

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**UTILIZACIÓN DE DIFERENTES ALMIDONES COMPLEMENTARIOS Y SU  
EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA CERVEZA**

DIEGO PATRICIO VALENZUELA HEREDIA

Santiago, CHILE  
2014

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**UTILIZACIÓN DE DIFERENTES ALMIDONES COMPLEMENTARIOS Y SU EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA CERVEZA**

**ADDITIONAL USE OF VARIOUS STARCHES AND ITS EFFECT ON THE SENSORY CHARACTERISTICS OF BEER**

**DIEGO PATRICIO VALENZUELA HEREDIA**

Santiago, CHILE  
2014

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**UTILIZACIÓN DE DIFERENTES ALMIDONES COMPLEMENTARIOS Y SU EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA CERVEZA**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo

DIEGO PATRICIO VALENZUELA HEREDIA

	Calificaciones
<b>PROFESOR GUÍA</b>	
Sr. Eduardo Loyola M. Ingeniero Agrónomo, Enólogo, Dr.	6,1
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
Srta. Carla Jara C. Ingeniero Agrónomo, Enóloga, Dra.	5,8
Sr. Víctor Escalona C. Ingeniero Agrónomo, Dr.	5,5
.	

Santiago, CHILE  
2014

*A mi Hija Beatriz.  
“Sowing to Harvest Morning”*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su gran apoyo y tiempo para que todo esto fuese posible. A mis profesores de la mención de enología de la Universidad de Chile por todo el conocimiento desarrollado. En particular al profesor Eduardo Loyola por su colaboración y compromiso en el desarrollo de la memoria de título, y a mis amigos que siempre me ayudaron al desarrollo de la memoria.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>Palabras clave</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>Keywords.</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>Objetivo</b> .....	4
<b>MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	5
<b>Lugar de trabajo</b> .....	5
<b>Materiales</b> .....	5
<b>Metodología</b> .....	5
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	7
<b>Mercado y tendencias en la industria cervecera</b> .....	7
<b>Materias primas y tipos de cerveza.</b> .....	9
<b>Elaboración de la cerveza</b> .....	12
<b>Los almidones complementarios y sus características en la elaboración de cerveza</b> .....	19
<b>Características y propiedades tecnológicas de la cebada</b> .....	24
<b>Características y propiedades tecnológicas del trigo</b> .....	26
<b>Características y propiedades tecnológicas del maíz</b> .....	28
<b>Características y propiedades tecnológicas del arroz</b> .....	30
<b>Características y propiedades tecnológicas de la avena</b> .....	32
<b>Características y propiedades tecnológicas del sorgo</b> .....	33
<b>Características y propiedades tecnológicas de ciertos jarabes</b> .....	35
<b>Otros productos(Quinoa-Centeno-Triticale)</b> .....	36
<b>CONCLUSIONES</b> .....	37
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	38

## RESUMEN

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas de mayor producción y crecimiento económico a nivel mundial. En los últimos años los consumidores han comenzado a preferir las cervezas con una gama de características cada vez más acotadas, con un cuerpo ligero, de coloración pálida y no muy amarga. Estas cervezas, de características estándar, son las que hoy produce la gran industria cervecera. En Chile, la ley estipula que la cerveza sólo puede elaborarse con cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. Adicionalmente, se permite la adición de extractos fermentables ricos en almidón, principalmente arroz, y maíz, en la forma y proporción que determina el reglamento. Asimismo, se permite el uso de azúcares refinadas como extracto fermentable y edulcorantes del producto final. Los principales objetivos buscados al utilizar almidones complementarios tienen una connotación económica y tecnológica. Estos, permiten disponer de una fuente de extracto más económica y conseguir disminuir las alteraciones físicas de la cerveza, además de proporcionar beneficios en las cualidades del producto final, siempre que no ponga en peligro ningún elemento de calidad y percepción organoléptica. Ante esta masiva utilización de fuentes complementarias de almidón en la industria cervecera, se ha de poner énfasis en el desarrollo de estudios que permitan determinar el comportamiento de almidones complementarios durante la elaboración de la cerveza y su incidencia en el producto final. Es por esto, que el objetivo de este trabajo es describir las propiedades de almidones complementarios de arroz, trigo, maíz y avena y evaluar sus efectos en el proceso productivo y características sensoriales de la cerveza.

**Palabras clave:** cerveza, cebada malteada, extractos fermentables, almidones complementarios y azúcares refinados.

## ABSTRACT

Beer is an alcoholic beverage increased its production and economic growth worldwide. In recent years consumers have started to prefer beers with a range of increasingly more limited features, with a light body, pale color and not too bitter. These beers, standard features, which are now producing great beer industry. In Chile, the law stipulates that beer can only be made from malted barley, hops, yeast and water. Additionally, the addition of fermentable extracts rich in starch, mainly rice and corn, in the form and proportion that determines the rules allowed. Also, the use of refined sugars and sweeteners and fermentable extract the final product is allowed. Main searched using complementary objectives starches have an economic and technological connotation. These graphs provide a source of financial abstract and get more physical alterations reduce beer, in addition to providing benefits in the qualities of the final product, provided that does not compromise any item quality and sensory perception. Given this widespread use of complementary sources of starch in the beer industry, has put emphasis on the development of studies to determine the behavior of complementary starches during brewing and their impact on the final product. For this reason, the objective of this paper is to describe the properties of complementary starch of rice, wheat, corn and oats and assess its impact on the production process and sensory characteristics of the beer.

**Keywords:** malted barley, extracts fermentable, complementary starches, refined sugars, beer y adjuncts.

## INTRODUCCIÓN

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas de mayor producción y crecimiento económico a nivel mundial. Todas las empresas productoras persiguen mejorar cada día su productividad, optimizando sus recursos y procesos industriales, para mejorar su posicionamiento en un mercado altamente competitivo (Sanchez, 2011).

El consumo de cerveza global durante el año 2011 asciende a 44 litros per cápita (Ablin, 2011). En Chile, el consumo promedio es de 34,4 litros per cápita, lo que significa un aumento en el consumo de un 15% comparado con el año 2005. Durante la década anterior, con la inserción de la cerveza artesanal en el mercado, los consumidores de cerveza se han sofisticado y se han atrevido a probar nuevos y curiosos estilos de cerveza, interesándose principalmente por los productos elaborados en forma artesanal (Diario del vino, 2006, Chamorro, 2012).

En Chile según la normativa legal, dada por la ley 18.455 del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Artículo 20, la cerveza sólo podrá elaborarse con cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. Asimismo, se permite el uso de azúcares refinadas, como extracto fermentable y edulcorantes del producto final. Adicionalmente, esta normativa permite el uso de extractos fermentables ricos en almidón, principalmente arroz y maíz, en la forma y proporción reglamentadas.

Los principales índices que caracterizan a las cervezas son el sabor, la presencia y permanencia de espuma, color, grado alcohólico y la estabilidad, representada por la presencia de residuos o precipitados (Gutiérrez, 2003). Estas características, presentes en el producto final, dependen de múltiples factores. Estos principalmente se relacionan con las materias primas, el proceso de elaboración y las estrategias necesarias para satisfacer las demandas que impone el mercado.

El proceso de elaboración consiste básicamente de cuatro etapas:

- i. Malteado: Consiste en la germinación de la cebada e hidratación del extracto.
- ii. Maceración: Consiste en la extracción e hidrólisis de componentes de la cebada malteada u otros granos. Seguido, un proceso de hervido junto a la adición de lúpulo.
- iii. Fermentación: Consiste en la transformación de los azúcares en etanol. Esta fase del proceso consta de dos etapas; fermentación primaria y fermentación secundaria.
- iv. Maduración: filtración, estabilización y embotellado (Sanchez, 2011).

Este trabajo pone énfasis en la fase productiva de la maceración, la cual consiste en mezclar los cereales con agua y cuyo objetivo principal es transformar el almidón en azúcares

fermentables y dextrinas. Adicionalmente, en esta etapa se transforman las proteínas en aminoácidos y péptidos, los que son fuente nutricional para la levadura durante la etapa fermentativa (Alejo, 2007).

En las grandes industrias cerveceras del mundo destaca la utilización de almidones provenientes de cereales como la cebada, maíz, trigo, arroz y avena. Según Muris *et al.* (2010), en un estudio realizado para evaluar qué tipos de fuente de extracto fermentable se utilizan dentro de la elaboración de cerveza. Se demostró que dentro de un universo de 161 muestras de cervezas evaluadas, el 95,6% utilizó en su elaboración malta y almidones complementarios. Solo el 4,3% de las cervezas escrutadas arrojaron estar compuestas exclusivamente por maltas. El 91,3% fueron producidas con agentes auxiliares derivados de maíz o la caña de azúcar y un 4,3% con agentes auxiliares provenientes de arroz. Si bien, todos los cereales mencionados se presentan como fuentes ricas en extracto fermentable complementario, su funcionalidad e incidencia en el producto final dependerá del contenido de amilosa y amilopectina que conforman el almidón, así como de la organización molecular de estas dentro del gránulo (Chen y Jane, 1994). Desde una mirada respecto a su estructura física, el almidón puede ser caracterizado por el tamaño de los gránulos, la temperatura de gelatinización y su tendencia a la re-cristalización. Estas propiedades de los gránulos del almidón, inciden en el proceso de transformación de los componentes del grano (carbohidratos, proteínas y lípidos), que conformarán finalmente el extracto fermentable (Home *et al.*, 1999).

