

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA
ÁREA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

GRADO EN BIOTECNOLOGÍA

CURSO 2015-2016

“PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ENRIQUECIDA CON ALCACHOFA”



Autor: José Juan Vicente Norte

Tutores: Antonio Fabián Guillén Arco

Juan Miguel Valverde Veracruz

RESUMEN

En este trabajo de investigación se ha estudiado la diferencia entre dos tipos de cerveza (Brown Ale y Brown Ale con la adición de un 10% en alcachofa), y su repercusión sobre la calidad final de la cerveza. Para ello, se han analizado parámetros de calidad (pH, acidez, densidad, grado alcohólico, color (Cie-Lab y °EBC), amargor (°EBU)). Por otro lado, para evaluar las propiedades funcionales se determinaron los polifenoles totales y la capacidad antioxidante ambas cervezas.

ABSTRACT

In this research we have studied the difference between two types of beer (Brown Ale and Brown Ale with the addition of 10% artichoke) and its impact on the final quality of the beer. To do this, we have analyzed quality parameters (pH, acidity, density, alcohol content, color (Cie-Lab and °EBC), bitterness (°EBU)). On the other hand, to evaluate the functional properties total polyphenols were determined and the antioxidant activity both beers.

PALABRAS CLAVE: cerveza Ale, *Saccharomyces cerevisiae*, macerado, calidad, fermentación, polifenoles, alcachofa.

KEY WORDS: Ale beer, *Saccharomyces cerevisiae*, mashing, quality, fermentation, polyphenols, artichoke.

Índice.

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 1 |
| 1.1. Historia de la Cerveza..... | 1 |
| 1.2. Importancia económica de la industria cervecera en la actualidad..... | 2 |
| 1.3. Definición de la cerveza..... | 3 |
| 1.4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la cerveza..... | 3 |
| 1.5. Tipos de cerveza..... | 4 |
| 1.6. Propiedades funcionales de la cerveza..... | 6 |
| 1.7. La alcachofa: origen y descripción botánica..... | 8 |
| 1.8. Morfología..... | 9 |
| 1.9. Importancia económica de la alcachofa..... | 9 |
| 1.10. Formas de consumo de alcachofa..... | 14 |
| 1.11. Cultivo y variedades de alcachofa..... | 14 |
| 1.12. Propiedades funcionales de la alcachofa..... | 17 |
| 2. Objetivos..... | 19 |
| 3. Materiales y métodos..... | 19 |
| 3.1 Materiales..... | 19 |
| 3.2 Métodos..... | 20 |
| 3.3. Incorporación de la alcachofa..... | 22 |
| 3.4. Diagrama de flujo de cerveza con alcachofa..... | 23 |
| 4. Determinaciones analíticas..... | 24 |
| 4.1. Densidad..... | 24 |
| 4.2. pH..... | 24 |
| 4.3. Determinación del grado alcohólico..... | 24 |
| 4.4. Determinación de color EBC°..... | 24 |
| 4.5. Determinación de amargor en cerveza..... | 25 |
| 4.6. Determinación de la acidez..... | 25 |
| 4.7. Contenido de polifenoles..... | 26 |
| 4.8. Determinación de la capacidad antioxidante..... | 27 |
| 4.9. Análisis sensorial..... | 27 |
| 4.10. Estudio de consumidores..... | 29 |
| 5. Resultados y discusión..... | 30 |
| 5.1. Densidad y grado alcohólico..... | 30 |
| 5.2. pH..... | 31 |
| 5.3. Color..... | 32 |
| 5.4. Amargor..... | 33 |
| 5.5. Acidez..... | 34 |
| 5.6. Polifenoles..... | 35 |
| 5.7. Actividad antioxidante..... | 36 |
| 5.8. Análisis sensorial y estudio de consumidores..... | 38 |
| 6. Conclusión..... | 41 |
| 7. Bibliografía..... | 41 |

1. Introducción.

1.1. Historia de la Cerveza.

El surgimiento de la cerveza no se conoce completamente, sin embargo, los restos de cerveza más antiguos datan alrededor del año 9000 AC, 3000 años antes de los primeros restos que evidencian la fabricación de pan, dos alimentos responsables de que el ser humano pasase a ser sedentario, al dominar los cultivos de cebada y trigo respectivamente para su fabricación, creando así las primeras civilizaciones. Por aquellos entonces el agua no estaba en las mejores condiciones para el consumo humano, por lo que se estableció la cerveza como líquido para calmar la sed, ya que gracias a su técnica de producción quedaba libre de microorganismos patógenos.

Las primeras evidencias escritas sobre la elaboración de cerveza fueron encontradas en Mesopotamia, donde varios registros sumerios la mencionan, donde destaca el Código de Hammurabi, donde se recogen normas sobre la fabricación de la cerveza, el precio del producto, la concentración adecuada y las sanciones a quienes adulteraran la bebida.. También cabe destacar el Papiro de Zosimo, en el que se encuentra la receta de cerveza más antigua conocida.

En el antiguo Egipto era muy apreciada por los faraones y sus élites, pero también era consumida de manera abundante por los constructores de pirámides, a quienes les proporcionaba la energía, minerales y vitaminas suficientes para continuar con la construcción de tales monumentos funerarios. En esta época, la cerveza era elaborada por los sacerdotes y mujeres del imperio egipcio y era considerada un regalo de Osiris. Los egipcios recogieron los métodos de los sumerios y se propusieron la mejora del color y aroma con la adición a esta bebida de azafrán, miel, jengibre y comino. Además descubren y añaden la malta a sus cervezas.

El conocimiento de la elaboración de cerveza pasó de los egipcios a los griegos y luego de éstos a los romanos, británicos, anglos y sajones. Los romanos consideraron la cerveza una bebida de categoría inferior al vino, por lo que se centraron en la elaboración de éste último, lo que no significaba que no se elaborara cerveza, sobre todo en las regiones del norte, más propicias para el cultivo de la cebada que para el de la viña. Así pues en el norte de Europa fue extendiéndose el consumo de esta bebida y tomando la forma de lo entendido actualmente como cerveza. Gracias a estos pueblos nórdicos se mantuvo con vida la tradición cervecera durante la época de esplendor del Imperio Romano.

En España la cerveza en esta época no llegó a las cotas de los pueblos nórdicos, ya que es un país que respalda una gran tradición vinícola, aunque hay datos arqueológicos que avalan su consumo en las tribus locales, sobre todo en el norte de España. Los restos arqueológicos más antiguos de producción de cerveza en Europa fueron descubiertos en el yacimiento del valle de Ambrona (Soria, España) y datan de alrededor de 2400 A.C., según el trabajo arqueológico del equipo dirigido por Miguel Ángel Rojo Guerra.

Con el advenimiento del Cristianismo, la elaboración de cerveza creció enormemente en Europa, donde los monasterios fueron las primeras cervecerías comerciales. Muchos de ellos continúan hoy en día elaborando cervezas. En la Edad Media, la manera en que los

pueblos de Europa prevenían infecciones procedentes de la ingesta de aguas contaminadas, era precisamente mediante la ingestión de la cerveza, incluso por parte de bebés y niños pequeños, ya que debido al proceso de hervido por el que pasa esta bebida durante su producción, se elimina todo tipo de bacterias, incluidas las que provocaban el cólera y otras enfermedades infecciosas, como hemos comentado anteriormente.

Más tarde comenzaron a surgir cervecerías no monásticas en Alemania, donde se llevó la elaboración de esta bebida a un nivel superior de calidad. Es en esta época cuando se elaboró la conocida Ley de la Pureza de la Cerveza de 1516, decretada en Baviera por el duque Guillermo IV, en la que se establecía que su composición sería exclusivamente agua, malta de cebada y lúpulo. Esta Ley es considerada como la regulación alimentaria más antigua del mundo. Mientras tanto, en España, el emperador Carlos I trajo a sus maestros cerveceros de Flandes para que elaborasen cerveza y proveer a la Corte de ésta. Este hecho es considerado por muchos como la introducción “oficial” de la cerveza en España.

En el siglo XVIII, la Revolución Industrial estaba transformando el mundo y la cerveza no fue una excepción. La introducción del termómetro, del densímetro y la refrigeración generaron grandes avances en su producción, que terminaron por definir la forma de hacer cerveza industrialmente y de darle un aspecto similar al que posee en la actualidad, además de permitir su elaboración en cualquier época del año, abaratando el producto y popularizándolo todavía más. La culminación del proceso de fabricación de cerveza llegó tras el conocimiento de los mecanismos de desarrollo microbiano y de la fermentación, propiciados por Pasteur, que permitieron un mayor control sobre el proceso de fermentación y conservación de la cerveza.

La primera mitad del siglo XX con el estallido de las dos guerras mundiales la industria cervecera sufrió un periodo difícil y de cierto declive, acompañado también por periodos de prohibición de consumo de alcohol en diversos países, conocido como la Ley seca. A partir de 1950, la industria cervecera entró en un periodo de intensa competencia, reduciendo todavía más el número de cervecerías y deteriorando aún más la calidad de la cerveza. Un siglo antes comenzó lo que se puede considerar como la producción industrial de cerveza en España.

Actualmente, el mundo está presenciando una revolución gracias al Renacimiento de la Cerveza Artesanal, que comenzó en la década de 1970 en Estados Unidos y se ha ido extendiendo con el tiempo por el resto del mundo. Por todos los países están surgiendo cada vez más cervecerías independientes que tratan de procurar la calidad de este producto y siguen métodos tradicionales de elaboración además de usar materias primas.

1.2. Importancia económica de la industria cervecera en la actualidad.

En éste apartado se muestra la importancia del sector cervecero, respaldado por los datos obtenidos a partir del Convenio entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, la Asociación de Cerveceros de España y la de Malteros de España.

El sector cervecero español es un referente dentro del panorama agroalimentario nacional por su contribución a la economía, gracias fundamentalmente al vínculo del consumo de cerveza con la hostelería y el turismo. De hecho, la cerveza es la bebida con contenido

alcohólico con mayor impacto económico a través de los empleos que genera directa e indirectamente y los ingresos recaudados por el Estado mediante los impuestos que gravan su consumo. El valor de la cerveza en el mercado supera los 14600 millones de euros, que representan un 1,4 % del PIB.

La cerveza contribuye a la creación de más de 257000 puestos de trabajo, de los cuales 224300 se encuentran en el sector hostelero y 20900 en los sectores abastecedores (el 22 % en la agricultura). Además, 6000 empleos se crean directamente en las propias compañías cerveceras.

Mediante los impuestos que gravan el consumo de cerveza, las arcas del Estado ingresan cerca de 3400 millones de euros, un 44 % por encima de la recaudación de las bebidas destiladas. Más de 2600 millones del total de ingresos proceden del consumo en bares y restaurantes, en su mayor parte gracias a las cotizaciones a la Seguridad Social e IRPF (58 %) derivadas del empleo que crea el sector hostelero y el IVA en hostelería (36 %). La aportación de la cerveza vía impuestos está determinada por la fiscalidad que soporta la cerveza que, tras la última reforma del IVA, ya alcanza el 21 % (incluso en su variedad sin alcohol), frente a la tasa reducida del 10 % de otras bebidas.

Además de empleos y recaudación, la cerveza aporta 7000 millones de euros a la economía en concepto de valor añadido a través de su cadena de valor. Si bien esta cifra representa un 0,8 % menos respecto a 2008, el valor añadido generado por las propias compañías cerveceras, el sector minorista y los proveedores aumentaron, debido a las innovaciones adoptadas por las compañías para conseguir una mayor productividad.

La facturación del sector, por su parte, se suavizó en 2012 (último dato disponible) con respecto al año anterior: un 6 % menos frente al descenso próximo al 7 % en 2011.

1.3. Definición de la cerveza.

La cerveza es una bebida natural obtenida por fermentación alcohólica de un extracto acuoso de cebada malteada. Las materias primas necesarias para la fabricación de cerveza son sólo cuatro: malta de cebada, agua, levadura y lúpulo (Código Alimentario Español), aunque la mayoría de las cervezas comerciales utilizan, además, otra fuente de hidratos de carbono (habitualmente un cereal no malteado), un antioxidante, un estabilizante de espuma, y un colorante, que permite intensificar y uniformizar el color del producto final. El proceso de fabricación de la cerveza se basa esencialmente en el malteado controlado del grano de cebada para permitir la posterior extracción acuosa de un mosto azucarado; este mosto, al que se le adiciona el lúpulo, se somete a un proceso de fermentación alcohólica con la levadura cervecera (Hough, 2001), y finalmente se acondiciona para su envasado y expedición (Ferrán-Lamich, 2002).

1.4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la cerveza.

En este apartado se explicará el proceso general de elaboración de cerveza, aunque siempre puede haber modificaciones teniendo en cuenta las características que cada productor quiera darle a su cerveza.

De este modo tenemos:

A. Malteado → Corresponde a las primeras etapas de la germinación y su objetivo es la germinación controlada del grano de cebada mediante la cual se activa y genera la carga enzimática (α -amilasas, β -glucanasas y proteasas) que sirven para hidrolizar materiales de reserva del grano. Para ello, la cebada se empapa en agua durante 2 días a 10-16°C, aumentando su contenido en agua hasta un 45%. Posteriormente la cebada germina parcialmente durante 3-5 días bajo condiciones controladas de temperatura y aireación.

B. Secado-Horneado → Este proceso suele durar dos días y conlleva la disminución de la humedad hasta un 1-5%. Tiene como objetivo detener las transformaciones bioquímicas para que el grano sea estable para almacenarse.

C. Maceración → Ahora, la cebada malteada se tritura y se mezcla con agua a temperatura controlada para lograr la hidrólisis de almidón por las amilasas y también de las proteínas por proteasas activadas durante la germinación. De este modo se prepara un extracto con azúcares fermentables, aminoácidos, vitaminas etc., a partir de la cebada malteada, dando lugar a lo que se conoce como mosto.

D. Ebullición con lúpulo → El mosto limpio, separado del grano, se hierve junto con el lúpulo, que le dará el amargor y aroma típico de la cerveza.

E. Fermentación → Una vez clarificado y enfriado el mosto, se añade la levadura para que comience el proceso de la fermentación, que consiste en la transformación de los azúcares del mosto en alcohol y anhídrido carbónico.

F. Acabado → Tras la maduración, la cerveza se puede filtrar para eliminar los residuos sólidos, además de gasificarse con CO₂ una vez almacenada en tanques. Posteriormente se procederá al embotellado.

1.5. Tipos de cerveza.

A la hora de elaborar una cerveza existen numerosas variables a tener en cuenta, lo que hace que sea un producto de difícil clasificación. De este modo, una cerveza se puede clasificar según los siguientes criterios: fermentación, ingredientes, aspecto, procedimientos de elaboración, procedencia o denominación de origen y otros aspectos menos importantes.

Esta clasificación es la más sencilla, ya que encontramos solo dos grandes grupos: Lager, de baja fermentación, y Ale, de alta fermentación, en las que se incluyen también las de fermentación espontánea.

Dicho esto, en primer lugar encontramos las cervezas tipo Ale, palabra inglesa que describe al grupo de cervezas que utilizan levaduras de fermentación alta y no tiene nada que ver con el color, estilo o cuerpo. Estos otros parámetros pueden presentar variaciones y seguir formando parte de una cerveza tipo Ale, y dependen entre otras cosas, de la cantidad y tipo de malta que se utilice, del lúpulo y de la maduración que experimente. La levadura que se usa para este tipo de fermentación son cepas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*. La mayoría de estas levaduras se denominan “de alta fermentación” puesto que durante el proceso, suben a la superficie junto con la espuma que se crea. También tienen la tendencia de producir más ésteres lo cual produce más aromas y sabores complejos en la cerveza. En lo referente al rango de temperaturas, va

desde los 15 °C hasta los 25 °C, temperatura óptima de fermentación de las cervezas tipo ale, que dura no más de unas semanas, siendo un proceso corto.

