir las cervezas, además de un área de evaluación sensorial, actividades de extensión y formación educativa con la creación de un diplomado en “Producción y Comercialización de Cervezas” (en vía de aprobación) (Figura 6).

CONCLUSIÓN

La compleja composición de la cerveza se puede atribuir a la presencia de varias clases de compuestos, algunos de los cuales se originan de las materias primas, mientras que otros se desarrollan a través de interacciones y reacciones durante el proceso de elaboración. Estos componentes pueden afectar la bebida de muchas maneras, desde el sabor a la capacidad espumante. El proceso de fermentación constituye la mayor parte del sabor a “cerveza” por lo que es vital el control de la salud de la levadura, la temperatura y el oxígeno, durante esta etapa. El enfriado rápido del mosto también constituye un punto crítico de control. El uso de técnicas adecuadas para analizar la cerveza puede ayudar a los cerveceros a optimizar la calidad de su producto. Actualmente hay una baja disponibilidad de instrumentos analíticos de tecnología avanzada para usar en elaboración de cerveza. Esto se debe principalmente al alto costo de estos aparatos y a la necesidad de contar con un técnico experto para operarlos. A pesar de estos inconvenientes, su uso podría proporcionar una mayor consistencia para el control de calidad y quizás agregar un enfoque de marketing más exclusivo.



Figura 6. Presentación del diplomado de Producción y Comercialización de Cerveza como actividad de formación hacia la sociedad brindada por el LabTA-FCA-UNC.

BIBLIOGRAFÍA

- Brányik, T, Silva, D., Baszczynski, M., Lehnert, R., Almeida e Silva, J. B. (2012). A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. *Journal of Food Engineering*, 108(4): 493-506.
- Briggs, D. (2004). *Brewing Science and Practice*. Woodhead Publishing Ltd. and CRC Press LLC
- Coghe, S., Martens, E., D'Hollander, H., Dirinck, P. J., & Delvaux, F. R. (2004). Sensory and instrumental flavour analysis of wort brewed with dark specialty malts. *Journal of the Institute of Brewing*, 110(2):94–103. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2004.tb00188.x>.
- da Silva, G.A., Augusto, F., Poppi, R.J. (2008). Exploratory analysis of the volatile profile of beers by HS-SPME-GC, *Food Chem.* 111:1057-1063.
- Fangel, J.U., Eiken, J., Sierksma, A., Schols, H.A., Willats, W.G.T., Harholt, J. (2018). Tracking polysaccharides through the brewing process, *Carbohydr. Polym.* 196:465-473.
- Gigliarelli P. (2014). Noventa por ciento AGUA. *Revista Mash*.
- Gigliarelli, P. (2017). Calidad. Todos Somos Responsables. *Revista Mash*.
- Guerberoff, G.K., Marchessino, M., Olmedo, R.H., Grosso, N.R. (2019)a. Análisis de aceptación de cervezas negras de Córdoba por medio de grupo de enfoque y perfil de volátiles. *Jornadas Integradas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC*.
- Guerberoff, G.K., Lopez, P.L., Olmedo, R.H., Grosso, N.R. (2019) b. Compuestos aromáticos en cervezas rubias de la ciudad de Córdoba. Análisis químico y sensorial. *Jornadas Integradas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC*.
- Hailee, E., Anderson, I., Santos, C., Zacariah, L., Hildenbrand, K., Schug, A. (2019). A review of the analytical methods used for beer ingredient and finished product analysis and quality control. *Analytica Chimica Acta* 1085:1-20.
- Hornsey, I.S. (2003). *A History of Beer and Brewing*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Limure, T., and Sato, K. (2013). Beer proteomics analysis for beer quality control and malting barley breeding. *Food Research International*, 54(1): 1013–1020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.028>.
- Loviso, C.L., Libkind, D. (2018). Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(4): 436-446.
- Nance, M.R. and Setzer, W.N. (2011). Volatile components of aroma hops (*Humulus lupulus* L.) commonly used in beer brewing *Journal of Brewing and Distilling*, 2(2):16-22.
- Ocvirk, M., Mlinarič, N. K., & Košir, I. J. (2018). Comparison of sensory and chemical evaluation of lager beer aroma by gas chromatography and gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(10):3627–3635.
- Pasteur, L. (1879-Reimpresión 2005). *Studies on Fermentations, The Disease of Beer, Their Causes, and the Means of Preventing Them*. Londres: MacMillan and Co. And Reimpresión BeerBooks.com.
- Shellhammer, T.H. (2014). *Beer Fermentations. The Oxford Handbook of Food Fermentations*.
- Somos Cervereros. (2017). The American Homebrewers Association. www.bjcp.org (Beer Judge Certification Program)
- Spósito, M.B., Ismael, R.V., de Alcântara Barbosa, C. M., Tagliaferro, A.L. (2019). A cultura do lúpulo. *Série Produtor Rural - nº 68*. Universidade de São Paulo.
- Steele, M. (2013). ¿A que nos referimos con calidad de cerveza? *The beer times*.
- Van Holle, A., Van Landschoot, A., Roldán-Ruiz, I., Naudts, D., De Keukeleire, D. (2017). The brewing value of Amarillo hops (*Humulus lupulus* L.) grown in northwestern USA: A preliminary study of terroir significance. *Journal of the Institute of Brewing*. <https://doi.org/10.1002/jib>.
- Wannenmacher, J., Gastl, M., Becker, T. (2018). Phenolic Substances in Beer: Structural Diversity, Reactive Potential and Relevance for Brewing Process and Beer Quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17:953-988.
- White, C., and Zainasheff, J. (2010). *Yeast, the practical guide to beer fermentation*. 2010.