La tendencia actual de utilizar almidones complementarios a la malta, es disponer de una fuente de extracto más económica y disminuir la tendencia de alteraciones físicas de la cerveza, relacionadas con enturbiamientos de origen coloidal. Ante esta masiva utilización de fuentes complementarias de almidón en la industria cervecera, se ha de poner énfasis en el desarrollo de estudios que permitan dilucidar y modelar el comportamiento de almidones complementarios durante la elaboración de la cerveza y su incidencia en el producto final. Es necesario determinar cuál es la cantidad máxima que garantice una disponibilidad de nutrientes suficientes para el crecimiento de la levadura y una equilibrada combinación de compuestos de alto peso molecular que permitan el desarrollo de una espuma estable y de buenas características sensoriales (Home *et al.*, 1999).

### **Objetivo**

Estudiar, analizar y describir los diferentes almidones complementarios utilizados en la industria cervecera, como el arroz, trigo, maíz y avena, describiendo sus efectos en el proceso productivo y sobre las características sensoriales de la cerveza.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Lugar de trabajo

Este estudio se realizó en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

### Materiales

Para este trabajo se realizó una revisión bibliográfica. Las fuentes utilizadas fueron materiales de investigación acordes al tema, recopilados de la biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, tales como tesis, libros, memorias y revistas científicas. Esta información se complementó con archivos disponibles en la web, como artículos de investigación, libros en línea, y artículos de interés.

### Metodología

La metodología se basó en la búsqueda, recopilación y comprensión de distintos artículos de investigación, libros y tesis, los que abordan cada tema que se desarrollará en la revisión bibliográfica.

Se utilizaron diferentes opciones para la búsqueda de información, como el Catálogo Bello, perteneciente a la Universidad de Chile y otras bases de datos, como por ejemplo “*Science direct*”, donde por un conjunto de palabras claves y temas relacionados con el estudio, se optimiza la búsqueda, abarcando una gran cantidad de revistas especializadas en el tema.

Se creó una base de datos propia que permitió ordenar y analizar de forma pormenorizada la información, caracterizando los diferentes almidones complementarios, describiendo sus propiedades y su efecto sensorial en la cerveza y la inclusión en el proceso de producción.

Los tópicos analizados y estudiados fueron los siguientes:

- Importancia de la cerveza y producción nacional.
- Consumo y características de preferencia de las cervezas industriales.
- Procesos de elaboración y materias primas utilizadas.

- Tipos de almidón utilizados en la industria, centrándose en su composición, propiedades, factores de extracción y consecuencias tecnológicas que genera su utilización.
- Calidad de los mostos obtenidos a partir de los distintos extractos complementarios, enfocándose en la composición de los nutrientes fermentables, el carácter económico que pueden aportar al proceso y la estabilidad coloidal que otorgan a los productos terminados.
- Características sensoriales que aporta cada grano a la cerveza, la retención de espuma, cuerpo, color, sabor y grado alcohólico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Mercado y tendencias en la industria cervecera

La cerveza es una bebida alcohólica consumida a nivel mundial. Es la bebida nacional de Alemania, Irlanda, Gran Bretaña, República Checa, Eslovaquia y Bélgica, entre otros (Mas, 2002, citado por Parrondo, 2005). Es conocida por su infinidad de variedades y características a raíz de la evolución de gustos y tendencias entre los consumidores a lo largo de la historia (Choia, 2005).

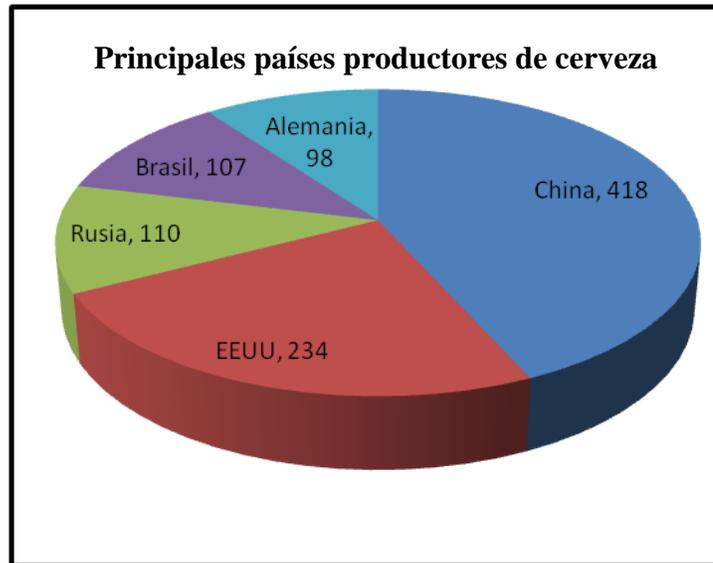
En los últimos años los consumidores comenzaron a asociar a la cerveza con una gama de características cada vez más estrecha, con sabor y apariencia estándar.(transparentes, bajo color y brillantes). Por ello, hoy la gran industria cervecera busca elaborar un producto para satisfacer esta preferencia específica dentro del mercado, elaborando cervezas que tengan características menos distinguibles, que sean suaves, claras y brillantes. Este producto de cuerpo ligero, colores pálidos o tenues y ligeramente amargas está dirigido a consumidores relativamente inexpertos (Choia, 2005).

Según Stewart, 2013, los principales países productores de cerveza (Figura 1) son China (418 millones hectolitro), EE.UU (234 millones hectolitros), Rusia (110 millones hectolitro), Brasil (107 millones hectolitro) y Alemania (98 millones hectolitro) (Stewart, 2013). El principal exportador de cerveza del mundo es Holanda con 19.107 hectolitro, en segundo lugar se ubica México con 16.461 hectolitro seguido por Alemania, Bélgica y el Reino Unido (Fiorentini, 2010).

Actualmente existen dos grandes compañías, por una parte la Compañía Cerveceras Unidas S.A. (CCU), que controla cerca del 90% en el mercado nacional y elabora marcas como Cristal, Heineken, Escudo, Corona, Budweiser y Royal Guard. La otra empresa es la Compañía Cervecera Chile S.A. que elabora diferentes marcas como Becker, Brahma, Stella Artois y Báltica. La cerveza Cristal, es la marca líder del mercado nacional, con un 62,2 % de las ventas totales de la compañía CCU. La marca Escudo posee el segundo lugar con un 13,3% de las ventas seguida por Heineken, con un mercado nacional del 10 % de las ventas (Ablin, 2011).

A nivel nacional, la industria cervecera entre los años 2012-2013 ha registrado un aumento anual de 5,2%, con un volumen total de 600 millones de litros. Esa cifra, incluye todas las categorías: cervezas nacionales, cervezas extranjeras producidas bajo licencia, cervezas artesanales y cervezas importadas, con cifras de crecimiento entre estos años de un 6,2 del volumen del año 2012. El consumo per cápita para el año 2013, se estima en 40,5 litros, con un fuerte alza por sobre 34,5 litros per cápita comparado con años 2007, donde el segmento de las cervezas Premium comenzó a registrar incrementos entre un 15,3% en el

volumen de ventas, pasando de 658 mil hectolitro en 2007 a 759 mil hectolitro. Para el año 2008, representó un 13% del total de cerveza vendida en el país, lo que demuestra que los consumidores en esos años comenzaron a sofisticar su preferencia, inclinándose por cervezas de mayor complejidad y sofisticación. Actualmente, han comenzado a experimentar con cervezas artesanales aumentando el consumo y su conocimiento sobre el producto (Chamorro, 2012).



**Figura 1:** Principales países productores de cerveza. Las unidades corresponden a millones de hectolitros de cerveza producidos por año (Fuente: Stewart, 2013).

## Materias primas y tipos de cerveza

Las materias primas utilizadas en la elaboración de cerveza son: el agua, la malta de cebada como fuente de almidón, el lúpulo, las levaduras y los adjuntos (malta de otros cereales, granos crudos, azúcares y féculas) como almidones complementarios (Chamorro, 2012).

Como definición, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos, generalmente 30% de amilosa y 70% de amilopectina, siendo ambos polímeros de la glucosa. Las amilosas son cadenas de hasta 1800 monómeros de glucosa. En cambio las amilopectinas son cadenas con una menor cantidad de monómeros. A mayor cantidad de amilosa en el grano, mayor será la temperatura de gelatinización en la maceración (Bamforth, 2003). El almidón, tanto de la cebada malteada como de los almidones complementarios, está organizado en partículas discretas conocidas como gránulos y su morfología, composición química y estructura molecular son características de cada especie. El tamaño de los gránulos varía desde 0,5  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ . El tamaño de la partícula y su distribución afectan las propiedades funcionales de los gránulos de almidón. Se ha reportado que los gránulos más pequeños tienen mayor solubilidad en agua y una alta capacidad de absorción de agua (Prieto *et al.*, 2009).

En Alemania, la ley de pureza estipula que la cerveza debe elaborarse solo con agua, malta de cebada, lúpulo y levaduras. Este edicto de pureza, permite resaltar innumerables cualidades que se pueden sentir y apreciar en el sabor, aroma y color de la cerveza. Las que la hacen muy diferente a las demás cervezas que se consumen de forma masiva en la actualidad. Adicionalmente, las recetas de la industria cerveza incluye la adición de adjuntos tales como malta de otros cereales, granos crudos, azúcares y féculas (Chamorro, 2012).

La malta de cebada es la materia prima más importante para la producción del extracto. Además es la única fuente de enzimas para la transformación del almidón en azúcares fermentables y dextrina. El almidón de la cebada, se gelatiniza a temperatura de maceración normal (61-62°C) y, por tanto, no requiere ebullición. Adicionalmente, el contenido de proteínas y la proporción de amilosa y amilopectina en la cebada permiten la acción apropiada de levaduras fermentativas (Chamorro, 2012). A pesar de lo anterior, su uso puede producir problemas causados por una cantidad importante de proteínas (12%) que se traspasa a la cerveza y que no puede ser transformada ni retirada en el proceso. De esta forma este exceso permanece como remanente en el producto final y, lentamente, se coagula, causando la turbidez o inestabilidad del producto, afectando su calidad. De acuerdo a lo antes expuesto es habitual mezclar con otros almidones complementarios dependiendo la calidad de la malta (Paez, 2010).