Por otro lado tenemos las cervezas tipo Lager, cervezas de baja fermentación. Estas tienen que dejarse fermentar entre los 6 °C y 13 °C, y se denominan levaduras bajas, por quedarse en la parte de debajo de los botes durante el proceso. El tiempo de fermentación normalmente va de semanas a meses, por la temperatura más fría. Las levaduras bajas también producen menos sub-productos de la fermentación que son los que dan sabor. Por esto se considera que los aromas y sabores de los lagers son más limpios y frescos que las Ales.

Tabla 1: Diferencias sensoriales entre cervezas Ale y Lager.

| DIFERENCIAS SENSORIALES | |
|--------------------------|---|
| Ale | Lager |
| Sabor más robusto | Sabor más ligero |
| Afrutadas y aromáticas | Carbonatadas o crujientes |
| Sabor y aroma complejos | Sabor y aroma más sutil, equilibrado y limpio |
| Se sirve entre 7 y 12 °C | Se sirve entre 3 y 7 °C |
| Más amargas | Más suaves |

Según el origen, elaboración e ingredientes destacan 6 familias de cervezas:

- **Ale:** Tradicionalmente fabricada en las Islas Británicas, de fermentación alta. Son de color oscuro, aroma y paladar afrutado y sabor complejo. La temperatura ideal para degustarlas se encuentra entre los 12 y los 18 °C. Se elaboran sustituyendo gran parte de la cebada por grano de trigo. Resultan muy refrescantes, de bajo contenido alcohólico y de color amarillo pálido. Por ello, se las conoce como cervezas blancas (weissebier en alemán). Los estilos más conocidos son el elaborado al sur de Alemania y en Bélgica.
- **Lager:** Cervezas de baja fermentación. Es la variedad más difundida en el mercado. Muy refrescantes, con un marcado sabor a lúpulo y, generalmente, rubias con matices dorados oscuros. Se sirven entre los 7 -10 °C.
- **Lambic:** Originarias de la zona flamenca de Bélgica, se fabrican a partir de cebada malteada y trigo crudo. Utilizan cepas salvajes de levadura, lo cual provoca una fermentación espontánea semejante al vino. Se caracterizan por tener muy poco gas y un aroma y paladar ácidos y vinosos.

Dentro de esta familia se encuentra la variedad Kriek, Frambozen (cervezas de frutas). El añadir fruta a la cerveza es una tradición muy vieja en Bélgica. Se remonta a más de 400 años, siendo las cerezas y las frambuesas las frutas más utilizadas.

Al añadir cerezas (u otra fruta) a la cerveza lambic y dejarlas macerar en ella, ocurren tres cosas. En primer lugar, se produce una re-fermentación, debido a los azúcares de la fruta;

además, el sabor de la propia fruta es absorbido por la cerveza y hay un gran cambio en el color de ésta, que pasa a ser rosado o rojizo. El periodo de maceración en las barricas suele ser de unas 6 semanas, aunque algunos productores dejan la fruta mucho más tiempo. A continuación se embotellan y se les deja madurar más tiempo.

Las tradicionales cervezas belgas de frutas están hechas con cerezas y se conocen como kriek, que es el nombre flamenco de una variedad de cerezas. También es tradicional utilizar frambuesas, recibiendo entonces el nombre de framboise o frambozen.

Pueden ser dulces o secas, siendo éstas últimas perfectas para tomar como aperitivo, mientras que las más dulces son un buen acompañamiento de postre.

Este tipo de cerveza, que es una bebida tradicional de verano en el área de Bruselas, a veces se conoce como el “champagne rosado” del mundo de la cerveza, por su color, delicadeza y burbujeo, sirviéndose en copas aflautadas, como el cava o champagne. Suelen tener de 5 a un 7% de alcohol. Además de lambic, existen cervezas de frutas que utilizan como base otros estilos de cerveza, como gueuze u oud bruin belga.

- **Porter:** Cervezas de fermentación alta, muy oscuras, casi negras, densas, cremosas, dulzonas y con un sabor tostado o torrefacto. Se sirven a T ambiente.
- **Stout:** Del mismo tipo que las Porten, pero con más cuerpo, aunque no necesariamente de graduación más alta. La Stout más popular del mundo es la irlandesa "Guinness".

1.6. Propiedades funcionales de la cerveza.

La cerveza es una bebida fermentada tradicional que está presente en la dieta desde hace miles de años. Es una bebida de baja graduación alcohólica y se produce industrialmente a partir de ingredientes que apenas han cambiado en el transcurso de los siglos: agua, malta y lúpulo. Su posible relación con la salud no ha sido estudiada hasta tiempos muy recientes y sus efectos se achacan, sobre todo, a la presencia en la misma de sustancias antioxidantes como los polifenoles y las melanoidinas, además de otras sustancias nutritivas (folatos, carbohidratos, magnesio, etc.) y no nutritivas (fibra).

Dentro de las bebidas que contienen polifenoles destaca la cerveza, cuya actividad antioxidante global oscila entre unos valores mínimos y máximos comprendidos en el intervalo 2 - 56 mg según la Capacidad Antioxidante Equivalente de vitamina C (CEAC). Estos datos indican que se trata de una bebida con una capacidad antioxidante global significativa, ya que posee valores similares a otras bebidas alcohólicas, como el vino, y no alcohólicas, como el mosto. De los estudios realizados se desprende que el tipo de cerveza no influye en el poder antioxidante, ya que cervezas negras, rubias y sin alcohol presentan valores similares (González San José et al., 2001).

Los compuestos fenólicos protegen de la oxidación a las Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL) desempeñando un papel clave en la prevención de la aterosclerosis. También pueden prevenir la trombosis, inhibiendo la agregación plaquetaria, la permeabilidad y

fragilidad capilar (Mazza, 2000). Este efecto se ha demostrado mediante experimentos con animales *in vitro* e *in vivo*. En muchos casos se inhibe la AMP (adenosín monofosfato) y como resultado se incrementan los niveles de cAMP (adenosín monofosfato cíclico). Asimismo, se reduce el nivel de calcio, se inhibe el “factor de activación plaquetario”, se promueve la captación de los radicales libres y se reduce la liberación de enzimas que favorecen la agregación plaquetaria (Meltzer y Malterud, 1997; Craig, 1996).

Los compuestos fenólicos también son considerados como reguladores del sistema inmune y como antiinflamatorios, probablemente debido a la modulación del metabolismo del ácido araquidónico, reduciendo los niveles de tromboxano. También modulan la actividad enzimática de la ciclooxigenasa, lipoxigenasa, fosfolipasa A2, hialuronidasa, e inhiben la acción de la angiotensina convertasa, mieloperoxidasa (que produce el hipoclorito y otros prooxidantes) y xantinoxidasa (que produce los radicales superóxido), entre otras. Dichos efectos les otorgan un amplio potencial para su utilización con fines médicos (Craig, 1996). Son numerosos los estudios que han mostrado que este tipo de compuestos poseen propiedades antioxidantes, inhibiendo la peroxidación lipídica y captando radicales libres como hidroxilo, superóxido y alcoxi radical (Sichel et al., 1991).

Los efectos beneficiosos de la ingesta de un elevado número de alimentos ricos en compuestos fenólicos como cerveza, fresas, espinacas, vino tinto, etc. se pueden evaluar a corto plazo ya que aumentan la capacidad antioxidante en suero (Cao et al., 1998; Velioglu et al., 1998; Kähkönen et al., 1999), lo que avala el creciente interés por el consumo de alimentos ricos en estos compuestos (Hertog et al., 1995).

Desde un punto de vista bioquímico, los compuestos fenólicos también tienen un especial interés debido a su potencial anticarcinógeno, bien estimulando el bombeo de ciertos agentes cancerígenos hacia el exterior de las células o bien mediante la inducción de enzimas de detoxificación (Mazza, 2000). En la bibliografía científica son múltiples las referencias que demuestran que los flavonoides tienen efectos citostáticos en varios sistemas *in vitro* y que son capaces de regular ciertos procesos importantes en el desarrollo del cáncer. Los flavonoides tienen actividad antipromotora, efecto antiinvasivo, e inhiben enzimas como la tirosina proteinkinasa, la ornitina descarboxilasa ATP-dependiente y la DNA topoisomerasa. Numerosos trabajos de investigación demuestran que los isoflavonoides de la soja, especialmente la genisteína, pueden tener efecto protector frente a diferentes tipos de cáncer (mama, colon y piel). Este hecho, se ha relacionado con el efecto estrogénico de los isoflavonoides, mediante diferentes mecanismos bioquímicos (Barnes, 1995; Herman et al., 1995).

En lo que respecta al lúpulo, existen numerosos estudios sobre su papel en diferentes patologías. Así, según los resultados obtenidos por Milligan et al., (2002), se encuentra que la humulona del lúpulo inhibe la resorción ósea, lo que produce una elevada protección frente a la osteoporosis, y posee una pronunciada actividad anti-inflamatoria. La humulona inhibe además la angiogénesis, es decir, reduce la formación de nuevos vasos sanguíneos, proceso clave en la proliferación de tumores, así como en el crecimiento descontrolado de células endoteliales, un marcador de riesgo cardiovascular.

En cuanto al valor nutritivo de la cerveza, su valor calórico se debe a su contenido en alcohol etílico (7 Kcal/g), y a su extracto seco residual, constituido fundamentalmente por maltodextrinas (4 Kcal/g) procedentes de la hidrólisis del almidón y que la levadura no pudo metabolizar. Una cerveza de 5° aportaría aproximadamente 450 Kcal/L, de las que dos terceras partes corresponden al alcohol contenido y el resto a las maltodextrinas. La ingesta de un litro diario de cerveza aportaría un 17% de las necesidades energéticas diarias de un hombre y el 22 % en el caso de la mujer. La cerveza sin alcohol tiene obviamente un valor calórico mucho más bajo, del orden de 140 Kcal/L (Hughes, 2003).

1.7. La alcachofa: origen y descripción botánica.

La alcachofa o alcaucil es una planta de origen mediterráneo del género *Cynara* y de la familia *Asteraceae*. Su nombre científico es *Cynara scolymus* L. Es descendiente del cardo borriquero o común, *Cynara cardunculus* L., endémico de la cuenca mediterránea y de la región macaronésica.

Procede de Egipto y está distribuida por todo el Mediterráneo. Parece ser que ya era conocida por griegos y romanos, que le otorgaban poderes afrodisíacos. Su nombre, según la leyenda, procede de una bellísima chica llamada Cynara y seducida por Zeus, que después la transformó en la primera alcachofa.

Durante la Edad Media se fue introduciendo en Italia y España, y se piensa que en esta época, del cultivo sucesivo de los cardos, los horticultores poco a poco lograron la consecución de la alcachofa mediante diversas transformaciones.

Empezó a ser consumida en la Italia del siglo XV, la tradición dice que fue introducida en Francia por Catalina de Médicis, a la que le gustaba comer corazones de alcachofa. El Rey Sol, Luis XIV de Francia, era otro gran consumidor de alcachofas.

Fueron los colonos españoles y franceses los que la introdujeron en el continente americano. En España esta introducción la llevaron a cabo los árabes y se duda entre la posibilidad de que nos enseñaran su cultivo o que aplicaran las técnicas aprendidas en origen para transformar los cardos que siempre poblaron nuestra tierra.

El cultivo de la alcachofera es muy antiguo. Las primeras referencias hay que buscarlas en los dibujos grabados en las tumbas egipcias. Los griegos y los romanos la comieron en abundancia y siempre pensaron que era una planta que les aportaba grandes propiedades digestivas y estimulantes. En aquel tiempo, solamente se comían los tallos. La primera referencia en la que aparece la alcachofa como una hortaliza comestible es en el año 1400 en Italia.

1.8. Morfología.

- **Familia:** Compuestas
- **Especie:** *Cynara scolymus*, L.
- **Sinonimias:** Alcaucil
- **Origen:** Norte de África y Sur de Europa.
- **Planta:** Planta vivaz, que puede considerarse como bianual y triannual, conservándose como vivaz en cultivos muy abandonados y con notable decrecimiento de la producción. Tallos erguidos, gruesos, acanalados longitudinalmente y ramificados, con más de un metro de altura.
- **Sistema radicular:** Extraordinariamente potente, que le permite adaptarse a una extensa gama de suelos. Se inserta en un rizoma muy desarrollado, en el que se acumulan las reservas alimenticias que elabora la planta.
- **Hojas:** Largas, pubescentes, grandes, de color verde claro por encima y algodonosas por debajo. Los nervios centrales están muy marcados y el limbo dividido en lóbulos laterales, a veces muy profundos en las hojas basales y mucho menos hendidos en hojas de tallo.
- **Flores:** Terminales muy gruesas, recubiertas por escamas membranosas imbricadas y carnosas en la base constituyendo la parte comestible.
- **Fruto:** Es un aquenio provisto de vilano, de forma oblonga y color grisáceo, que son considerados como la semilla de la planta, pesando el litro de 600 a 610 gramos y durando de seis a doce años su facultad germinativa.

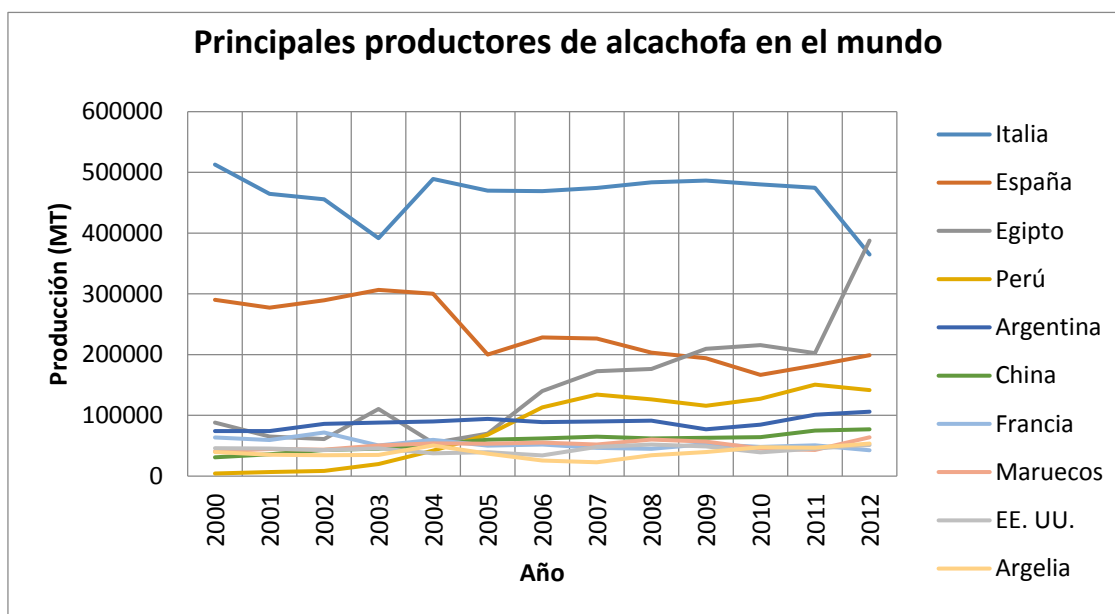
1.9. Importancia económica de la alcachofa.

Este vegetal se cultiva principalmente debido a la producción de sus inflorescencias o capítulos inmaduros (Bianco, 1990), que se utilizan para su consumo como verdura; de hecho es un componente tradicional de la dieta mediterránea (Ceccarelli et. al., 2010).