Cuando se dispone de malta de calidad por su alta actividad enzimática, se puede agregar otra fuente de almidón, con una proporción de hasta un 40% de almidones complementarios, sin la necesidad de agregar enzimas exógenas (Wagner, 2005). A estas otras fuentes de carbohidratos se les llama almidones complementarios y poseen un contenido bajo de proteínas y lípidos. Los almidones complementarios pueden ser sólidos o

líquidos. Entre los sólidos se encuentran el arroz, el maíz y la harina de trigo; los líquidos son los jarabes de maíz, de cebada y de trigo, así como las soluciones concentradas de azúcar (Stewart, 2013). Cuando el proceso de maceración termina con una baja actividad enzimática para la transformación del mosto, es necesario complementar con enzimas exógenas provenientes de microorganismos específicos. Un ejemplo de esto, es la utilización de levaduras especializadas como *Saccharomyces diastaticus* que producen la enzima glucosamida, la que puede degradar y reducir el contenido de dextrinas (Stewart, 2013).

Si bien, el extracto fermentable determinará importantes características en el producto final, las levaduras y el proceso fermentativo inciden directamente en el tipo de cerveza que se obtendrá. Dentro de la cervecería existen dos tipos de cervezas; Ale y Lager. Estas son diferenciadas según el tipo de levaduras que se utiliza para su elaboración, determina la temperatura a la que se lleva a cabo el proceso fermentativo. Las cervezas que fermentan a bajas temperaturas corresponden a las Lager, cuya expresión proviene del término alemán “*Lagerung*”, que significa guardar en frío. El proceso fermentativo de las cervezas Lager, utiliza levaduras que fermentan a una temperatura entre 5° C y 10° C. Estas cervezas se caracterizan por ser espumosas, suaves y de agradable amargor. Las cervezas que fermentan a alta temperatura, entre 5°C y 25°C, se las conoce como Ale. Estas corresponden a cervezas que se les identifica por su sabor más fuerte, mayor cuerpo y, en muchos casos, el amargor del lúpulo (Stewart, 2013).

En Chile, la producción de las cervezas tipo Ale está a cargo de las micro-cervecías, abarcando un mercado con consumidores conocedores o experimentados, los que buscan cervezas de mayor carácter, sabores y aromas. Las cervezas Lager, son ampliamente producidas por las grandes industrias cerveceras, las que definen su producto como un tipo de cerveza llamado Pilsener. La elaboración de este tipo de cerveza involucra la utilización de cantidades elevadas de almidones complementarios, lo que les otorga características sensoriales definidas por un cuerpo ligero, colores amarillos tenues y brillantes. Dada la tendencia actual los consumidores, estas características cooperan con un fácil y elevado consumo. A nivel nacional, este tipo de cerveza se comercializa, por ejemplo, bajo las marcas Cristal, Escudo o Royal y más recientemente en categoría Premium, Stella Artois (Stewart, 2013).

A las dos categorías de cervezas antes señaladas, se han sumado nuevas tipificaciones, las cuales se basan en el tipo de mezcla de materias primas que se utilizan. Según los cereales utilizados, la incorporación de edulcorantes y el grado de tostado de los granos, se producen cervezas claras, rojas y oscuras, las que adicionalmente se pueden subdividir según su grado alcohólico (Fioentini, 2010). En el caso de las cervezas Lager, existen estilos como Bock, Dortmunder, Munchner, Pilsener y Viena. En las cervezas Ale, existen estilos como Porter, Stout, Salsons, Alt, Pale Ale, Bitter y vino de cebada (barley wine) (Caballero *et al* 2003 citado por Ferreira, 2009).

Si bien, esta clasificación es general, la disponibilidad local de fuentes de extracto y la composición de los granos, genera variaciones dentro de un mismo tipo de cerveza. A modo de ejemplo, existe una gran diferencia entre las cervezas Lager estilo Pilsener producida en Europa y la producida en los Estados Unidos. Las Pilsener europeas, utilizan grandes cantidades de maltas que aportan muy poco color y nitrógeno, ya que son preparadas a partir de cebadas que tienen contenidos moderados de nitrógeno, con una cantidad inferior al 12% de proteínas y que son secadas al horno a bajas temperaturas para minimizar la formación de color (Briggs *et al.*, 2004). En cambio, en EE.UU durante la elaboración de cervezas Lager estilo Pilsener se utilizan maltas distintas a las europeas. En general con un mayor poder enzimático lo que permite elaborar cervezas con una gran cantidad de almidones complementarios. Comúnmente en los Estados Unidos, utilizan hasta un 50% los almidones complementarios, mezclando habitualmente un 20% Arroz y un 30% maíz, lo que genera características sensoriales propias de la Pilsener (Priest y Stewart, 2006).

Los almidones complementarios más comúnmente utilizados en la industria cervecera son el maíz (46% de complemento total), el arroz (31%), cebada verde (1%), y otras fuentes de extracto como azúcares y jarabes procesados (22%) (Priest y Stewart, 2006). Dentro de las formas de utilización más usados corresponden a sémola de maíz y arroz partido. Entre otras fuentes de extracto se tienen los jarabes procesados, donde cada país utiliza diferentes de acuerdo a su disponibilidad. En el caso del Reino Unido, utilizan mezclas generalmente entre el 80% malta y 20% en base a maíz (Bramforth, 2003). La producción de cervezas belgas se elaboran a partir de 60% malta y 40% trigo (sin maltar) con el fin de resaltar características sensoriales propias del trigo que es su principal fuente de extracto utilizada (Depraetere, 2004). Canadá, usa principalmente el arroz en la elaboración de sus cervezas, a diferencia de Francia, Bélgica e Italia quienes utilizan, generalmente la sémola de maíz, mientras que Brasil y Australia, utilizan y produce jarabes en base a caña de azúcar, mezclados con sémola de maíz. En África, el maíz sigue siendo el complemento más popular, sin embargo, el uso de sorgo ha incrementado (Priest y Stewart, 2006)

## Elaboración de la cerveza

Los componentes principales de la cerveza son agua, carbohidratos residuales y etanol, proveniente de la fermentación de los azúcares como la fructosa, la glucosa, la maltosa y la maltotriosa. Además, están presentes otros componentes como las dextrinas, compuestos fenólicos y las proteínas presentes dentro del proceso de elaboración de la cerveza (Ferreira, 2009).

Actualmente, los procedimientos de elaboración de cerveza tienen dos objetivos. El primer es la eficiencia de los procesos con el uso eficiente de insumos y materias primas minimizando los costos. El segundo, es producir cervezas estables, de alta calidad, bebibles masivamente y que su receta perdure en el tiempo (Stewart, 2013).

El proceso de producción de la cerveza consta de diferentes etapas estandarizadas y optimizadas de acuerdo al tipo de cerveza que se elabora. Durante la elaboración y la maduración de la cerveza todos los procesos deben ser controlados, para asegurar una calidad reproducible y la estabilidad del producto en el tiempo. Además, se obtiene un rendimiento óptimo de energía y espacio (Briggs *et al.*, 2004; Rudnitskayaa *et al.*, 2009).

**El proceso de elaboración de la cerveza consta de cuatro etapas fundamentales (Figura 2):**

### Transformación de las materias primas

La primera etapa es la transformación de las materias primas como el malteado, la molienda y la dilución del extracto de malta.

#### **Malteado:**

Transformación de la cebada en malta. Se logra al sumergir el grano en agua de manera intermitente a fin de lograr una humedad del 45%. Una vez alcanzada esta humedad se deja germinar a temperaturas entre 15°-25°C. El proceso de germinación consiste en la activación de una serie de vías metabólicas, que permiten a la semilla desarrollarse. En este proceso todas las enzimas propias del grano ( $\alpha$ -amilasa y  $\beta$ -amilasa) necesarias para la degradación del almidón son sintetizadas y/o activadas, junto con otras que contribuyen a la hidrólisis de glucanos y arabinosilanos (glucanasas), que son muy sensibles al calor durante la maceración (65°C). Además, se activan distintas enzimas hidrolíticas que modifican proteínas como las endoproteasas y carboxipeptidasas, que degradan proteínas de almacenamiento como las prolaminas (hordeinas) y glutelinas para la producción de aminoácidos libres en el malteado, las cuales se inactivan durante la maceración al alcanzar una temperatura de 72°C (Bozzo, 2012). Durante el malteado, el almidón es parcialmente degradado (15-18%), completándose en la maceración donde las enzimas amilolíticas propias de la malta ( $\alpha$ -amilasa y  $\beta$ -amilasa) (endógenas) y otras enzimas comerciales agregadas (exógenas) hidrolizan los almidones de la mezcla (Bamforth, 2003).

**Molienda:**

La malta debe ser molida para facilitar el contacto entre las enzimas y los sustratos presentes en ella. La operación se lleva a cabo en un molino. La elección y el control del tamaño de las partículas de la harina influyen en la gelatinización del almidón, generando mayor eficiencia de los pasos posteriores de extracción de sustancias y la separación de la cascara. Los cerveceros utilizan malta (cebada malteada), que las fábricas manipulan para dar los rangos correctos de tamaños de partículas, con el fin de macerar en un tiempo estándar y facilitar la rápida separación del mosto de la masa. Entre menor sea el tamaño promedio de la partícula en la harina va a existir un mayor contacto entre las enzimas y los sustratos, y la extracción será más rápida y eficiente. Sin embargo, una molienda muy fina reducirá el tamaño de la cáscara del grano de la cebada, que es una de las principales constituyentes del residuo y la operación de separación se hace más difícil. Estos puntos son particularmente importantes en una planta automatizada donde un número alto de cervezas se deben elaborar al día (Stewart, 2013).

**Dilución del extracto de malta:**

Se realiza agregando agua potable, previamente tratada para hidratar o diluir el producto que es elaborado por las industrias y se encuentra como extracto en polvo o líquido. Se prepara para la adición en el hervido ajustando a la densidad deseada, su utilización es variada, y sus ventajas están dadas por su fácil utilización, ya que no necesita de la maceración debido a que sus azúcares están transformados, encontrándose principalmente maltosa, maltotriosa y dextrinas, además de proteínas de bajo peso molecular, con el consiguiente ahorro de energía y tiempo (Bozzo, 2012). Las dextrinas, por ejemplo, son azúcares no fermentables que contribuyen al sabor dulce de la cerveza, otorgando también cuerpo. Además contribuyen al valor calórico por que se hidrolizan fácilmente por las enzimas pancreáticas del organismo humano. Existen otros componentes que al ser traspasador al mosto, pueden causar problemas de precipitación y filtración durante las etapas finales del proceso, como es el caso de las pentosas (Arabinosilanos y glucanos) (Bamforth, 2003).

**Maceración**

La siguiente etapa y la más importante es la maceración, es un proceso complejo ya que inciden varias reacciones bioquímicas catalizadas enzimáticamente, principalmente por amilasas y proteasas, las cuales tienen por objetivo degradar el almidón y las proteínas, respectivamente (Bozzo, 2012). En esta etapa el grito (grano) se hidrata para estimular la actividad enzimática, así los componentes de gran peso molecular de las paredes del endospermo, las proteínas de almacenamiento y los gránulos de almidón son hidrolizados enzimáticamente por amilasas, proteasas y glucanasas, solubilizándolos en el agua (Stewart, 2013). Según Bozzo (2012), la relación entre el grano y el agua, en la maceración,

afecta la dilución de las enzimas, la dilución del sustrato, la estabilidad térmica de las enzimas, la dilución de los productos y la viscosidad del mosto, afectando directamente la extracción de solubles y la hidrólisis de almidón y proteínas.

Los almidones tanto de la malta como el de los adjuntos, son transformados en azúcares fermentables a través de las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\beta$ -amilasa propias de la malta, para que las levaduras durante la fermentación, las transformen en alcohol etílico, entre otros componentes (Stewart, 2013). Generalmente, en esta etapa, se utiliza malta ya que contribuye con un gran número de componentes al mosto, los principales son nitrógeno fácilmente asimilable (YAN), azúcares fermentables y proteínas de calidad (principalmente de bajo peso molecular). Además de aportar con las enzimas necesarias para el proceso de transformación de los componentes provenientes de los almidones complementarios y de la malta (Ferreira, 2009).

La temperatura y el tiempo son claves en el desarrollo de la maceración, ya que permiten controlar la activación y desactivación de las enzimas. Para ello se han desarrollado escalas de temperatura que permiten controlar la extracción y transformación de los componentes, para lograr hidrolizar los distintos componentes de la malta, incluyendo los almidones complementarios utilizados en la maceración (Bozzo, 2012). La temperatura de 52°C estimula la actividad enzimática de proteasas y de glucanasas. Luego la temperatura aumenta gradualmente a 65°C para gelatinizar el almidón. Continuamente la actividad de las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\beta$ -amilasa comienzan a actuar para hidrolizar el almidón. La actividad máxima de las enzimas  $\beta$ -amilasa permite degradar el resto del almidón antes de concluir el proceso. Finalmente la inactivación enzimática ocurre sobre los 78 °C (Stewart, 2013).

Durante la maceración ocurre la gelatinización del almidón; lo que produce un aumento de la viscosidad, con el incremento de temperatura debido a la hinchazón de los gránulos de almidón. Sigue con la fragmentación de los gránulos que formarán un gel, causando la disminución de la viscosidad, así los gránulos gelatinizados quedan disponibles para el ataque enzimático y su posterior hidrólisis. Por el efecto de las temperaturas utilizadas, se generan sustancias coloidales insolubles que deben ser separadas al final de esta etapa mediante un filtrado (lauter tank) y que tiene como propósito entregar un mosto libre de sustancias insolubles (Fiorentini, 2010).

El almidón es transformado durante la maceración principalmente en maltosa y dextrinas, compuesto hasta un 90% por hidratos de carbono, donde el 64-77% son fermentables. En un mosto típico se encuentran diferentes tipos de azúcares (Figura 3) como fructosa (1-2%), glucosa (10-15%), maltosa (50-60%), maltotriosa (15-20%) y dextrinas (20-30%), además de algunas proteínas y glucanos (Stewart, 2013).

La degradación de proteínas de reserva durante la maceración es muy importante para la calidad de la cerveza (sensación en boca, espuma y estabilidad) (Prieto *et al.*, 2009). Este contenido que puede medirse a través del contenido de nitrógeno fácilmente asimilable (YAN), debe ser controlado, debido a la importancia de los aminoácidos para la nutrición

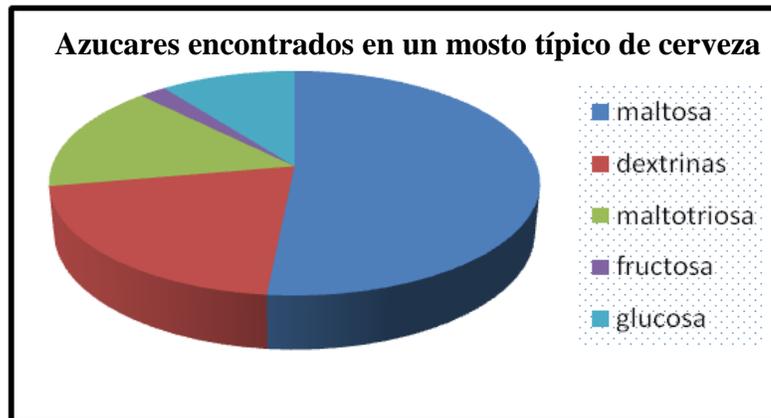
de las levaduras permitiendo que estas puedan transformar completamente todos los azúcares fermentables del mosto y también para evitar posibles enturbiamientos proteicos (Stewart, 2013). Además, durante la elaboración de la cerveza las proteínas y macromoléculas provenientes de la materia prima sufren cambios. En la maceración, las proteínas se solubilizan, se transfieren al mosto y luego las proteínas glucosiladas se coagulan durante la fermentación debido a la baja de pH, formando coloides (Méndez, 2009). Por otra parte las proteínas juegan un rol importante en la calidad de la espuma, el efecto positivo en la formación de las burbujas está dado por la presencia de compuestos proteínicos y glicoproteínicos (proteínas conjugadas) los que permiten además que perdure en el tiempo (Rodríguez, 2003). La espuma está compuesta por un 60 % de proteínas de alto peso molecular (responsables de la estabilidad), 21% de proteínas de peso molecular medio, obtenidas del desdoblamiento de las fracciones de mayor peso y que contribuyen en la estabilidad de la espuma. Mientras que el 19 % restante es reducido en la fermentación y está compuesto por proteínas de bajo peso molecular. Esta última fracción está formada por péptidos y aminoácidos, lo que constituye la fracción asimilable por la levadura durante la fermentación, esta fracción se incrementa durante el malteado y la etapa de maceración (Kunze, 1996).

En relación al YAN se ha establecido que la cantidad mínima para lograr una fermentación completa es de 130 mg/L aproximadamente, conformado por tres componentes principalmente aminoácidos, péptidos pequeños y amonio. Los niveles de YAN tienen una influencia directa sobre los compuestos de sabor en la cerveza, por ejemplo en la síntesis de alcoholes superiores y ésteres (Stewart, 2013). El maíz y el arroz en la producción de cervezas lager, tienen un efecto significativo en la reducción de YAN en el mosto por su bajo contenido de proteínas (Aguyler y Thomas, 1986 citado por Agu, 2002).

Debido a que los consumidores prefieren cervezas brillantes y libres de partículas, existen varios aditivos incluyendo algunas enzimas y coadyuvantes que ayudarán a optimizar los procesos de transformación y extracción de los distintos componentes de la malta incluyendo los almidones complementarios utilizados en la elaboración, aumentando la estabilidad de la cerveza en el tiempo (Stewart, 2013).

Por otra parte los almidones en maceración sufren otras transformaciones no enzimáticas de pardeamiento entre los azúcares reductores, proteínas y aminoácidos, formando componentes llamados cuerpos de color (Hobbs, 2009), incluyendo además distintos compuestos provenientes del grano que son traspasados al mosto y que pueden causar algún efecto en la calidad (Bamforth, 2003).

Inmediatamente después de la maceración ocurre la filtración del mosto. En este proceso el producto se transfiere a un tanque clarificador, llamado lauter, donde se separa el líquido del afrecho o los constituyentes insolubles (Bozzo, 2012).



**Figura 3:** Composición de azúcares encontrados en un mosto típico de cerveza (Ramírez *et al.*, 2003).

### Hervido

La siguiente etapa después del macerado es el hervido. Durante esta operación se dosifica el contenido de lúpulo con el fin de aportar aromas, sabor y amargor. Además la elevada temperatura de ebullición consigue la esterilización del mosto, y también una concentración por evaporación y coagulación de diferentes tipos de proteínas entre otros componentes. En la actualidad, suelen utilizarse algunos aditivos durante la ebullición, como gomas (alginatos y carragenina) o sílica gel para facilitar la posterior clarificación del mosto. Adicionalmente, en algunos casos, se añade colorante natural para incrementar el color del producto final. Luego el mosto es enfriado de 100° C a valores que oscilan entre 5° y 12° C, temperatura adecuada en función del estilo de cerveza a elaborar para la adición de la levadura en condiciones de esterilidad (Fiorentini, 2010).