Pero la alcachofa también se utiliza para la extracción de componentes bioactivos de las hojas (Gebhardt, 1997; Frattiani et. al., 2007; Sonnante et. al. 2010 y Negro et. al. 2012), aparte de que las partes comestibles de ésta, contienen elevadas cantidades de polifenoles, así como inulina, fibras y minerales; las hojas poseen extractos utilizados en productos farmacéuticos debido a que poseen las más altas cualidades antioxidantes dentro de las hortalizas, lo que está estrechamente relacionado con su contenido polifenólico (Ceccarelli et. al., 2010).

Los campos de las zonas bajas de la cuenca mediterránea fueron los primeros lugares donde se desarrolló el cultivo de alcachofa, que ha ido proliferando a lo largo de los siglos hasta que la producción se ha estancado desde finales del siglo pasado. Según datos facilitados por la FAO, para el año 2012, los principales productores de alcachofa a nivel mundial son, en orden decreciente de producción, Egipto, Italia, España, Perú, China, Marruecos, Argelia, EEUU y Francia, tal y como se desprende del gráfico que se presenta a continuación.

Gráfico 1: Principales productores de alcachofa en España entre los años 2000-2012.



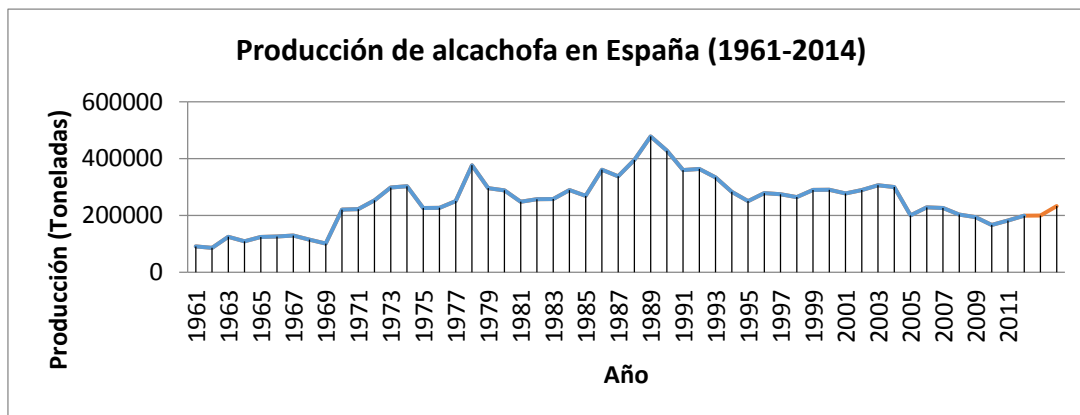
Fuente: Elaborado a partir de datos estadísticos de la FAOSTAT, 2015.

Italia y España en este orden, habían sido siempre los mayores productores de alcachofa del mundo, pero en estos últimos años han ido decreciendo sus producciones con altibajos, hasta el punto de ser desbancados por Egipto. Desde el año 2000 al año 2012 Italia ha reducido su producción en un 28,868 % y España en un 31,390 %. Al final de este periodo, se puede observar que Italia tiende a un descenso brusco y España tiende a un crecimiento suave en la producción. Egipto, tras varias bajadas y subidas de producción, empezó a aumentar hasta que en el año 2012 elevó su producción enormemente hasta cuadruplicarla, llegando a liderar el ranking de los mayores productores de alcachofa del mundo con 387704 MT (millones de toneladas). Pero es Perú, quien ha ido aumentando vertiginosamente su producción, multiplicándola por más de 32 veces, hasta el punto de pasar del puesto 17º con 4310 MT al puesto 4º con 141496 MT.

Argentina, tras un largo periodo de tiempo aumentando su producción y posteriormente una serie de bajadas y subidas de producción, ha ido aumentando ésta en los últimos años quedándose en el 5º puesto. En el puesto 6º se encuentra China, que salvo por una leve bajada, ha ido creciendo constantemente hasta más que duplicar su producción en el año 2012. Marruecos con un sin cesar de bajadas y subidas, eleva su producción consiguiendo el 7º puesto. EE. UU. Logra el 8º puesto, también con un sin cesar de bajadas y subidas, manteniendo su producción con un leve ascenso. Francia ha sufrido una constante bajada y subida en su producción reduciendo ésta y ostentando el 9º puesto, y al igual que Italia y España ha reducido su producción en torno a un tercio (33,240 %). Argelia ha ido bajando y subiendo con tendencia al ascenso en producción, aumentando ésta y quedando en décimo lugar.

En lo que ha España se refiere:

Gráfico 2: Principales productores de alcachofa en España entre los años 2000-2012.



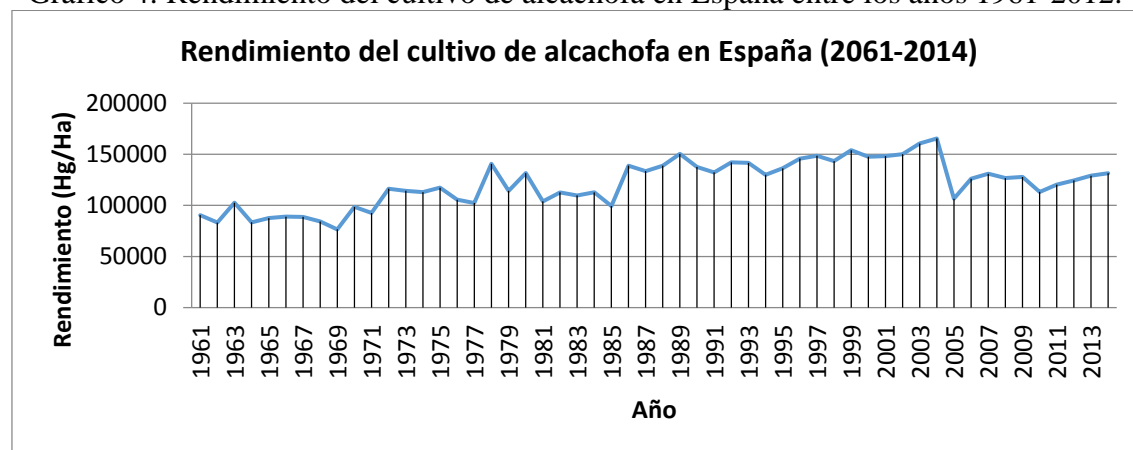
Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos de la FAO STAT, 2015.

Gráfico 3: Superficie de alcachofa en España entre los años 1961-2012.



Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos de la FAO STAT, 2015.

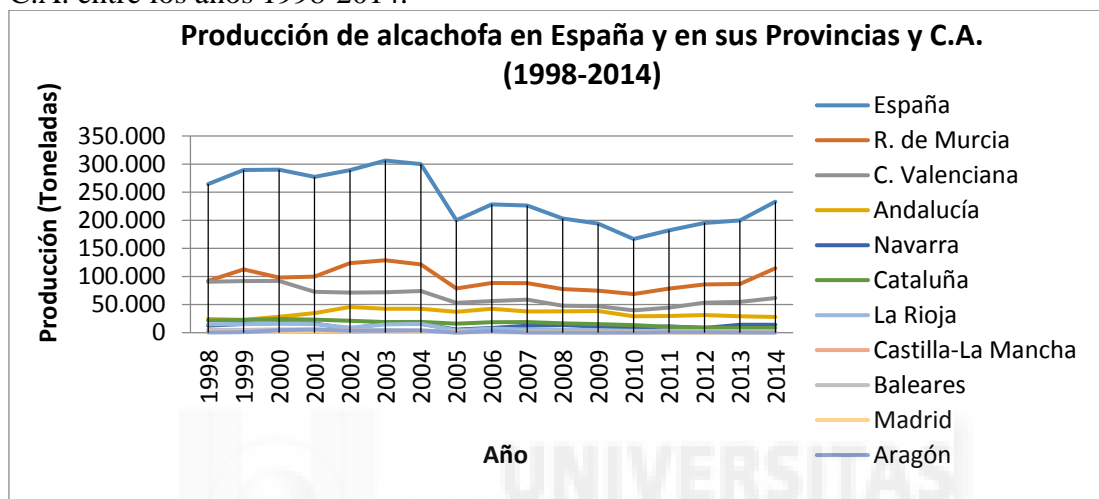
Gráfico 4: Rendimiento del cultivo de alcachofa en España entre los años 1961-2012.



Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos de la FAO STAT, 2015.

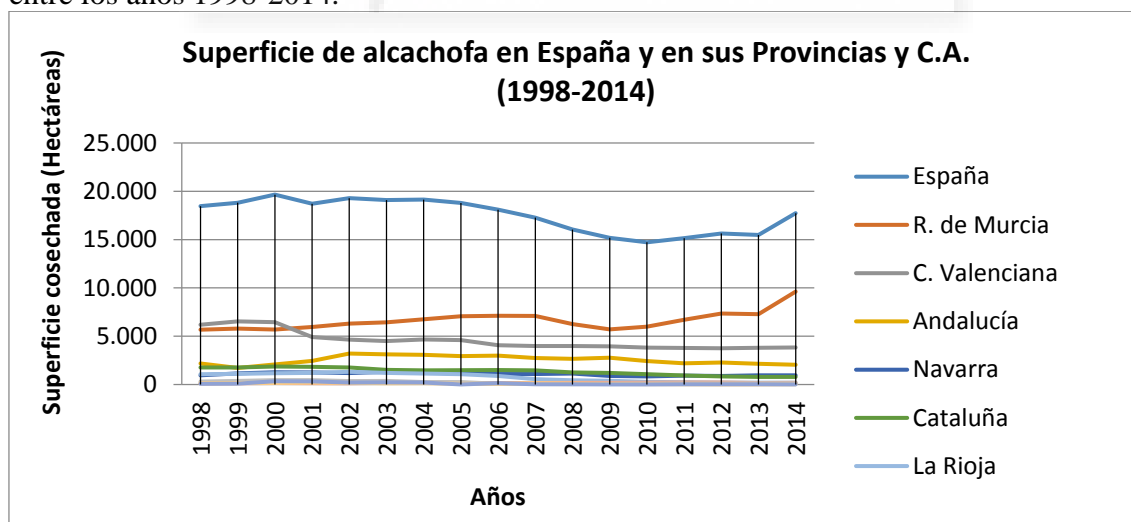
(*) Nota: Las superficies ofrecidas en estos cuadros reflejan el resultado de una operación estadística por muestreo y se refieren a la cubierta del suelo en el momento de la investigación de campo (verano del año 2014). No constituyen por tanto la cifra oficial que se difundirá en el anuario de estadística agraria. Se hace referencia a la producción, superficie y rendimiento de los años 2013 (provisional) y 2014 (avance) que figura en el cuaderno a fecha de 24 de octubre de 2014.

Gráfico 5: Comparativa de la Producción de alcachofa en España y sus Provincias y C.A. entre los años 1998-2014.



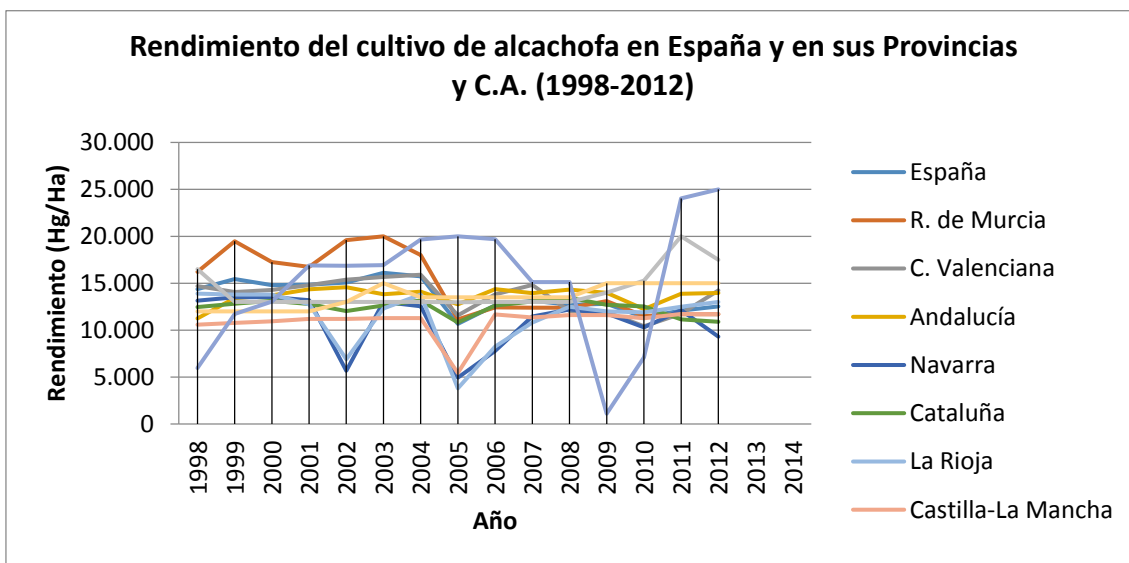
Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos del MAGRAMA, 2015.
Los datos del año 2013 son provisionales y los datos del año 2014 son un avance.

Gráfico 6: Comparativa de la superficie de alcachofa en España y sus Provincias y C.A. entre los años 1998-2014.



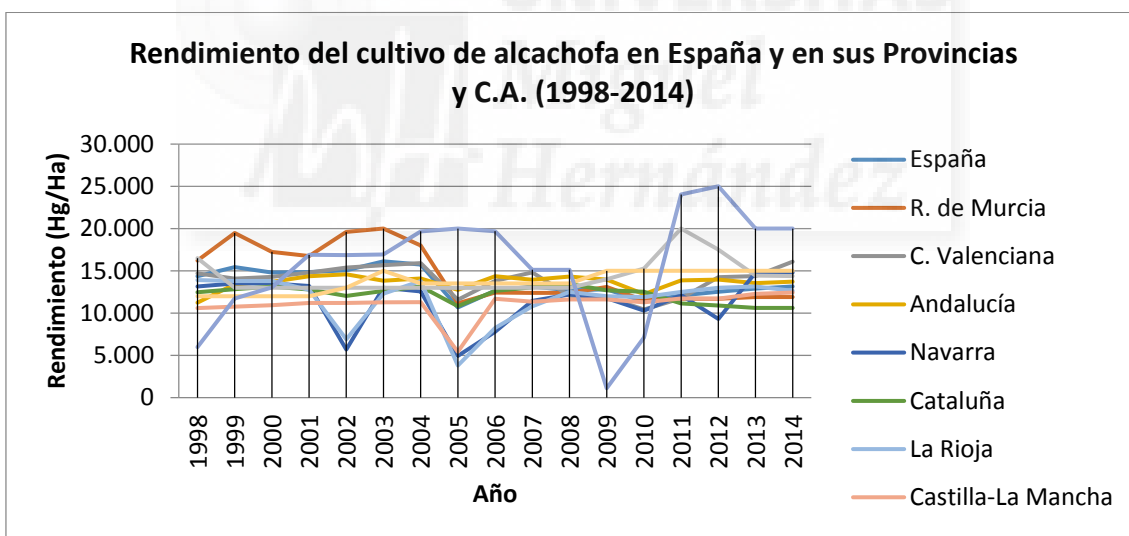
Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos del MAGRAMA, 2015.
Los datos del año 2013 son provisionales y los datos del año 2014 son un avance.

Gráfico 7: Comparativa del Rendimiento del cultivo de alcachofa en España y sus Provincias y C.A. entre los años 1998-2012.



Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos del MAGRAMA, 2015.

Gráfico 8: Comparativa del Rendimiento del cultivo de alcachofa en España y sus Provincias y C.A. entre los años 1998-2014.



Fuente: elaborado a partir de datos estadísticos del MAGRAMA, 2015.
Los datos del año 2013 son provisionales y los datos del año 2014 son un avance.