### Fermentación

La tercera etapa consiste es la fermentación, que resulta de la acción de la levadura, la que transforma la maltosa y otros azúcares del mosto en alcohol y gas carbónico. En este punto es importante destacar que las cervezas son clasificadas por las características de fermentación de las levaduras que se utiliza. Las cervezas Ale y Lager se elaboran con distintas temperatura de fermentación, en el caso de Lager, esta se encuentra entre 7-13°C utilizando la levadura *Saccharomyces pastorianus*. En cambio la fermentación de Ale se realiza entre los 16-18°C con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Ferreira, 2009).

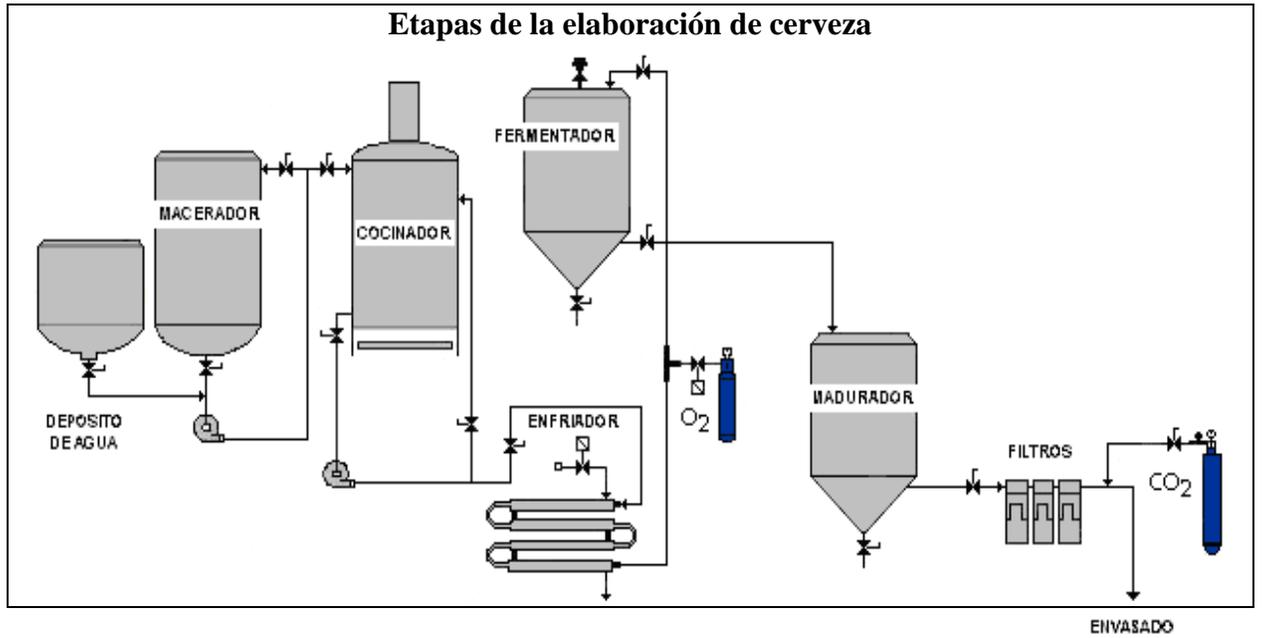
El proceso fermentativo comprende dos sub-etapas: una fermentación principal que concluye cuando se alcanza la densidad final esperada (1045-1050). Durante esta fase los sólidos en suspensión decantan al fondo del fermentador y la fase líquida es sometida a una segunda fase fermentativa. La fermentación secundaria tiene como finalidad la maduración y saturación natural con gas carbónico, finalizando cuando la temperatura se baja a valores

cercanos a los 0°C. Esta transformación puede llevarse a cabo en dos recipientes o en uno sólo (según la modalidad de elaboración) y se desarrolla aproximadamente en 20 días (Fiorentini, 2010).

### **Maduración**

La última etapa consiste en la maduración del mosto cervecero, muchos de los componentes que fueron traspasados al mosto son transformados y modificados por diferentes reacciones, En algunos casos modifican o generan aromas y sabores de la cerveza. En esta etapa, también se modifican las características de limpieza y calidad del producto, incluyendo etapas de clarificación y filtración con el propósito de estabilizar microbiológicamente la cerveza (Fiorentina, 2010).

Existen diferentes técnicas llamadas “*chillproofing*” que ayudan a evitar la inestabilidad coloidal producida por las proteínas y polifenoles en la cerveza, sin que se afecte la calidad, el sabor y la espuma. Según Gonzales *et al.* (2001), citado por De Andrade (2007), los compuestos fenólicos juegan un papel importante en las características sensoriales (color, aroma y sabor) y nutricionales. Estos compuestos son importantes para la calidad del producto, debido a su importancia para la estabilidad coloidal de la cerveza, siendo responsables de la turbidez causada por la interacción con las proteínas de la cerveza. En algunos casos, se pueden utilizar enzimas proteolíticas como la papaína, bromelina o pepsina que degradan y modifican las moléculas de proteínas para evitar que se combinen con los polifenoles. Otra técnica usada para este efecto, es la adición de ácido tánico, obtenido de las hojas de zumaque, el que ayuda a precipitar las proteínas de la cerveza, para luego retirar el material sedimentado. Por otro lado, la adsorción de proteínas usando hidrogeles como gel de sílice o xerogeles, los que adsorben las proteínas involucradas en la turbidez, para luego ser eliminados por filtración. O la absorción de polifenoles usando un polímero insoluble (PVPP) que adsorbe exclusivamente los polifenoles de la cerveza (Cadenas, 2008).



**Figura 2:** Etapas principales en la elaboración de cerveza (Macerado-Hervido-Fermentación-Maduración) (Elaboración Propia)

## **Los almidones complementarios y sus características en la elaboración de cerveza**

La utilización de almidones complementarios en la elaboración de la cerveza son variadas. La primera razón es tecnológica, siendo esta la principal razón en la actualidad debido a que los almidones complementarios permiten obtener cervezas con características organolépticas distintas (Stewart, 2013). Dichas características pueden ser determinadas por el productor en vistas a las tendencias culturales del consumidor. La segunda es económica, debido a su bajo costo en comparación con la malta, aunque el costo de la malta equivale aproximadamente entre el 3-4% del costo total de producción, lo que hace considerar la primera razón sea la más importante (Bamforth, 2003). Aunque, se debe tener en cuenta que su uso no provoque algún cambio negativo en la calidad sensorial de la cerveza, especialmente en el sabor. En la mayoría de los países que se elaboran cerveza, se utilizan uno o dos almidones complementarios y, por lo general, son una fuente de carbono adecuada y más barata que la malta de cebada (Priest y Stewart, 2006).

Los almidones complementarios son conocidos usualmente en la industria como adjuntos, y es importante establecer que no son solamente almidones. Dichos adjuntos permiten optimizar procesos durante la elaboración, ayudando a evitar problemas o alteraciones físicas luego de que el producto está terminado. La importancia recae en el almidón, el cual se convertirá en azúcares fermentables durante el proceso de maceración, pero también estos cereales aportan otros componentes, los cuales son propios de cada grano y su concentración dependiendo del almidón complementario utilizado. Por lo general los adjuntos, son de menor costo que la malta y poseen una baja o nula actividad enzimática. Pueden estar malteados, en el caso del trigo y el sorgo. Su aporte de YAN varía dependiendo el adjunto utilizado. Incluso, como en el caso de arroz, el adjunto puede no contribuir al sabor del producto terminado (Ferreira, 2009).

Las razones anteriormente establecidas hacen que sea posible decir que los almidones complementarios, los adjuntos, son esenciales para la elaboración de la cerveza y se utilizan en la mayoría de las industrias cerveceras. El uso de los adjuntos depende de la disponibilidad de producción de granos dependiente de cada país la cual está determinada por sus tendencias agrícolas, disponibilidad de espacio y clima que aportan o merman los beneficios en los costos y las cualidades de la cerveza (Priest y Stewart, 2006).

La utilización de los adjuntos dependerá de diversos factores. Con miras a obtener el máximo rendimiento de los azúcares fermentables y no afectan la calidad de la cerveza, disminuyendo posibles alteraciones del producto y también disminuyendo los costos de producción (Ferreira, 2009). Sin embargo su contribución no está evaluado por su costo, sino por una tendencia en el mercado, determinada por la cultura asociada al consumidor (Priest y Stewart, 2006).

El aporte de cada adjunto está determinado por la composición de la fuente utilizada y los procedimientos que se apliquen durante la conducción de la maceración. Las fuentes de adjuntos son procesados en vistas a modificar algunos de sus componentes que al ser

traspasados al mosto, podrían generar alteraciones (Van der Borght *et al.*, 2005). Los tipos de adjuntos más utilizados dependerán del estilo de cerveza a elaborar, además del contenido total de azúcares que aportará cada uno al mosto. Los aportes están divididos entre fermentables, que generan alcohol, y los no fermentables, como las dextrinas que aportan sabor, cuerpo entre otras características. Existen otros componentes como los lípidos, proteínas, glucanos, pentosas, entre otros, que son traspasados al mosto y modifican la calidad de la cerveza. Con esto se debiera entender que todo almidón complementario es un adjunto, pero que no todo adjunto es un almidón complementario (Ferreira, 2009).

De acuerdo a la composición del grano, unos de los componentes más importantes son las proteínas y pueden ser clasificadas de acuerdo a su solubilidad: 1) Si son solubles en agua reciben el nombre de albúminas. 2) Si son solubles en alcohol son prolaminas. 3) En álcali son gluteinas. 4) Si lo son en agua salina, se les llama globulinas. Alrededor del 20% de las proteínas de la cerveza son albuminas, éstas son resistentes a la proteólisis y coagulación por calor, por lo tanto quedan en el mosto produciendo diferentes problemas en la estabilidad de la cerveza (Ferreira, 2009). A pesar que causan problemas, a su vez también se busca su presencia, ya que según Pratt-Marshall, 2002, algunas proteínas de diferentes tamaños favorecen a la formación y estabilidad de la espuma. Estos componentes proteínicos con efecto favorable, provenientes principalmente de la cebada, son las proteínas de transferencia de lípidos (LTP1) de 9,7 kDa, la proteína Z de 40 kDa y proteínas de 17 kDa. La causa de formación de espuma se debe a que las proteínas presentes en la cerveza rodean a las burbujas de gas, formando así un puente estable en la fase acuosa de la cerveza. Entre los formadores de espuma, podemos destacar la cebada y el trigo malteado. Otros cereales, como el arroz y el maíz, que son de escaso valor proteico o gran cantidad de hidratos de carbono, como la sacarosa, tienden a diluir las proteínas en el mosto (Stewart, 2013).

Existen otros componentes, llamados lípidos provenientes de la materia prima, que son capaces de interferir con la interacción entre las proteínas, causando así inestabilidad en la espuma y su rápido colapso (Briggs, 1995, citado por Bravi, 2007). El contenido de lípidos presente en la cerveza depende de su concentración en las materias primas utilizadas y el proceso de elaboración de la cerveza (Bravi y Peretti, 2012). Las concentraciones de lípidos presentes en los adjuntos afectan la calidad de la cerveza debido a que forman un complejo con las cadenas de amilosa, impidiendo su lixiviación en la maceración; además afecta el crecimiento de levaduras durante la fermentación, el sabor, la estabilidad de la espuma y la calidad de la cerveza (Bravi, 2007; Singh, 2003 citado por Singh 2011; Bravi y Peretti, 2012). Adicionalmente, durante la maduración de la cerveza la modificación de los lípidos puede alterar el aroma produciendo aromas rancios, esto debido a la oxidación de ácidos grasos insaturados presentes en la cerveza (Bravi, 2007).

Por otra parte, existen otros componentes provenientes de algunos adjuntos utilizados, estos son los glucanos y los arabinoxilanos. Los glucanos son polímeros lineales que pueden ser degradados durante el malteado por enzimas endoglucanasas que hidrolizan glucanos de alto peso molecular. Sin embargo, esto no siempre ocurre de forma total y al ser traspasados al mosto causan problemas de inestabilidad coloidal, turbidez y además pueden

bajar la tasa de filtración del mosto (Román *et al.*, 2006). La descomposición incompleta de los glucanos en el malteado produce problemas de centrifugación, filtración y abrillantamiento, reduce la capacidad del filtro y aumenta el consumo de coadyuvantes (tierras de diatomeas, entre otras). Además produce turbidez y precipitados en la cerveza (Wei L., 2006; Ferreira, 2009; Stewart, 2009).

Los arabinoxilanos son cadenas laterales de pentosas unidas a los glucanos que están presentes principalmente en la cebada que necesitan de enzimas, sean endógenas o exógenas, para su ruptura (Román *et al.*, 2006). La concentración de arabinoxilanos en la cerveza es mayor que la de glucanos. Los arabinoxilanos son polímeros extraíbles en agua y de alto peso molecular (64 a 270 kDa) que contribuyen a problemas de viscosidad y filtración. Se ha estudiado que los efectos de los glucanos están relacionado principalmente con la viscosidad, mientras que los arabinoxilanos se relacionan con problemas de filtración y viscosidad (Lúa, 2006). Altas temperaturas, al inicio de la maceración, inactiva enzimas que degradan los arabinoxilanos aumentando su concentración en el mosto. Las enzimas endoxilanasas y  $\beta$ - glucanasas de la malta conservan su actividad a bajas temperaturas de maceración (45°C), lo que resulta en una disminución de arabinoxilanos y glucanos al comienzo de esta etapa (Lúa, 2006).

Por otra parte, la importancia de la utilización de los adjuntos depende de sus temperaturas de maceración que afectando la transformación del almidón, permitiendo su gelatinización, y transformación en azúcares fermentables. Estos, son clasificados en 3 grandes grupos: 1) los agregados directo en la maceración debido a que su temperatura de gelatinización es similar al de la malta (61-62°C) y los que deben ser tratados por separado dada su alta temperatura de gelatinización (superior a 70 °C) para ser agregados posteriormente a la malta; 3) los que son agregados directamente al hervido ya que cuentan con azúcares que han sido transformados previamente en procesos industriales y por ello no necesitan una transformación enzimática durante la maceración (Bamforth, 2003).

La temperatura de la gelatinización es clave para la transformación de los adjuntos. La temperatura se ve afectada por las características estructurales de cada almidón, el tamaño de sus gránulos y los porcentajes de ellos (Home *et al.*, 1999). El tamaño de los gránulos de almidón es inversamente proporcional a la temperatura de gelatinización, es decir, que se necesitan elevadas temperaturas de maceración para aumentar la capacidad de hinchamiento de los pequeños gránulos de almidón, siendo los gránulos más grandes los primeros en gelatinizarse (Herrera *et al.*, 2003 citado por Prieto *et al.*, 2009).

Los adjuntos con alta temperatura de gelatinización (superiores a 70°) deben sufrir un tratamiento previo para su adición con la malta. Los granos crudos se maceran en una caldera independiente donde son mezclados con agua y sometidos a temperaturas que permiten la gelatinización del almidón que dependerá el tipo de adjunto utilizado. Posteriormente, por efecto de la temperatura ocurre un proceso de hinchamiento de las cadenas de amilosa, amilopectina y la hidrólisis parcial de estas cadenas para luego ser incorporados, a partir de 60°, con la malta y aprovechar sus enzimas (Bramfort, 2003). Un ejemplo de adjuntos con alta temperatura de gelatinización es el uso de arroz y maíz dado

que sus propiedades complementan a la malta y ayudan a la brillantez y estabilidad coloidal de la cerveza. Mientras se prepara el mosto se coloca arroz y/o maíz con agua, se agitan hasta que el almidón de los granos completa su gelatinización. El líquido caliente se agrega al mosto de malta. La temperatura de la mezcla ocurre a 68°C, lo cual se denomina temperatura de conversión. A esta temperatura las enzimas de la malta convierten el almidón de la malta y de los otros adjuntos en azúcares fermentables (Alaniz, 2008)

Para minimizar los problemas en la maceración, los granos son procesados con el fin de transformar el tamaño de las partículas que contienen los gránulos de almidón y las proteínas para facilitar la acción enzimática. Además de este procesamiento, consistente en la molienda, los granos son calentados para facilitar la gelatinización del almidón e impedir la aglomeración de las partículas. Las partículas son transformadas en tamaños menores a 100 µm, usualmente entre 17-35 µm (Briggs *et al.*, 2004).

Por otra parte, los almidones complementarios también pueden ser clasificados por su aspecto físico. En este sentido se encuentran en forma de copos, harinas o sémolas, granos micronizados, maltas o, en su presentación líquida, como jarabes de maltas o de azúcares invertidos (Agu, 2002).

Otro posible aspecto del grano son los grits, estos son cereales no malteados, molidos y cortados en láminas que aportan hidratos de carbono de bajo grado de polimerización facilitando así el filtrado (Kawasaki, 2009). Las harinas se producen como subproductos, durante el procesamiento del maíz, arroz y sémola de sorgo y deben ser cocinadas antes de ser mezcladas con la malta. Estos materiales son fáciles de manejar y debido a que han sido procesados se obtienen mejores rendimientos del extracto, debido a que sus almidones son pre-gelatinizados (Briggs *et al.*, 2004).

Las nuevas tecnologías han permitido procesar los granos y grits para obtener jarabes concentrados de azúcares cuya composición es similar a los azúcares provenientes de la malta, la que tiene alto contenido de maltosa, con importantes ventajas tanto de orden técnico como económico al compararlos con los grits (Briggs *et al.*, 2004).

Dado lo anterior, existen diferentes tipos de productos comercializados en el mercado que realizan distintos aportes a la composición de la cerveza, por ejemplo tenemos algunos ingredientes con alto nivel de proteínas y glicoproteínas que mejoran la espuma al aumentar la viscosidad, tales como copos o cereal de trigo, trigo arrollado (*'flaked wheat'*), cebada arrollada (*'flaked barley'*), avena, malta de trigo y malta de cebada. Otras fuentes de extractos complementarios con bajo contenido de proteínas como el maíz, el arroz, azúcares y extractos de malta, tienden a diluir los compuestos positivos para la formación de espuma (Fodor, 1998).

Además existen otros adjuntos, como los cereales tostados, que pueden aportar diferentes colores y sabores dependiendo de la cantidad utilizada y de la intensidad del tostado. Estas características son aportadas dada la transformación térmica en el procesamiento del cereal, debido a la producción de melanoidinas a causa de la reacción de Maillard. Las

melanoidinas son capaces de generar ciertas características sensoriales al ser traspasadas al mosto, como sabores a caramelo y ahumado, además de colores oscuros según el grado de tostado y porcentaje aplicado (Rudnitskayaa, 2009).

Otro derivado de los adjuntos, ampliamente usado, es el llamado color caramelo para cerveza. Estos se obtienen de la caramelización de los azúcares provenientes de la sacarificación del almidón. Su adición permite acentuar el color del producto. En comparación a la elaboración de cervezas Premium oscuras o negras, que utilizan maltas tostadas o especiales (Alaniz, 2008).