1.10. Formas de consumo de alcachofa.

Una de las formas más saludables de comer alcachofas es hacerlo crudas, añadiendo trozos de su corazón fresco. Por otro lado, la conserva de alcachofa mantiene toda la esencia de la llamada «flor de las verduras», envasando la textura y el sabor tan característicos en este vegetal. La alcachofa es «todo corazón» y se ha convertido en un vegetal insustituible y su particular sabor aporta un toque amargo muy personal a la cocina española.

El mejor consejo a la hora de comprar alcachofas es decantarse por las más pequeñas. A la hora de la cocción, demasiado tiempo al fuego puede perjudicar tanto su sabor como su aspecto, por lo que lo más recomendable es dejarlas «al dente», otra buena opción de compra es buscar alcachofas avaladas por denominaciones de origen, como las de Tudela (Navarra) o Benicarló (Castellón).

En conserva las podremos disfrutar durante cualquier época del año, pero será un gran acierto disfrutarlas en su mejor momento de consumo: el invierno.

1.11. Cultivo y variedades de alcachofa.

La alcachofa o alcaucil es una planta perenne y que crece en climas templados. Pertenece al género de las *cynara* como ya se ha nombrado anteriormente y más concretamente a la familia *asteraceae* que es una especie de cardo del cual se come la flor. Se dice que es una de las flores comestibles más célebres de Occidente y que probablemente provenga como derivación de un cardo muy apreciado en la antigua Grecia. Su nombre es una derivación italianizada del vocablo árabe *al'qarshuf* (cardo pequeño), y comparte cierta familiaridad y sabores con los cardos, la lechuga y el salsifí.

En la cuenca mediterránea se obtiene, aproximadamente, el 90 % de la producción mundial de alcachofa, que se encuentra estabilizada en torno a 1,2 millones de toneladas. Los países de la Unión Europea obtienen cerca del 80 % de la producción mundial, siendo Italia, con el 45 %, y España, con el 24 % de la oferta, los países más significativos.

En España las principales zonas productoras se encuentran en la costa mediterránea, especialmente en Murcia y Alicante, y en el Valle del Ebro. La principal característica de la producción española es su alta tasa de transformación industrial. Aunque España es el segundo productor mundial, ocupa el primer puesto como país exportador de alcachofas frescas y en conserva.

Consideraremos dos grandes grupos de variedades de alcachofa:

El de **multiplicación vegetativa**, que es el más importante, y el de **multiplicación por semilla**.

Sala y Carpintero (1967) subdividían las variedades españolas en dos grupos, a saber:

- Blancas.
- Violetas.

Las variedades violetas solían ser de origen extranjero. Más tarde se desarrolló algo más este tipo de cultivo con la variedad francesa «Violeta de Provenza», que se cultiva en la zona sureste española.

Las variedades blancas suelen ser de origen español, entre ellas se citan diferentes variedades:

- Blanca de Tudela.
- Aranjuez.
- Del Prat.
- Getafe.
- De Benicarló.
- De Reus.
- Monquelina.

Las variedades Blanca de Tudela, de Benicarló, del Prat y de Reus, son variedades muy parecidas y éstas suelen iniciar la subida a flor en otoño, prosiguiéndola en invierno y primavera.

Las variedades Monquelina, Aranjuez y Getafe son variedades también próximas entre sí, pero estas son más tardías, es decir, la subida a flor la tienen a finales del invierno.

Variedad de Blanca de Tudela:

En esta variedad se ha encontrado una gran variabilidad interclonal, habiéndose seleccionado algunos clones superiores por su precocidad, productividad y calidad. Un carácter que ha sido reconocido de forma universal en ésta variedad es su alta capacidad de rebrotación.



Variedad Aranjuez o Getafe:

Es una variedad menos precoz y productiva que la anterior. Además, el peso de los capítulos es algo inferior.

También existen variedades extranjeras, como la variedad **Violeta de Provenza**, ésta es muy próxima a la Blanca de Tudela pero menos precoz y con una pigmentación violeta mayor. Y como la variedad **Macau**, ésta tiene capítulos de mayor tamaño y es más tardía que la Blanca de Tudela pero es del mismo color.



Variedad francesa, Violeta de Provenza

Fuente: magrama

Fuera de esta última clasificación son destacables otras variedades híbridas que se reproducen por semilla: Imperial Star, Emerald, Orlando, Lorca, Harmony, Madrigal. Las variedades también se clasifican respecto a su capacidad de florecencia. Las variedades reflorescentes son aquellas que fructifican dos veces al año y las no reflorescentes lo hacen una sola vez. Otro elemento clasificador es el que tiene en cuenta si la producción es otoñal o invernal (Maroto, 1995).

Los criterios de agrupación varietal de la alcachofa son muy variados. En estudios iniciados por Rodríguez en 1979 para seleccionar y tipificar las variedades de la alcachofa, se han utilizado los siguientes:

Caracteres morfológicos: basados en las características generales de las plantas (porte, altura, ahijado, etc.) en los diversos aspectos que representan las hojas (color, heterofilia, espinosidad, etc.) y en el tipo de capítulos (color, forma, compacidad, etc.)

Caracteres productivos: basados en el rendimiento, precocidad de la producción, duración del ciclo productivo, etc.

Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se ha optado por clasificar las variedades de alcachofa según su época de recolección en variedades precoces, susceptibles de iniciar la formación de capítulos en otoño, prosiguiéndose en invierno y primavera, variedades tardías, que inician la formación del capítulo al final del invierno, y variedades de media estación, cuya iniciación floral y consecuente formación de capítulos se produce en un periodo intermedio.

Tabla 2: Variedades precoces de alcachofa.

| Variedades precoces | | | |
|---------------------|---|---------------------|---|
| Blanca de Tudela |  | Lorca |  |
| Imperial Star |  | Violeta de Provenza |  |

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

Tabla 3: Variedades de ciclo medio de alcachofa.

| Variedades de ciclo medio | |
|---------------------------|---------|
| Green Globe | Harmony |

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

Tabla 4: Variedades tardías de alcachofa.

| Variedades tardías | |
|--------------------|------|
| Concerto | Opal |
| Madrigal | |

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)

Dentro de todas las variedades que se han mencionado aquí, en el territorio nacional tiene especial importancia la variedad ‘Blanca de Tudela’, por esta misma razón es la que se ha empleado en la realización de este proyecto.

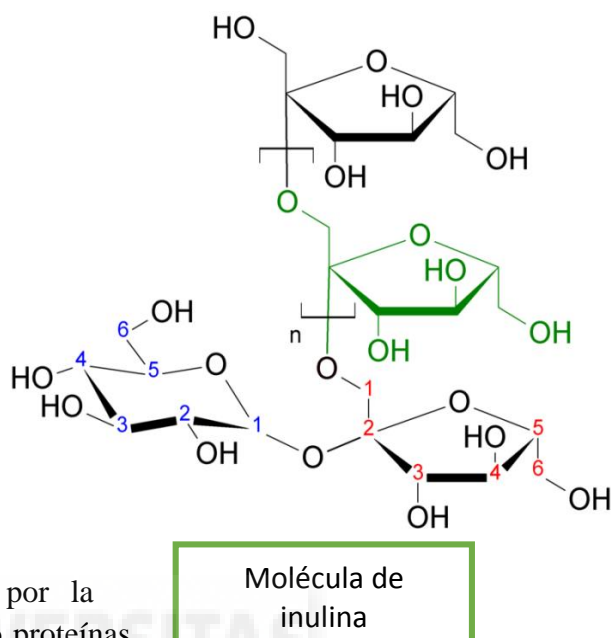
1.12. Propiedades funcionales de la alcachofa.

Las alcachofas pueden comerse tanto como verdura fresca, enlatada o incluso después de haber sido congelada. Antiguamente, esta planta se ha utilizado en el ámbito de la medicina desde la época romana, por sus beneficios para la salud que principalmente son debidos a su alto contenido en polifenoles e inulina. Estas sustancias son importantes para la nutrición humana, especialmente en el área Mediterránea que es donde más se cultiva, ya que están implicados en la prevención del cáncer.

La alcachofa es una planta genéticamente resistente, con una tolerancia marcada a patógenos y áfidos, esto probablemente se debe a su alto contenido de sesquiterpenos con actividad antialimentaria (como el cynaropicrin, que es el responsable del típico sabor amargo de la alcachofa). La alcachofa tiene bajo contenido en grasas y un alto contenido en vitamina C (10 mg/100 p.f.), en comparación con otros vegetales, las cabezas de las flores de la alcachofa son particularmente ricas en inulina (19-36 % peso seco), las

cabezas de las flores de alcachofa también presentan una fuente rica de minerales en particular, K y Ca contenido en 360 y 50 mg/100 p.f., respectivamente. Desde un punto de vista nutricional, los altos niveles de compuestos bioactivos en las brácteas interiores y los recipientes presentan un valor añadido para la cabeza de la flor de alcachofa.

Se ha encontrado que las hojas y las cabezas de alcachofa son ricas en compuestos polifenólicos, inulina, fibra y minerales. En varios estudios farmacológicos, los extractos de hoja de alcachofa han mostrado una amplia gama de efectos, incluyendo colerético, hipocolesterolémicos y actividad antioxidante. El efecto diurético y hepatostimulante de las hojas de alcachofa han sido conocidos desde la antigüedad, pero en las últimas décadas los constituyentes bioactivos han sido identificados. Estos compuestos fenólicos muestran una marcada actividad captadora contra las especies reactivas al oxígeno y los radicales libres, actuando como protección contra los daños por la oxidación a las moléculas biológicas, tales como proteínas, lípidos y ADN, así como la capacidad de inhibir la biosíntesis de colesterol y la oxidación de las LDL.



Las propiedades farmacológicas de los extractos de hoja de alcachofa están bien documentadas en varios estudios in vitro.

Las flavonas como son apigenina y luteolina se han identificado en las hojas y cabezas de la planta en forma de glucósidos y rutinosidos, mientras que los pigmentos de antocianina sólo están presentes en las cabezas en forma de glucósidos y soforósidos. Estos pigmentos son responsables del color de los capítulos de la alcachofa que oscila entre verde y violeta. Las antocianinas, además de sus propiedades saludables, tienen también un papel importante en la elaboración de alimentos a partir de plantas y por lo tanto en la aceptación por los consumidores hacía estos alimentos.

El contenido de inulina en alcachofa es afectada fuertemente por el método de la temperatura y la preservación del almacenaje. El compuesto nombrado es un carbohidrato altamente soluble en agua, no digerido o absorbido en el intestino porque los seres humanos carecen de las enzimas necesarias para la hidrólisis de fructanos, pero es fermentado en el colon por bacterias beneficiosas como son las bifidobacterias. La inulina actúa como prebiótico, puede ser consumida como suplementos dietéticos o en alimentos funcionales. Este compuesto tiene efectos beneficiosos en la absorción mineral, composición lipídica sanguínea y prevención del cáncer de colon. (González San José et al., 2001).

Por lo tanto, podemos concluir diciendo que la alcachofa es una fuente de inulina y puede ofrecer nuevas oportunidades a la industria alimentaria para elaborar nuevos productos sanos.

2. Objetivos.

La cerveza artesanal es un producto que ha desatado gran interés en los últimos años, debido a que se ha incrementado su producción y, con ello su consumo a nivel mundial. Por este motivo, el objetivo general de este trabajo ha sido elaborar un nuevo alimento funcional que presente todas las propiedades beneficiosas de la cerveza como son las vitaminas del grupo B: tiamina, riboflavina, Ácido pantoténico, piridoxina, biotina, mesoinositol, cianocobalamina y niacina. Junto con las propiedades beneficiosas de la alcachofa comentadas anteriormente como, su alta concentración en polifenoles, inulina, fibra y minerales. Los objetivos parciales de este trabajo han sido la caracterización de esta cerveza con alcachofa y la valoración del grado de aceptación de los consumidores.

3. Materiales y métodos.

3.1. Materiales.

Para la realización de este trabajo seguimos la siguiente fórmula, utilizamos tres maltas diferentes: Pale Ale Malt, Caramel/Crystal Malt, Chocolate Malt, y dos tipos de lúpulo: Victoria y Summer.

En lo que respecta a los diferentes tipos de malta que se utilizaron para la elaboración:

- **Pale Ale Malt:** Esta malta es la base de la fórmula. Contiene suficiente carga enzimática para realizar la conversión de azúcares en el macerado, a pesar de contener casi un 30% de maltas tostadas, con menor o nula capacidad enzimática.
- **Caramel/Crystal Malt:** Este tipo de malta, de baja capacidad enzimática, aporta color y mejora la capacidad de retención de espuma en el producto final.
- **Chocolate Malt:** Tal y como su nombre indica, esta malta con un alto grado de tostado, aporta un intenso color marrón y presenta aromas que recuerdan al chocolate, pero, en el producto final, resaltan los aromas y sabores acafetados y a frutos secos tostados.

Respecto a los dos tipos de lúpulo empleados:

- **Victoria:** Esta variedad de lúpulo tiene un sabor cítrico y frutado. Su contenido en α -ácidos es de un 11,5-14,8 % y β -ácidos 5,8-7,5 %.
- **Summer:** Summer es un lúpulo aromático único y sin semilla desarrollado y cultivado en Australia. Summer cuenta con un diferente y suave aroma a albaricoque con notas de melón equilibradas por un fuerte lúpulo que se puede utilizar con un gran efecto en muchas variedades de cerveza. Su contenido en α -ácidos es de 4-7 %.

Alcachofa: Incorporamos la alcachofa porque es un alimento vegetal que alberga una concentración muy alta de polifenoles, presenta aproximadamente unos 500 μg por cada gramo de alcachofa.

Equipo



Imagen 1: Equipo empleado para la elaboración de cerveza.

3.2. Métodos.

A continuación se explicará cómo se llevó a cabo el proceso de elaboración de nuestras cervezas:

- **Limpieza.** Antes de empezar debemos asegurarnos de que todos los utensilios que utilizaremos están limpios, tales como maceradores, ollas, fermentadores, etc. Para ello utilizamos Chemipro Oxi, un higienizante basado en oxígeno activo muy utilizado en la elaboración de cervezas, ya que además de ser muy eficaz no deja restos que puedan perjudicar nuestro producto.
- **Molturado de la malta.** Molemos la malta hasta el punto óptimo rompiendo el grano pero sin llegar a hacer harina. La cascarilla sirve como prefiltro al filtro del macerador.
- **Calentamiento del agua.** Las cervezas con más cuerpo se calienta el agua a temperaturas moderadas alrededor de unos 70°C.
- **Maceración.** En primer lugar, procedimos al llenado de nuestra olla con la cantidad correspondiente de agua. Calentamos el agua, la trasegamos al macerador y adicionamos al macerador la cantidad de malta según la fórmula. Para el caso de la maceración simple añadimos primero 50 L de agua a 75,7°C, durante unos 60-70 minutos para completar la sacarificación.