En vista de todo lo dicho, se pueden hacer consideraciones:

Se puede notar que no hay que excederse en el agregado de adjuntos ya que aportan gran cantidad de azúcares, pero a su vez aportan pocas proteínas y nitrógeno asimilable, como es el caso del arroz, maíz y jarabes de azúcar que disminuyen la cantidad de aminoácidos en el mosto. No hay que agregar en exceso cereales con elevado contenido de lípidos, como por ejemplo la avena. Se debe usar malta de trigo o malta cebada arrollada "*flaked barley*" para favorecer la espuma (Fodor, 1998).

A modo de resumen, los objetivos que se persiguen al utilizar adjuntos en la elaboración de cerveza son:

- Mejorar el sabor, color y aromas deseados
- Evitar la presencia de turbios
- Mejorar la filtración
- Generar colores más claros y brillantes en la cerveza
- Disminuir ciertos componentes perjudiciales para la calidad
- Comercializar un producto reconocido y reproducible

Como se dijo anteriormente, existen diferentes materias primas (adjuntos) que aportarán distintos componentes, pudiendo modificar las características sensoriales de la cerveza. A continuación, se caracterizan los principales adjuntos que se utilizan en la industria cervecera.

## Características y propiedades tecnológicas de la cebada

Es utilizada como materia prima principal o complementaria dependiendo el tipo y estilo de cerveza. Los objetivos principales de la malta de cebada son obtener el máximo rendimiento del extracto, la cantidad suficiente de nutrientes para el crecimiento de la levadura, los azúcares fermentables para la producción de alcohol y una equilibrada combinación de compuestos de alto peso molecular que generan una espuma estable, suave sensación y evita la formación de turbios durante el almacenamiento (Home *et al.*, 1999).

La cebada contiene un nivel adecuado de proteínas (8-12%), con bajos niveles de lípidos y altos niveles de enzimas amilolíticas para la transformación del almidón, además de las ventajas de su cascara, que crea una capa filtrante para separar el material insoluble a partir del extracto. La cantidad de proteína de la cebada no debe exceder el 11,5%, para no afectar la estabilidad coloidal del producto terminado (Ferreira, 2009).

La temperatura de gelatinización de la cebada es entre 61-62°C (Wagner, 2005). Además, la cebada aporta proteínas de calidad a la cerveza, importantes en la estabilidad de la espuma. Durante el macerado la proteólisis debe ser cautelosa para conservar estas proteínas que aportaran a la calidad de la cerveza (Ferreira, 2009). Por otra parte, los principales constituyentes de la pared celular del endospermo amiláceo de la cebada son los  $\beta$ -glucanos y arabinosilanos (Lua, 2006).

Se utiliza el grano de cebada en diferentes formas, ya sea cruda, malteada, en forma de copos o harinas, lo que genera diferentes métodos para obtener los rendimientos esperados. Hoy en día, con la ayuda de las enzimas microbianas se puede aumentar el uso de cebada en bruto sin maltear por su bajo costo y, al mismo tiempo, obtener mayores extractos (Priest y Stewart, 2006).

Cuando se utiliza cebada cruda a menudo necesitan ser complementados con mezclas de enzimas externas provenientes de microorganismos que contienen amilasa, proteasa y glucanasa para ayudar a convertir el almidón, y proporcionar cantidades suficientes de YAN, además de degradar cantidades relativamente grandes de glucanos que puedan estar presentes (Briggs *et al.*, 2004). Se puede utilizar hasta en niveles de 50% (Extracto base), permitiendo controlar los equipos, la concentración de enzimas, el tiempo, y la temperatura, obteniendo mayores rendimientos de maltosa en el mosto (Priest y Stewart, 2006). Se puede utilizar cebada descascarillada para aumentar los rendimientos del extracto, pero esto puede dar lugar a dificultades de escorrentía debido a que la cáscara proporciona material para la formación del lecho filtrante.

Según Briggs (1978) citado por Briggs *et al.* (2004), los copos de cebada perlada están despojados de la cascara y se han eliminado por molienda las capas de la superficie, lo que puede provocar problemas en la elaboración de la cerveza en gran medida debido a que contienen cantidades comparativamente grandes de glucanos.

El trigo puede competir con las ventajas que tiene el uso de la cebada, debido a que aporta

gran cantidad de almidón, proteínas de calidad para la espuma, entre otros componentes, que además sus costos de producción están altamente correlacionados por unidad de superficie, lo que genera una competencia respecto a su utilización en variados países (Bozzo, 2012).

## Características y propiedades tecnológicas del trigo

El almidón es el componente más abundante del trigo (63-72%). Según Colona y Buleon (1992) citado por Van Der Borgth *et al.* (2005), los niveles de amilosa son 25-28% y 72-75% de amilopectinas. Los gránulos de almidón son de dos tamaños, grandes lenticulares (15-40  $\mu\text{m}$ ) y otros pequeños esféricos (1-10  $\mu\text{m}$ ) (Van Der Borgth *et al.*, 2005). El almidón de trigo posee gránulos pequeños más digestibles y tienen alrededor de 5% menos de amilasa que la malta (Prieto *et al.*, 2009). El almidón de trigo gelatiniza a temperaturas inferiores a la cebada, entre 52 y 54°C (Wagner, 2005), por lo que se puede utilizar directamente en el mosto en maceración (Bamforth, 2003). Se ha informado de que la mayor concentración de extracto se produce si el material está cocinado a 96°C posiblemente debido a que los pequeños gránulos de almidón se gelatinizan sólo a alta temperatura (Briggs *et al.*, 2004).

El grano de trigo contiene un alto nivel de proteínas (12%) que se encuentran en el endospermo y participan en la calidad de la espuma, además de aportar sobre la inestabilidad proteica. Las principales proteínas del trigo son insolubles en agua, pudiendo dividirse en dos grupos, las proteínas del gluten que son aproximadamente 80-85% de la proteína total del trigo y las que no pertenecen al gluten, aproximadamente 15-20% de la proteína total que consisten fundamentalmente en albuminas y globulinas. Por otra parte el trigo tiene un bajo contenido de lípidos (menor al 2%), que se dividen en los lípidos libres (75%) que se componen por triglicéridos y otros lípidos no polares, y otros lípidos unidos como los componentes amiláceos del grano (25%) que son generalmente polares y se encuentran interactuando con la proteínas y los gránulos de almidón hasta la gelatinización y no aportan problemas asociados a ellos (Belitz y Grosch, 1999 citado por Van Der Borgth *et al.*, 2005). El almidón de trigo contiene una gran cantidad de glucanos y se sugiere que en mostos de trigo se agregue un 10% de la malta a 48°C durante 30 min antes de la maceración normal para romper los glucanos con las enzimas glucanasas de la malta (Priest y Stewart, 2006).

Se utilizan a menudo cantidades pequeñas de trigo (15-25%) para mejorar la espuma en la cerveza (Ferreira, 2009). Además se presentan atributos afrutados, picante, floral y buen cuerpo (Mejlholma, 2006). Se ha registrado la presencia de compuestos como el acetato de isoamilo y 4-vinilguayacol, que presentan aromas a plátano y clavo de olor, respectivamente (Schwarza *et al.*, 2012).

El trigo se puede utilizar de diferentes formas que están presentes en el mercado, ya sea cruda, en forma de harina, copos o malteado, lo que genera cambios en su utilización dentro del proceso. Los componentes del trigo pueden ser separados por diferentes procesos industriales, aunque los rendimientos son menores (5-8% menos) debido al daño del almidón como resultado de la molienda y las pérdidas por las corrientes de fresado (Van Der Borgth *et al.*, 2005).

Según Birf, (1960) citado por Lloyd, (1986) la harina de trigo, que es la forma de utilización más común (Briggs *et al.*, 2004), aporta gran cantidad de proteínas lo que

favorece la retención de espuma en la cerveza, pero contienen un alto contenido de nitrógeno, al contrario del maíz y arroz, que no entregan una fuente considerable de nitrógeno, en cambio el trigo otorga cerca de un 50% de lo necesario. La elaboración de la harina de trigo es un proceso especializado; una serie de rodillos y tamizado produce la eliminación de los gérmenes del trigo y aumenta el porcentaje de almidón en el producto, mientras que la proteína, ceniza y lípidos se reducen (Briggs *et al.*, 2004). Los grano de trigo son más difíciles de moler que los granos de cebada, por ende se someten a un tratamiento previo de tostación o micronización (Paez, 2010). El uso de trigo procesado contiene menor costo debido a que disminuye problemas asociados a las proteínas del trigo (Agu, 2002). Actualmente algunas cervecerías Inglesas utilizan alrededor del 5-10% de la harina de trigo.

Se utiliza malteado, en cantidad superiores al 50% para la elaboración de cervezas de trigo o blancas (Paez, 2010). Algunos tipos especiales de cerveza, tales como la cerveza “*BerlinWeiss*”, está constituida por un 75% de trigo en la maceración. El uso limitado de malta de trigo se debe principalmente a la dificultad experimentada en el malteado del grano y su capacidad enzimática menor a la malta de cebada. Sin embargo, la ausencia de la cáscara tiende a aumentar la cantidad de extracto (Priest y Stewart, 2006).

El grano de trigo está desprovisto de la cáscara. Por ello surgen problemas durante el malteado, debido a la acospira que no está protegida y puede desprenderse fácilmente del grano por la falta de cáscara, sin embargo, significa que el trigo contiene aproximadamente un 8% más de almidón que la cebada, a igual peso de grano. Por lo tanto se puede obtener niveles mayores de extracto a partir de malta de trigo (Paez, 2010).