- **Filtrado.** Se realiza antes de la cocción, se procede al trasiego del mosto sin el bagazo (cáscara que queda después de haber extraído), este trasiego es efectuado a través de una malla metálica o filtro. Obtenemos un mosto mucho más clarificado en el que aparte de la malla, las cascarillas que conforma el bagazo actúa como filtro natural.
- **Cocción.** Antes de la cocción Una vez concluido el proceso de maceración, trasegamos el mosto a una olla donde se llevó a cabo la cocción de éste durante 60 minutos. La adición de los diferentes lúpulos se hace según se explica en la receta donde: a los 15 y 30 minutos de finalizar la cocción se añaden diferentes cantidades de Victoria, y Summer. Las adiciones de lúpulo al inicio de la cocción, proporcionan el amargor mientras que, las adiciones a mitad y finalización de ésta proporcionan sabor y aroma, respectivamente.
- **Whirlpool.** El whirlpool es un proceso muy sencillo que podemos realizar cuando elaboramos cerveza en casa, y que sin duda nos permitirá conseguir un producto final totalmente distinto. Esta práctica se basa principalmente en remover el mosto de forma circular para crear un remolino, justo después de la cocción. Este remolino provocará que las partículas y los sólidos del mosto se acumulen en el centro de la cuba, favoreciendo así la obtención de un mosto mucho más limpio.
- **Enfriado del mosto.** El mosto debe ser rápidamente enfriado a temperaturas de fermentación entre 20 °C y 26 °C antes de añadir la levadura esto se logra a través de un intercambiador de calor de placas. El mosto ya filtrado pasa por un espacio determinador a través del intercambiador de calor Simultáneamente, el agua que actúa como medio refrigerante, pasa por los otro espacio de forma alternada con el mosto. Las ondulaciones de las placas garantizan un flujo turbulento, lo que se pretende conseguir es que el mosto alcance una temperatura de unos 20 °C.
- **Inicio de la fermentación.** En primer lugar nos aseguramos de que la temperatura dentro de los fermentadores es de unos 20 °C. Posteriormente añadimos la levadura líquida 30 ml (150 ufc/ml) en los diferentes fermentadores de una capacidad de 25 L y removemos el mosto para que se oxigene la mezcla y la levadura pueda actuar correctamente. Una vez añadida la levadura tapamos el fermentador y colocamos el Airlock en los que introducimos o válvula de fermentación que llenamos con metabisulfito potásico y ácido cítrico en el interior hasta la mitad más o menos del instrumento. Después dejaremos los fermentadores a 12 y 25 °C según corresponda para que tenga lugar el inicio del proceso.

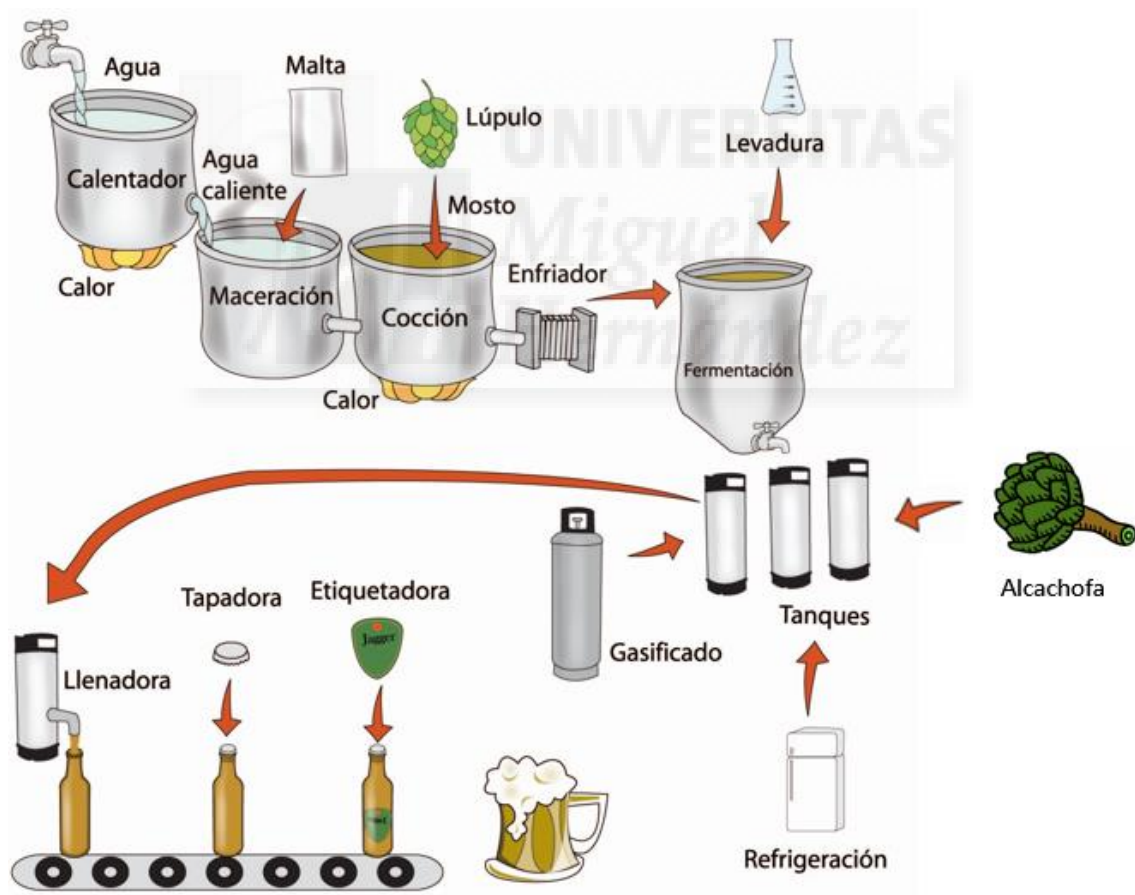
- **Fermentación.** Transcurridas 24 horas después de haber añadido la levadura, el mosto comenzó a fermentar. Se notará porque aparecerá una capa de espuma en la parte superior del mosto (es una cerveza de fermentación alta) y la válvula de fermentación empezará a burbujear. Durante los dos primeros días la fermentación será bastante intensa, se formará una capa gruesa de espuma y el agua burbujeará con mucha frecuencia. Después la fermentación será más lenta y disminuirá la acción de la válvula. Una vez concluido el proceso de fermentación, el cual se puede comprobar realizando una medida de la densidad.
- **Clarificado por frío.** Tras la fermentación se realiza un choque térmico frío para favorecer el precipitado de la levadura y clarificar la cerveza
- **Trasiego de la cerveza.** procedimos a trasegar la cerveza de un fermentador a otro con el fin de eliminar el poso de levadura que se forma durante la fermentación. Para ello deberemos de tener cuidado de no mover el cubo donde está la cerveza, para no agitar el sedimento. El trasiego lo realizamos dentro de la campana de extracción para evitar cualquier posible contaminación de nuestra cerveza.

3.3. Incorporación de la alcachofa.

- **Cortado.** La única parte de interés de la alcachofa en nuestro experimento es el corazón, por lo que procederemos al cortado seguido de su extracción, evitando la presencia de pelos. Cortamos el corazón de la alcachofa en cubos de unos 4x4mm.
- **Congelación.** Es el paso siguiente al cortado, se introducen los cubos de alcachofa en una cuba de nitrógeno líquido para evitar el pardeamiento de dichos cubos de alcachofa, es decir, evitando que actúe la PPO (Polifenol oxidasa) enzima encargada de la polimerización de las O-quinonas que genera productos de tonalidad marrón, lo que a su vez es la causa del pardeamiento enzimático.
- **Maceración junto con cerveza.** La alcachofa se extrae del congelador y se vierte en el tanque o cuba de fermentación durante unas 24 o 36 horas. Sabiendo que la densidad final de la cerveza es de 1010g/L verteremos por cada litro un 5% de alcachofa.
- **Trasiego para separar alcachofa.** Se realiza un nuevo trasiego para desprendernos así de los cubos de alcachofa que se dejaron macerar junto con la cerveza.

- Embotellado.** En este último paso, debemos colocar el cubo de fermentación en un lugar elevado. En este paso utilizamos un llenador de goma que se acopla al grifo del cubo y facilita el llenado de botellas. No debemos llenar las botellas hasta arriba, sino que hay que dejar cierto espacio de cabeza para que la botella no reviente con el desarrollo de gas. Una vez llena la botella, a pesar de presentar un aspecto claro, la cerveza sigue contando con la presencia de levadura en su interior para llevar a cabo la fermentación de azúcares (sacarosa) extra y que así carbonate por lo que le adicionamos unos 4-6 g/L, tras este paso le colocamos una chapa en el cuello y la cerramos mediante una chapadora manual. Cabe decir que la cerveza sigue madurando una vez embotellada, por lo que es aconsejable dejarlas reposar por un tiempo antes de consumirlas. Éste tiempo de reposo, corresponde a la segunda fermentación, que se realiza, básicamente, para carbonatar y madurar la cerveza verde.

3.4. Diagrama de flujo de cerveza con alcachofa



<http://cerveceriajagger.com.ar/wordpress/wp-content/uploads/2011/03/proceso.jpg>

4. Determinaciones analíticas.

4.1. Densidad.

Se emplea el densímetro para el cálculo de este parámetro. Para ello procedemos al llenado de una probeta con 200 ml aproximadamente de cerveza e introducimos dentro del densímetro que nos dará la medida de la densidad. En este punto, la cerveza se atemperó previamente a 20 °C y se desgasificó por completo.

4.2. pH.

Medir con el pH-metro ambas muestras, cerveza control y cerveza con la adición de alcachofa.

4.3. Determinación del grado alcohólico.

Para determinar el grado alcohólico es necesario conocer la densidad inicial del mosto antes de la fermentación y la final, mejor obtenerla después de la fermentación secundaria. Utilizamos a razón la siguiente fórmula:

$$\frac{(Densidad\ inicial - Densidad\ final)}{7,45} = \% \left(\frac{v}{v} \right)$$

4.4. Determinación de color EBC°.

Para determinar el color según la AOAC se utilizó el método Espectrofotométrico. El método se basó en medir la absorbancia a las longitudes de onda de 430 nm y 700 nm a 20 °C en la cerveza previamente desgasificada. Cuando el cociente obtenido de absorbancia a 430 y 700 nm, es mayor o igual a 25, la muestra está libre de turbidez visible y se puede realizar el cálculo para la determinación de color.

Las unidades de °EBC de color corresponden a: °EBC = 25 x Abs_{430nm}

La medida de color también se realizó mediante colorímetro Minolta Konica CR-400 con aplicación para elementos líquidos usando el sistema CIE Lab (L*, a* y b*). Se determinó el color de cada una de las cervezas, obteniendo un valor representativo de la muestra.

El modelo CIE-Lab es el modelo cromático usado normalmente para describir los colores que puede percibir el ojo humano. Fue desarrollado específicamente por la Comisión Internacional de Iluminación.

Este sistema de medida de color aporta tres parámetros que están relacionados con dos conceptos básicos en la apreciación del color: luminosidad y cromaticidad (tono y croma). Dichos parámetros son los siguientes:

- Parámetro L^* , que indica la luminosidad. Varía del 0, que corresponde al negro, al 100, que corresponde al blanco.
- Parámetro a^* , representa el eje que va desde -60 hasta el 0 que corresponde con colores verdes ($-a^*$) y desde 0 hasta +60 que corresponde a colores rojos ($+a^*$).
- Parámetro b^* , representa el eje que va desde -60 hasta 0 que corresponde a colores azules ($-b^*$) y desde 0 hasta +60 que corresponde a colores amarillos ($+b^*$).

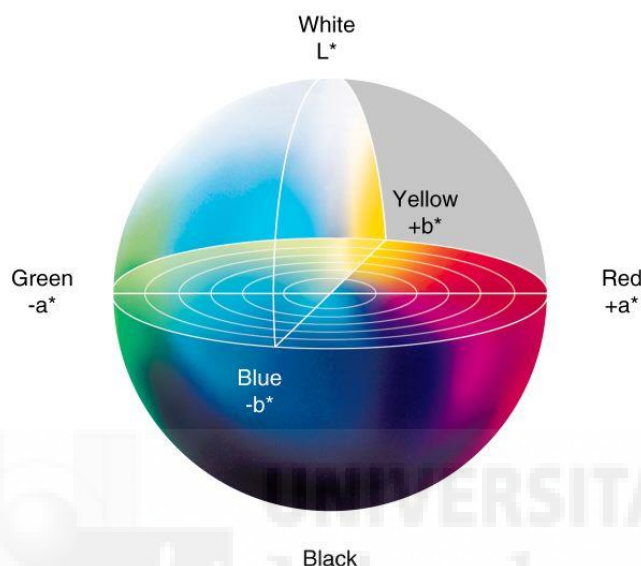


Diagrama de color CIE Lab. (Fuente: www.colorinstrument.cn)

Cada color viene representado por tres valores de estas coordenadas que representan un punto en el espacio tridimensional (Minolta 1994). Los parámetros a^* y b^* corresponderían a la cromaticidad, mientras que L^* , como ya se ha comentado, corresponde con la luminosidad.

4.5. Determinación de amargor en cerveza.

La determinación se basó en el método químico. Se transfirió 0,5 de cerveza fría (10 °C) a un tubo eppendorf, donde las sustancias más amargas fueron extraídas con 1mL de iso-octano en un medio acidificado con 25 μ L de HCL 6N mediante centrifugación a una velocidad de 3000 rpm durante 5 minutos. Posteriormente, se mide la absorbancia de la fase orgánica, la capa de iso-octano a 275 nm. Finalmente obtenemos las unidades de amargor °BU.

Las unidades de amargor corresponden a: $^{\circ}\text{BU} = 50 \times \text{Abs}_{275\text{nm}}$

4.6. Determinación de la acidez.

La acidez titulable se determinó por valoración potenciométrica mediante un pHmetro Metrohm 760 Sample Changer, de sensibilidad $\pm 0,01$ complementado con una impresora modelo DP40-24N. Se valoró con hidróxido sódico a 0,1 N hasta alcanzar un pH de 8,1

(AOAC, 1990). El análisis se realizó en un 1 mL de cerveza desgasificada y se disolvió en 25 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en gramos del ácido mayoritario / 100 gramos de muestra. Las medidas se analizaron por duplicado en cada muestra, siendo los resultados la media \pm E.S.

ACIDEZ TOTAL (% ácido láctico) = $(\text{Volumen de NaOH} \times \text{Normalidad de NaOH} \times \text{meq. Ácido láctico} \times 100) / \text{Volumen de muestra}$

Siendo:

- N: Normalidad del hidróxido sódico.
- V: Volumen de hidróxido de sodio 0,1 N utilizado en la valoración.
- f: Factor del hidróxido de sodio.
- Meq. Ácido láctico = 0.09
- P: Peso de la muestra tomada en gramos.
- Volumen de la muestra en mL



Imagen 2: pH-metro Metrohm 760 Sample Changer.

4.7. Contenido de polifenoles.

El contenido de fenoles totales (TPC) se determinó por el método de Folin-Ciocalteu, adaptado a una microescala por Medina Remón et al. (2009) con algunas modificaciones. Brevemente, 15 μl de muestra diluida se mezcló con 170 μl de agua MilliQ en una microplaca de 96 pocillos (Nunc, Roskilde, Dinamarca), la adición de 12 μl de reactivo de Folin-Ciocalteu y 30 μl de carbonato de sodio (200 g / L). Las mezclas se dejaron reposar a temperatura ambiente en la oscuridad durante 1 h. Después del periodo de reacción, se añadieron 73 μl de agua Milli-Q (agua que ha sido filtrada y desionizada sucesivas veces en diversas etapas). La absorbancia se registró a 765 nm en un lector de microplacas Infinite® M200 (Tecan, Grödig, Austria). Las muestras se cuantificaron utilizando ácido gálico como estándar, y los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de ácido gálico por cada 100 ml. Medina-Remón, A., Barrionuevo-

González, A., Zamora-Ros, R., Andres-Lacueva, C., Estruch, R., Martínez-González, M.-A., et al. (2009).

4.8. Determinación de la capacidad antioxidante.

ABTS⁺ ensayos de capacidad antioxidante. Todas las muestras se centrifugaron a 10500 rpm (modelo EBA 21, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen, Alemania) durante 5 min a temperatura ambiente. Se determinó la actividad de eliminación de radicales libres usando el método ABTS⁺ en medios acuosos de acuerdo con Mena et al., (Mena et al., 2011). La actividad antioxidante se evaluó mediante la medición de la variación de la absorbancia a 414 nm después de 50 min. Los ensayos se midieron mediante el uso de 96 pocillos micro placas (Nunc, Roskilde, Dinamarca) Infinite® M200 lector de micro placa (Tecan, Grödig, Austria). Todas las reacciones comenzaron mediante la adición de 2 µl de la muestra diluida correspondiente al pocillo que contiene la solución madre (250 µl). El volumen final del ensayo fue de 252 µl. Los resultados se expresaron como Trolox mM. Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D.A., Bartual, J., Saura, D., & Martí, N. (2011)

4.9. Análisis sensorial.

Para realizar este estudio participaron 10 panelistas entrenados (hombres y mujeres, con edades comprendidas entre 23 y 60 años) miembros de los grupos de investigación de Calidad y Seguridad Alimentaria y Post-recolección (Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España). Las muestras (cervezas) se sirvieron en jarras de cristal a una temperatura de 12 °C. Las cervezas de fermentación alta deben servirse a una temperatura entre 12 y 16 °C, de esta manera se puede apreciar su aroma y su bouquet. Se procedió a realizar un análisis descriptivo sensorial.

Los panelistas, sentados en una mesa redonda, evaluaron individualmente cada una de las muestras y seleccionaron los atributos de aroma y flavor presentes, sus intensidades, orden de aparición y post-gusto. Estos resultados se ponían en común y se discutían hasta llegar a un “consenso” sobre cada muestra. Entre cada una de las muestras se puso a la disposición de los panelistas agua osmotizada y galletas sin sal, para limpiar el paladar. La sala de pruebas disponía de una combinación de luz natural y luz no natural (fluorescente), y se fijó una temperatura de 24 °C.

Para la evaluación de las muestras se realizó una única sesión de una hora aproximadamente. El panel utilizó una escala numérica para cuantificar la intensidad de los atributos estudiados, donde 0 representa una intensidad extremadamente baja, y 10 representa extremadamente alta, con incrementos de 1 unidad. Los atributos analizados se clasifican según las diferentes fases sensoriales:

Fase visual:

Se recomienda utilizar un fondo blanco, ya sea un papel o un mantel de dicho color.

- **Color:** El panelista sujeta el vaso de cara a la luz y se fija si el color es claro, o más bien turbio. El color puede oscilar desde blanco al negro, pasando por rojizo y tostado/caramelo. Se toma como referencia una tabla de colores.

Fase olfativa:

Se valora el tipo de aroma así como su intensidad, en función del tipo de levadura, y de la fermentación y/o evolución de la cerveza (tiempo en cada fase de la elaboración, a mayor tiempo, mayor complejidad e integración del aroma).

- **Aroma a cereal (malta o trigo) y a lúpulo:** El panelista se ha de fijar en el tipo de aroma marcado por el tipo y cantidad de ingrediente empleado. El lúpulo es un mundo aparte ya que, debido a la gran variedad de lúpulos existentes, la cerveza puede tomar diversos aromas como herbáceos, florales, terrosos o resinosos. Además en función de la cantidad, puede otorgar notas más o menos amargas. Normalmente, las cervezas doradas olerán más a lúpulo, mientras que las oscuras tienden a tener un olor más pronunciado a malta tostada, chocolate o café, según el grado de tostado.
- **Aromas a frutales y/o especias:** Aquellos como consecuencia de la fermentación, estabilizados durante el proceso de maduración, que otorgan notas picantes o afrutadas comunes en cervezas Ale, o con segunda fermentación en botella, que suelen ser difíciles de precisar.

Fase gustativa:

Primero, se da un primer sorbo para impregnar la boca de cerveza y estimular las papilas gustativas. Será en el segundo sorbo cuando identifiquemos las notas gustativas. La clasificación de las notas será muy similar a la de la fase olfativa.

- **Gusto a cereales:** ya sea trigo o malta, se reconoce en un primer momento notas a pan o galleta tostados. Con cervezas Ale, con malta tostada, percibiremos notas a chocolate o caramelo dependiendo de la cantidad y del grado de tostado.
- **Gusto a lúpulo:** si se encuentra en grandes cantidades, la sensación será de amargor e invadirá toda la boca, tapando otros sabores. Si en cambio hay poco, será poco amarga y se pueden predecir los azúcares residuales de la cerveza. Las de trigo suelen ser más dulces.
- **Gusto a frutas y/o especias:** se apreciar en este caso si han sido añadidos a la receta de la cerveza, o han surgido también como resultado del proceso de fermentación. Se obtiene notas como cilantro, canela, clavo, y diversas frutas (en ocasiones ácidas a la par que refrescante). Al igual que con el aroma, deberemos decir si estas notas están balanceadas con otros sabores de la cerveza.

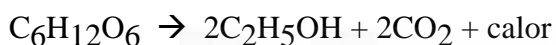
5. Resultados y discusión.

5.1. Densidad y grado alcohólico.

Respecto a la densidad de nuestra cerveza, la densidad inicial es 1060 g/L que se verá atenuada teniendo en cuenta que la atenuación es distinta según el tipo de levadura empleado y la cantidad de azúcares que puedan ser o no metabolizados por la levadura. En la fermentación primaria la levadura consume la mayoría de los azúcares contenidos en el mosto provocando, como resultado de esta atenuación obtenemos una densidad final de 1010 g/L. Estos descensos de densidad se consideran dentro de los valores normales en la elaboración de este tipo de cerveza, si bien se ha observado que la temperatura a la cual se realiza la fermentación es un factor a tener en cuenta (Hoche et al., 2014).

En cuanto al grado alcohólico:

Se forma durante la etapa de fermentación del mosto (proceso anaeróbico), mediante el cual la levadura convierte la glucosa en etanol y dióxido de carbono. En la segunda fermentación se incrementa el grado alcohólico sensiblemente (sigue siendo fermentación alcohólica).



Los principales productos de fermentación son etanol y CO₂, aunque también se forman numerosos subproductos del crecimiento de levaduras, que contribuyen de forma importante aroma de la cerveza. El porcentaje de azúcares fermentables en el extracto total determina el límite de atenuación, que establece el alcohol que contendrá la cerveza final. Y en el extracto soluble (mosto), el 60% de las sustancias son fermentables (maltosa, maltotriosa, sacarosa, glucosa y fructosa) que serán utilizadas para producir alcohol y CO₂ durante la fermentación. El almidón se encuentra formado por moléculas de amilosa y amilopectina. La mayoría de los enlaces químicos del almidón son α 1 - 4, pero también existen puntos de ramificación, en donde son α 1 - 6. Ambas moléculas poseen en sus extremos, un solo grupo reductor, lo que las iguala como si fueran un azúcar simple como la glucosa en poder reductor. (Rodríguez, 2003.)

La enzima α-amilasa ataca a la amilopectina y a la amilosa al azar, en cualquier punto de la molécula, menos cerca de los puntos de ramificación y tampoco cerca de los extremos no reductores. Por lo tanto, origina carbohidratos complejos llamados dextrinas. La enzima β-amilasa, en cambio ataca a las dextrinas, amilopectinas, amilosas por sus extremos no reductores, cortando dos unidades de glucosa que se denominan maltosa. Por lo tanto, se la denomina enzima sacarificante y a la α amilasa enzima dextrinificante se denomina maltosa. O sea, que la enzima αamilasa actúa generando lugares (extremos no reductores) para que corte la enzima β amilasa y se produzcan moléculas de maltosa.

La densidad final se reducirá considerablemente respecto a la densidad original, por lo que podemos calcular, de forma aproximada el grado alcohólico de la cerveza en el momento que conozcamos la densidad original del mosto.

Tabla 5: Grado alcohólico final cervezas con diferente densidad original y el efecto sobre la apreciación de su sabor.

| DO | Alcohol %(v/v) | Sabor |
|-----------|----------------|-------------|
| 1036-1040 | 3.5 - 4.5 | Muy suave |
| 1044-1048 | 4.6 - 5.1 | Suave |
| 1049-1059 | 5.2 - 6 | Equilibrado |
| 1060-1080 | 6.7 - 8 | Fuerte |
| >80 | >8 | Muy fuerte |

Se ha considerado para todos los casos una cerveza con una densidad final de 1.10. (Fuente: Tinto García-Moreno, 2004.)

Los resultados obtenidos fueron:

| Densidad inicial | Densidad final |
|------------------|----------------|
| 1060 | 1010 |

Basándonos en los resultados obtenidos en la densidad, mediante el siguiente cálculo determinamos la graduación alcohólica:

$$\frac{(1060 - 1010)}{7,45} = 6,7\% \left(\frac{v}{v}\right)$$

Como resultado final hemos obtenido una cerveza con un sabor fuerte.

5.2. pH

El pH es un factor de importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. Un pH elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación, ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente por mayor extracción de taninos (polifenoles) desde la cáscara del grano en el proceso de maceración y filtración. Además un elevado pH conlleva un mayor riesgo desde el punto de vista microbiológico. (Rodríguez., 2003).

Según el Real Decreto 53/1995, de 20 enero, por el que se aprueba la reglamentación Técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida, establece que el pH debe estar comprendido entre 3,5 y 5. Además, este decreto establece que la acidez total, previa eliminación del anhídrido carbónico, expresada en ácido láctico, no será superior al 0,3%. El anhídrido carbónico contenido no será inferior a tres gramos por litro. (Rodríguez., 2003).

Para las cervezas el rango varía en 3,5-5. Estas cervezas elaboradas con una mayor relación de malta a adjuntos tienen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente de malta. El pH también depende del tipo de agua y su tratamiento con ácidos y/o sales. La composición de sales del agua tiene una influencia directa en su acción en la regulación de pH del mosto y la cerveza. Un pH elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación, ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa.

En nuestro caso hemos obtenido un pH de 3,7 en la cerveza control y un pH de 3,77 en la cerveza con la adición de alcachofa con lo que podemos afirmar que estamos dentro del rango aceptado de pH.

5.3. Color

La aplicación de calor puede ser la causa de muchas reacciones complejas que comprometen a los carbohidratos. La actividad del agua y los protones regulan el grado de liberación de azúcares reductores por hidrólisis a partir de sus conjugados glicosídicos en los alimentos.

Después de la liberación ocurren ciertas reacciones de azúcar en medio acuoso a pH 4.0 aproximadamente. Sin embargo, si el medio vuelve a ser neutro o débilmente alcalino, los hemiacetales pasan más rápidamente a la forma carbonilo de los azúcares reductores. De este modo ocurre la reacción entre el grupo amino de la proteína y el grupo del azúcar, conocida como reacción de Maillard. (Rodríguez., 2003).

Cuando no participan compuestos amino en las reacciones de descomposición inducidas por el calor, reciben el nombre de reacciones de caramelización. Los dos tipos de reacciones tienen lugar al mismo tiempo y reciben el nombre de reacciones de pardeamiento no enzimático, formando polímeros pardos a negros llamados melanoidinas. (Rodríguez., 2003).

De entre todos los atributos de la cerveza, el color es uno de los más interesantes pues es el principal atributo del aspecto de la cerveza, nos da idea del estilo de la misma y a diferencia de otras bebidas. El color de la cerveza se debe principalmente a las maltas utilizadas: las maltas denominadas base (como la Pilsner y la Pale, entre otras) que aportan el color amarillo pálido base y las maltas coloreadas (Cristal, Chocolate y Negra, entre otras) que son las encargadas de dar cuerpo, carácter y color. El color de las mismas viene determinado por la temperatura de secado durante el malteado, de forma que temperaturas más altas producen maltas más oscuras.

Sin embargo el auge de las cervezas artesanas, cervezas caseras y con ello de la cultura cervecera, ha ayudado a conocer y a ver un amplio, rico e infinito arco iris de color que va desde el amarillo pálido de la cerveza de trigo hasta el profundo negro de una Stout, pasando por el amarillo luminoso de una cerveza lager o el cobrizo profundo de una Pale Ale.

Con el fin de cuantificar el color de la cerveza, se han desarrollado varias escalas.

Tabla 6: Valores Cie-Lab en las distintas cervezas estudiadas.

| Cerveza | L* | a* | b* |
|----------------------------|-------|--------|-------|
| Cerveza Control | 57,34 | -8,67 | 22,97 |
| Cerveza + Alcachofa | 57,48 | -10,57 | 26,18 |

Tabla 7: Valores de las coordenadas colorimétricas por el método Espectrofotométrico.

| Cerveza | Unidades °EBC |
|----------------------------|---------------|
| Cerveza Control | 47,1 ± 0,1 |
| Cerveza + Alcachofa | 98,7 ± 0,74 |

En la tabla 6 y la tabla 7 se muestran los valores de las coordenadas colorimétricas de las diferentes cervezas por el espacio Cie-Lab y el método Espectrofotométrico, el cual, es el método oficial para determinar el color de la cerveza.

5.4. Amargor.

El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales ayudan en el proceso de clarificación. El sabor amargo característico de la cerveza, proviene de la secreción glandular de las flores femeninas no fecundadas del lúpulo, la cual contiene dos compuestos clasificados como resinas, las humulonas o ácidos, α -lupulínico. Las resinas del lúpulo pueden dividirse en blandas y duras. Dentro de las blandas se encuentran los ácidos α que son las de mayor importancia, ya que a partir de ellos se forman los compuestos que otorgan el tono amargo. Del total de α ácidos que contiene el lúpulo, aproximadamente un 25-30 % llega hasta el producto final la otra parte se queda adherida a los restos de proteínas coaguladas tras la cocción. En la determinación del amargor, se mide la cantidad de ácidos alfa extraídos del lúpulo y convertidos en sustancias amargas solubles durante la ebullición del mosto. (Rodríguez., 2003).

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura:

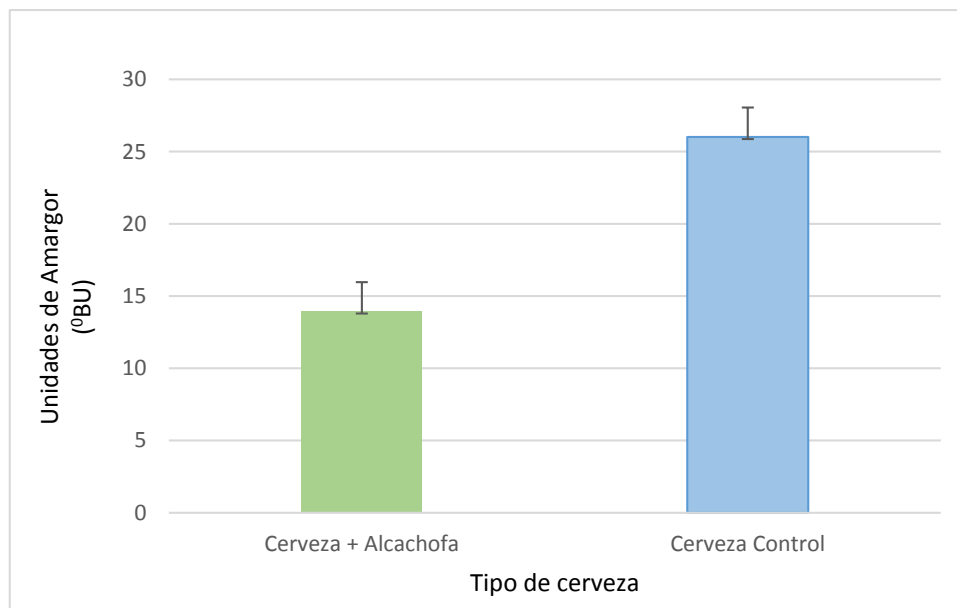


Figura 1: Valores representados en unidades de amargor.

La adición de los polifenoles de la alcachofa a la cerveza puede haber producido polímeros en los cuales hayan sido ligados los iso- α -ácidos, reduciendo de este modo el amargor de la cerveza.

5.5. Acidez.

Según el Real Decreto 53/1995, de 20 enero, por el que se aprueba la reglamentación Técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida, establece que el pH debe estar comprendido entre 3,5 y 5. Además, este decreto establece que la acidez total, previa eliminación del anhídrido carbónico, expresada en ácido láctico, no será superior al 0,3 %. El anhídrido carbónico contenido no será inferior a tres gramos por litro. La cerveza constituye, por tanto, un medio poco adecuado para el desarrollo de las bacterias; el número de géneros y especies que la contaminan ordinariamente es limitado. Al igual que las levaduras salvajes, las bacterias contaminantes provocan turbidez y generan olores anómalos. Las únicas bacterias Gram positivas¹⁰⁵ que causan problemas graves en el ambiente de las factorías elaboradoras de cerveza son las bacterias ácido lácticas. Las bacterias encontradas sólo pertenecen a dos géneros: *Lactobacillus* y *Pediococcus*; las especies del género *Lactobacillus* tienen células en forma de bastoncillo; las del género *Pediococcus* son esféricas. Desde un punto de vista fisiológico, las bacterias ácido-lácticas pertenecen a dos grupos: termófilas y mesófilas. Desde el punto de vista bioquímico, pueden dividirse también en las que producen ácido láctico como metabolito fundamental y las que rinden además diversos otros productos (entre ellos el ácido acético) (Hough, 1990).

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura:

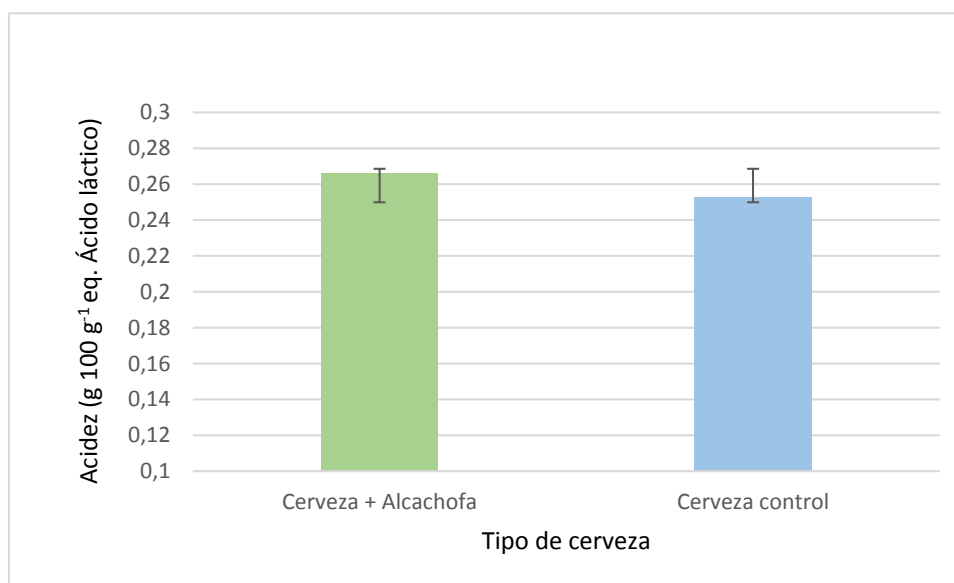


Figura 2: Valores para las coordenadas de la acidez, expresada en % de ácido láctico.

Vemos una ligera acidez en la representación con alcachofa debido a la presencia de una mayor concentra de ácidos orgánicos.

5.6. Polifenoles.

Los flavonoides comprenden un grupo de polifenoles que están presentes con cierta abundancia en tejidos vegetales. Las frutas, hortalizas, frutos secos, semillas, cereales, té, y vinos son las principales fuentes de flavonoides en la dieta, y entre todos ellos vienen a suministrar un gramo diario de estos compuestos a la dieta media de los consumidores en los países desarrollados. Los flavonoides actúan modificando los sistemas enzimáticos implicados en el metabolismo celular. Esta actividad confiere a los flavonoides diversas propiedades farmacológicas, entre las que se incluyen efectos antiinflamatorios, antialérgicos, anticarcinogénicos y antiproliferación de células cancerosas (Mou Tuang 1992; Middleton y Kandaswami, 1994; Bartnikowska, 1995), comprobados en ensayos in vitro y en trabajos experimentales con animales (Guangyu- Yang 1997; Bu-Abbas 1997; Toyoda 1997; Shiu-Ming-Kuo, 1996). La cerveza también contiene flavonoides entre los que destacan los polihidroxiflavanos (catequina, 0,5-13 mg/l; epicatequina, 1-10 mg/l), los antocianógenos (leucocianidina, 4-80 mg/l; leucopelargonidina, 0-5 mg/l; leucodelphinidina, 1-10 mg/l) y los flavonoles (grupo de las quercitinas: Kaempferol, mirecitina, hasta 10 mg/l). Más recientemente Lapcik et al. (1998) han estudiado e identificado los isoflavonoides presentes en 26 muestras de cervezas embotelladas; los cuatro isoflavonoides identificados - formononetina (0,19-14,99 nmoles /l), daidzeina (0,08-2,5 nmoles /l), genisteína (0,169-6,74 nmoles) y biochanina (0,82-4,84 nmoles) - totalizan entre 1,26 y 29 nmoles por litro y señalan que se trata de cantidades significativas de compuestos fitoestrógenos biológicamente activos. Un litro de cerveza puede aportar a la dieta diaria un 20% del consumo medio del total de polifenoles. La cerveza es rica en nutrientes que proceden de la materia prima, como compuestos inorgánicos o minerales (sulfatos, cloruros, zinc, hierro, cobre y estaño); hidratos de

carbono en forma de mono-, di- y trisacáridos, dextrinas y β -glucanos; compuestos nitrogenados que incluyen aminoácidos, péptidos, proteínas y ácidos nucleicos y, en pequeña cantidad, vitaminas del grupo B. Además, es fuente de compuestos bioactivos como los polifenoles, un 20-30 % de los compuestos fenólicos de la cerveza procedente del lúpulo y el 70-80 % restante proceden de la malta. Las clases estructurales de los polifenoles de esta bebida incluyen fenoles simples, derivados del ácido benzoico y cinámico, coumarinas, catequinas y proantocianidinas di- y trioligoméricas, prenilflavonoides, humulonas y lupulonas (alfa e iso- α -ácidos derivados del lúpulo). (Raventos, 2014).

Los compuestos fenólicos juegan un importante papel en las características sensoriales de la cerveza, así contribuyen a su sabor, astringencia, color y aroma, además de ser responsables, al menos parcialmente, de la turbidez de las mismas. El contenido final de compuestos fenólicos en una cerveza no depende exclusivamente de las materias primas empleadas en su elaboración, sino que las prácticas de elaboración también inducen importantes cambios en la composición fenólica de las cervezas. Así, los contenidos de compuestos fenólicos descritos en la bibliografía varían notablemente de unos artículos a otros, oscilando entre 50 y 350 mg/L. En general, se ha encontrado que las proantocianidinas de diverso grado de polimerización suelen ser los compuestos fenólicos predominantes. (González-San José, 2010).

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura:

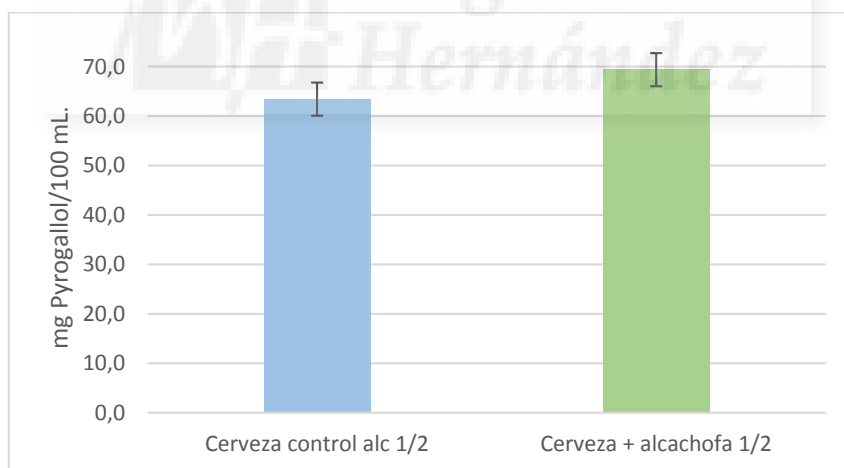


Figura 3: Concentración de polifenoles en los dos tipos de cerveza.

La cerveza con la adición de alcachofa presenta un mayor contenido en polifenoles debido a que la alcachofa alberga una gran concentración de polifenoles por gramo.

5.7. Actividad antioxidante.

Durante años en el ámbito de los alimentos se ha definido a los agentes “antioxidantes” como aquellas sustancias que en bajas cantidades actúan previniendo retardando la oxidación de materiales fácilmente oxidables tales como las grasas. Basados en esta capacidad se han desarrollado distintos métodos de evaluación de la que se denomina

actividad antioxidante global, generalmente basados en la evaluación de la capacidad de captura de radicales libres o en la evaluación de su capacidad reductora, constituyendo el grupo de “métodos químicos”. Estos métodos soportan información muy diversa a la que aportan aquellos basados en medidas biológicas o metabólicas que determinan o evalúan capacidades antioxidantes específicas. La información que aportan ambos métodos es complementaria. De hecho, los métodos “químicos” permiten, en general, obtener buenas correlaciones entre la actividad antioxidante y la vida media de los productos, pero sólo permiten ligeras aproximaciones a sus efectos protectores de la salud, que son evaluados por los métodos biológicos. Las sustancias con actividad antioxidante presentes en la cerveza provienen esencialmente de las materias primas empleadas en su elaboración, estando ya presentes en aquellas u obteniéndose por modificación y transformación de sus 108 constituyentes. Entre estas sustancias destacan los polifenoles, que provienen esencialmente de la cáscara de la cebada malteada y del lúpulo. Son principalmente ácidos fenólicos. (González-San José, 2010)

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

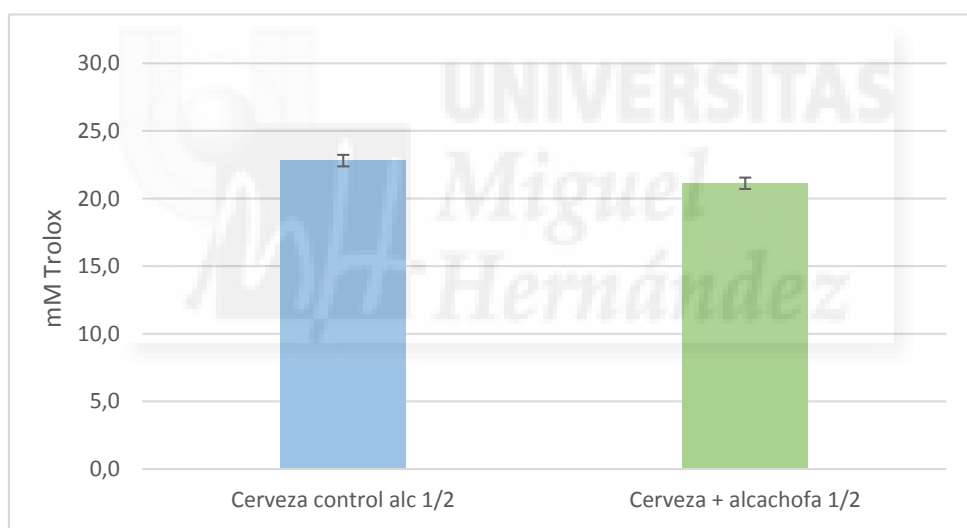


Figura 4: Actividad antioxidante.

La cerveza con alcachofa presenta una mayor capacidad antioxidante, debido a que la concentración de $ABTS^+$ se ve más reducida por los antioxidantes de ésta.

5.8. Análisis sensorial y estudio de consumidores.

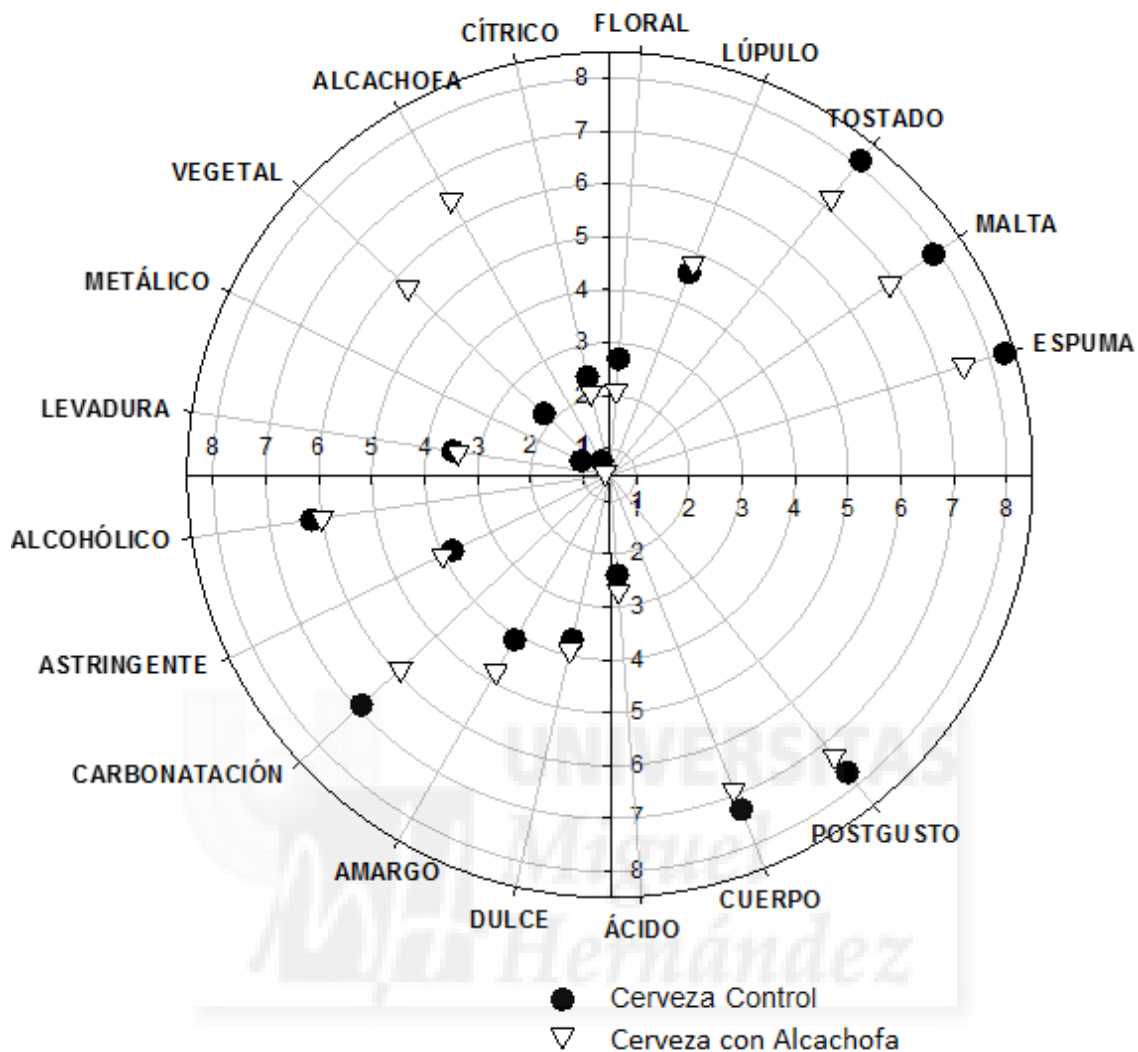


Figura 5: Resultados del análisis sensorial en las distintas cervezas elaboradas.

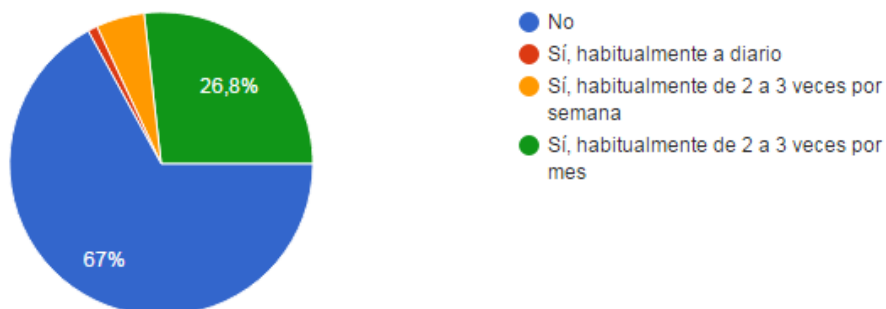
En este análisis sensorial se tomó como referencia la cerveza control y la cerveza con la alcachofa adicionada, y todos sus atributos se evaluaron con una puntuación de 10. Por lo que respecta a las propiedades de ambas cervezas vemos que tienen un perfil bastante similar, y a pesar de una adición únicamente del 10 % de alcachofa, se observó en la cerveza con alcachofa un notorio sabor a alcachofa que no afectó negativamente en su aceptación.

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. Es una herramienta útil para medir atributos en cerveza artesanal. En nuestro caso, se tomó la valoración de color mediante una paleta de colores en una escala de 1 a 40, donde 40 es una tonalidad más oscura. La cerveza control tuvo una valoración de 36 y la de alcachofa de 38.

Estudio de consumidores.

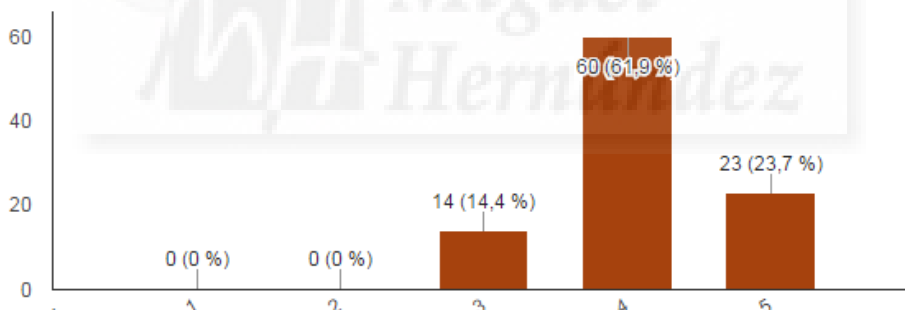
Se realizó una encuesta con 6 preguntas para saber la aceptación de esta cerveza en la sociedad y realizar un balance de diversas opiniones. Estos fueron los resultados:

1. ¿Es consumidor habitual de cerveza artesanal? (97 respuestas)

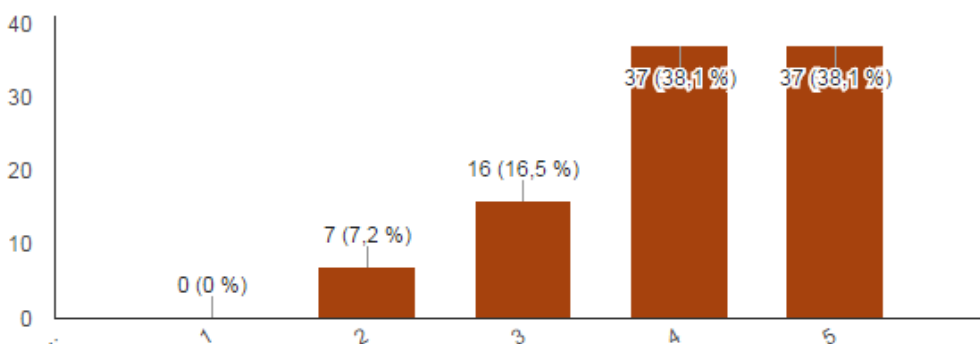


2. Desde un punto de vista de aceptación global, ¿Cuánto le gusta la cerveza de alcachofa?

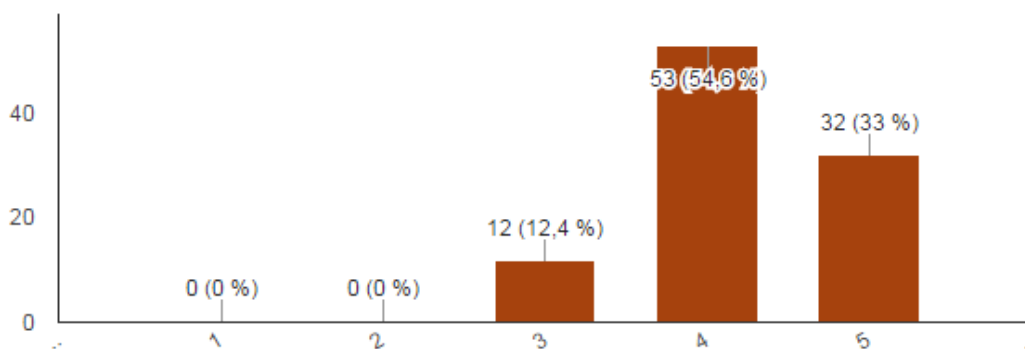
(97 respuestas)



3. ¿Cuánto le gusta el color de la cerveza de alcachofa? (97 respuestas)

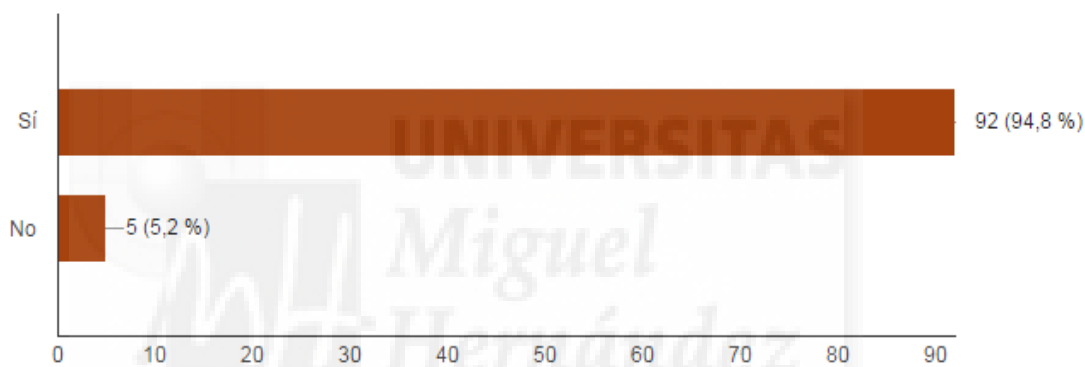


4. ¿Cuánto le gusta el sabor de la cerveza de alcachofa? (97 respuestas)



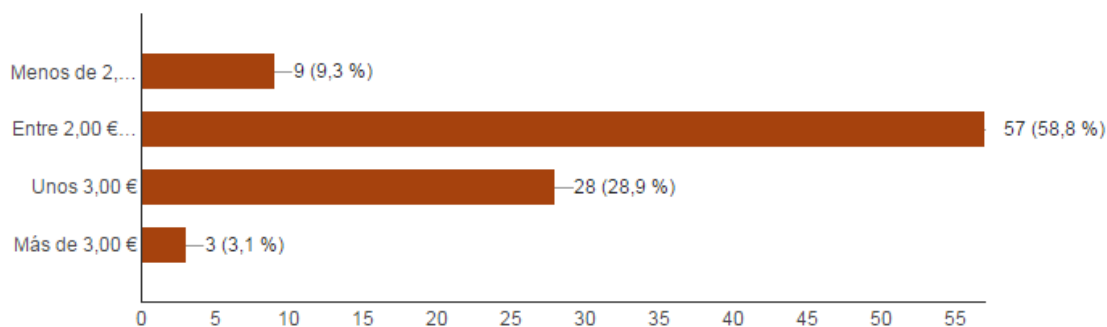
5. ¿Estaría dispuesto a consumir esta cerveza artesanal de alcachofa?

(97 respuestas)



6. En caso afirmativo, y teniendo en cuenta que un tercio de cerveza artesanal se encuentra entre 2 € y 2,5 €, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por él?

(97 respuestas)



6. Conclusión.

- Elaborar cerveza artesana con alcachofa a partir de ingredientes básicos resulta enormemente sencillo y el producto final resulta satisfactorio.
- La caracterización físico-química de cerveza con alcachofa y la cerveza control ausente de alcachofa determinan que se asemejan en sus características. Ambas cervezas han diferido en los parámetros obtenidos pero no tan significativamente como se podría esperar. Tras realizar el análisis sensorial, se ha concluido que los jueces otorgan valores parecidos para ambas cervezas y la de alcachofa tuvo una valoración positiva en cuanto al sabor.
- Las propiedades funcionales de la cerveza están ampliamente estudiadas. Las cervezas elaboradas poseen una elevada capacidad antioxidante, los valores del contenido de polifenoles obtenidos son bastante elevados pero la cerveza que contiene alcachofa presenta una capacidad antioxidante y contenido en polifenoles algo más elevada.
- Los resultados del análisis sensorial muestran que entre las cervezas artesanas elaboradas y las comercializadas, utilizadas como referencia, no existen grandes diferencias. La cerveza que contiene la alcachofa tenía una gran aceptación entre las cerca de las 100 personas que se sometieron a la encuesta.

7. Bibliografía.

Arnao, M.B..., Cano, A., Acosta, M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem.* 73, 239-244.

Barnes, S. 1995. Effect of genistein on in vitro and in vivo models of cancer. *J. Nutr.* 125: 777S-783S.

Caballero, I., Blanco, C.A., Porrás, M. 2012. Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. *Trends Food Sci. Technol.*, 26, 21-30.

Cao, G., Russell, R.M., Lischner, N., Prior, R.L. 1998. Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine or vitamin C in elderly women. *J. Nutr.* 128: 2383-2390.

Código Alimentario Español. Decreto 2484/1967, modificado en 2012. BOE nº 16485.

Craig, W.J. 1996. Phytochemicals: guardians of our health. *J. Am. Diet. Assoc.* 97: 199-204.

Curioni A., Pressi G., Furegon L., Peruffo A. D. B. 1995. Major proteins of Beer and their precursors in barley: Electrophoretic and immunological studies. *J. Agric. Food Chem.* 43, 2620–2626.

Dvořáková, M., Hulín, P., Karabín, M., Dostálek, P. 2008. Determination of polyphenols in beer by an effective method based on solid-phase extraction and high performance liquid chromatography with diode-array detection. *Czech J. Food Sci.* 25. 182-188.

Efterpi C., Eleftherios B., Panagiota F. 2012. Nutritional and functional properties of Cynara Crops (Globe Artichoke and Cardoon) and their potential applications: a review.

Elhadi M. Yahia, dr. Rafael Ariza flores. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza.

Erlend, A., Townsend, J.P., Adams, R.I., Nielsen, K.M., Taylor, J.W. 2006. Population structure and gene evolution in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS.* 702–715.

Ferrán-Lamich, J. 2002. Cebada variedades cerveceras y cerveza. Barcelona: Editorial Aedos.

González-San Jose, M.L., Muñoz, P., Valls, V. 2001. En: *Actividad antioxidante de la cerveza: estudios in vitro e in vivo*. Madrid: Centro de Información Cerveza y Salud. Monografía.

Guillén Arco, A. F. 2010. Apuntes de la asignatura Conservación de los Alimentos en la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Herman, C., Adlercreutz, H., Goldin, B.R., Gorbach, S.L., Höckerstedt, K.A.V., Watanabe S. 1995. Soybean phytoestrogen intake and cancer risk. *J. Nutr.* 125: 757S-770S.

Hertog, M.G.L., Kromhout, D., Aravanis, C., Blackburn, H., Bucina, R., Fidanza, F. 1995. Flavonoid intake in long-term risk of coronary heart disease and cancer in the Seven Countries Study. *Arch. Intern. Med.* 155: 381-386.

Hoche, S., Hussein, M.A., Becker, T. 2014. Critical process parameter of alcoholic yeast fermentation: speed of sound and density in the temperature range 5–30 °C. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49: 2441–2448.

Hough, S. J. 2001. Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza: Editorial Acribia.

Hughes, P. 2003. Cerveza: Calidad, higiene y características nutricionales. Zaragoza: Editorial Acribia.

Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3954-3962.

- Kunze, W. 1996. Technology Brewing and Malting. Verlagsabteilung: Editorial VLB Berlín.
- López, A., García, G.M., Quintero, R.R., López-Munguía A., Canales, I. 2002. Biotecnología alimentaria. México: Editorial Limusa. pp. 263-312.
- Mazza, G.A. 2000. Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesados. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Meltzer, H.M., Malterud, K.E. Can dietary flavonoids influence the development of coronary heart disease? *Scan. J. Nutr.* 1997; 41: 50-57.
- Milligan, S., Kalita, J., Pocock, V., Heyerick, A., De Cooman, L., Rong, H., De Keukeleire D. 2002. Oestrogenic activity of the hop phyto-oestrogen, 8-prenylnaringenin. *Reproduction.* 123: 235-42.
- Montanari, L., Perretti, G., Natella, F., Guidi, A., Fantozzis, P. 1999. Organic and phenolic acids in beer. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 32, 535-539.
- Quifer-Rada, P., Vallverdú-Queralt, A., Martínez-Huélamo, M., Chiva-Blanch, G., Jáuregui, O., Estruch, R., Lamuela-Raventós, R. 2015. A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS). *Food Chem.* 169, 336-343.
- Rodríguez. A. 2003. Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager, Elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A. TFG de UMHO.
- Ropero Lara, A. B. 2012. Apuntes de la asignatura Valor Nutricional en la Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Siebert, K. 1999. Effect of protein-polyphenol interactions on beverages haze, stabilisation and analysis. *J. Agric. Food Chem.* 47, 353 - 362.
- Sharp, D. C., Townsend, M. S., Qian, Y., & Shellhammer, T. H. 2014. Effect of harvest maturity on the chemical composition of Cascade and Willamette Hops. *J. Amer. Soc. Brewing Chem.* 72, 231-238.
- Sergi Freixes & Albert Punsola - ISBN: 9788415785804
- Silva F., Nogueira L. C., Gonçalves C., Ferreira A. A., Ferreira I., Teixeira N. 2008. Electrophoretic and HPLC methods for comparative study of the protein fractions of malts, worts and beers produced from Scarlett and Prestige barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Food Chem.* 106, 820-829.
- Siqueira, P.B., Bolini, H.M.A., Macedo, G.A. 2011. Polyphenols and antioxidant properties in forced and naturally aged Brazilian Beer. *J. Brewing Distil.* 2, 45-50.

Steiner E, Gastl M, Becker T. 2011. Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: A review. *Eur Food Res Technol.* 232, 191-204.

Rolz C. Fruit postharvest physiology. A guide to quality characteristics, recommended storage, cold susceptibility, maturation and physiological disorders.

Depósitos de documentos de la FAO

Valero, D. y Serrano, M., 2010. Valero, D., Serrano, M., 2010. Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. CRC-Taylor & Francis, Boca Raton.

Wang, m., Simon, j., Aviles, i., he, k., Zheng, q., Tadmor, Y. 2003. Analysis of Antioxidative Phenolic Compounds in Artichoke (*Cynara scolymus L.*).