Cuando se utiliza malta de trigo y trigo como complementarios, se pueden producir problemas de viscosidad y reducción en la filtración debido a que el trigo posee contenidos altos de arabinoxilanos de alto peso molecular. Las cervezas de trigo alemanas contienen una mayor concentración de arabinoxilanos debido a la poca capacidad enzimática del trigo para degradarlos (Lua, 2006). Las burbujas de la cerveza de trigo son más pequeñas explicando la mayor cremosidad y estabilidad de la espuma (Depraetere *et al.*, 2004).

En muchos países el trigo como fuente de almidón ha perdido interés, debido a la disponibilidad de otras fuentes de almidón con menor precio, como en EE.UU. el maíz y en Chile el arroz (Ferreira, 2009).

El almidón de trigo refinado actualmente no es atractivo en los Estados Unidos debido a su alto precio en comparación con los complementos disponibles en el mercado (Priest y Stewart, 2006). El 80% de las cervezas europeas se elaboran con grits de trigo, como las cervezas del tipo “*Hefeweizen*” de trigo y Stout que son elaboradas de complemento de trigo y son naturalmente espumosas (Fodor, 1998; Briggs *et al.*, 2004).

## **Características y propiedades tecnológicas del maíz**

Existen diferentes tipos de maíz, cultivados en todo el mundo. EE.UU., China, Brasil, Argentina, India, Francia e Indonesia son los principales productores (Singh *et al.*, 2011).

El grano de maíz contiene aproximadamente un 87% de almidón que consiste en amilosa y amilopectinas que se encuentra en el endospermo. El germen se caracteriza por tener gran cantidad de lípidos (33%) y proteínas (18%). El pericarpio es la capa más externa, la cual contiene un alto contenido de fibra cruda (1,3%). Las paredes celulares están compuestas por polisacáridos no amiláceos (glucanos y arabinosilanos) que pueden afectar al proceso cervecero. El almidón de maíz tiene aproximadamente 25-28% de amilosa y su remanente es amilopectinas (Méndez *et al.*, 2009). Existen algunas variedades de maíz que varía la concentración de amilosa que forman complejo con lípidos, produciendo menor viscosidad por la ausencia de la hinchazón de la amilosa. La concentración de amilosa en el maíz ceroso es insignificante (1-5%), lo que produce menor complejo con los lípidos, produciéndose la lixiviación de la amilosa. Esto genera mostos con baja viscosidad, en comparación con el maíz azucarado que contiene mayor concentración de amilosa (Singh *et al.*, 2011).

Según Bamfort (2003), el almidón de maíz es gelatinizado a temperaturas entre 62-74°C, mucho más altas que la cebada, por lo que deben ser cocinados separado del mosto principal para gelatinizar el almidón.

Generalmente, se utiliza como complemento el maíz para estabilizar o conservar el sabor en las cervezas dados por la malta (Ferreira, 2009). Una cerveza compuesta de 80% de malta y 20% de maíz, genera un estilo distintivo, con un color oro brillante, con una espuma gruesa, cremosa y de larga duración, un sabor modesto reforzado con la dulzura sutil del maíz y con un largo y limpio acabado (Choi, 2005).

La elaboración de cerveza en base a maíz o como complemento, tiene múltiples características a pesar de poseer una concentración alta de lípidos (4,8%) que no son deseados en el proceso y en el producto, aunque la utilización de productos procesados del maíz ayuda a su reducción. Por ejemplo los copos de almidón de maíz son más simples, debido a que se puede remover la cascara del embrión fácilmente, obteniendo un mosto rico en carbohidratos con una baja viscosidad y un bajo contenido de lípidos, entre otros componentes provenientes del maíz (Lloyd, 1986). Los cerveceros emplean maíz generalmente en tres formas, copos, sémola y harina. La sémola se produce a partir del maíz amarillo o blanco, molido para eliminar el salvado y el embrión. Los copos son similares a los cereales alimenticios, pueden agregarse como tal o aplastados (Priest y Stewart, 2006).

La sémola de maíz que debe ser cocinada separada del mosto principal por su alta temperatura de gelatinización, además influye en la composición de ácidos grasos en el mosto (Bravi y Perreti, 2007). La sémola de maíz es ampliamente usada en los Estados Unidos y Canadá, producida a partir de la molienda del maíz seco, que remueve las capas

del endospermo para remover la gran cantidad de lípidos del grano. La sémola de maíz contiene aproximadamente un 90% de almidón, un adecuado contenido de proteínas (7-9 %) y un bajo contenido de lípidos (0,7-1%). Estas sémolas imparten un dulzor más característico a la cerveza en comparación a la sémola de arroz que no afecta el sabor, (Briggs *et al.*, 2004). La temperatura de gelatinización de la sémola de maíz es entre 62-74°C, en comparación con la sémola de arroz que es entre 64-78°C. Se ha estudiado que en un nivel de 30% de sémola de maíz en la mezcla produce aromas volátiles similares a una cerveza todo malta, disminuyendo considerablemente la cantidad de proteínas, péptidos y aminoácidos del mosto (Priest y Stewart, 2006).

Los copos de maíz son fragmentos de endospermo amiláceo utilizados directamente en la maceración con otros productos como el jarabe de maíz o hidrolizados de sacarosa que son agregados directamente a ebullición. El maíz es procesado y transformado en copos luego de su calentamiento a temperatura de gelatinización. Luego es sometido a un proceso de descamación, para ser utilizado en la maceración (Ferreira, 2009).

El almidón de maíz refinado (harina) es poco utilizado por el precio mayor relativo a la sémola de maíz y arroz cervecero. Posee temperaturas de gelatinización más bajas (61-68°C) que el arroz y sémola de maíz y si se utiliza como complemento, se debe tener cuidado debido a que se puede pegar fácilmente en los utensilios utilizados durante la cocción. Aumentar de 1 a 2% en el uso de almidón de relleno en lugar de arroz no afecta la estabilidad coloidal. El sabor no se ve afectado en la cerveza, excepto que cuando se considera light o livianas, los sabores son más tenues (Priest y Stewart, 2006).

La separación de la cáscara y el germen se realiza humedeciendo el grano y luego endureciéndolo para pasarlo por una corriente de vapor a presión atmosférica, lo cual permitirá separar fácilmente estos constituyentes por tamizado y aspiración, pasando a su vez por rodillos a temperaturas de 84 °C que ayudarán aflojar las partes, además de generar un pre gelatinizado, para luego ocuparlo en el mosto principal. Luego al elevar su temperatura a la óptima de gelatinización (78°C) seguido por una reducción de humedad al 8-9%, permitirá obtener copos de almidón ricos en carbohidratos fermentables y bajo en lípidos (Lloyd, 1986). El vapor y la descamación interrumpe la matriz del almidón y la proteína en el endospermo, el almidón se gelatiniza parcialmente y aumenta el área de acción de las enzimas. La disminución de proteína y grasa se atribuyen principalmente a la pérdida del germen durante el proceso de descamación mecánica (Chuck-Hernandez *et al.*, 2009). Además el maíz procesado se convierte en diferentes productos valiosos, tales como dextrosa, jarabes de fructosa, dextrinas y almidones modificados (Singh *et al.*, 2011).

### **Características y propiedades tecnológicas del arroz**

El arroz como el resto de los cereales, es rico en hidratos de carbono complejos, es fuente de proteínas y minerales. Su composición química es variada dependiendo la molienda o la eliminación de sus capas externas. El salvado de arroz constituye 10-15% del grano y es una excelente fuente de proteínas (12-15%) y lípidos (15-20%). Los hidratos de carbono son los constituyentes más abundantes del arroz, que contiene cerca del 80% de almidón, y está constituido por amilosa y amilopectinas en diferentes proporciones dependiendo de la variedad. Las proteínas son el segundo constituyente más abundante del arroz (6,3-7,9%).

En el arroz la relación entre albuminas, globulinas, prolaminas, glutelinas es distinta al resto de los cereales, y se encuentran mayoritariamente las gluteinas. El contenido de lípidos es inferior que el almidón y las proteínas, y se encuentra entre el 0,7-2,9%, y no trae problemas asociados a la cerveza, pero tiene efectos significativos en las propiedades del almidón y la pasta. La mayoría de los lípidos presentes en el arroz pertenecen a la categoría de lípidos no amiláceos que no están unidos a los hidratos de carbono (Edel y Rosell, 2007).

El arroz, es uno de los almidones complementarios más usados en los Estados Unidos, aunque es 25% más caro que el maíz. El arroz de cerveza, es un subproducto del arroz comestible, se obtiene cuando el arroz es molido en seco para quitar completamente el salvado, las capas de aleurona y el germen produciendo una cantidad mínima de daños en el endospermo amiláceo. Sin embargo, hasta un 30% de los granos se fractura en el proceso de molienda. El grano roto es considerado estéticamente inservible para el consumo alimenticio, por lo tanto es destinado para la industria cervecera (Priest y Stewart, 2006).

El contenido de amilosa en el arroz depende de la variedad y el molido del grano, con cantidades desde 1-2% bajos, 20-25% medio y altos contenidos de amilosa mayores a 25%, reportados incluso algunos de 40% de amilosa. El arroz bajo en amilosa otorga características más suaves y cremoso en boca a la cerveza. El tamaño del gránulo de almidón varía entre 3-9 micras hasta 39 micras (Van Der Borght *et al.*, 2005). Según Bamforth (2003), el almidón de arroz es gelatinizado entre 64-78°C.

El arroz se transforma en una olla de maceración secundaria, con una fina molienda del grano partido, las partículas de 2 mm se consideran adecuadas. La manipulación del arroz es relativamente fácil, ya que los granos quebrados permiten fluir el mosto fácilmente a través de los fondos de maceración. El arroz es molido en rodillos para ser incorporado a la maceración secundaria, donde el almidón será gelatinizado para su posterior incorporación a la maceración de la malta, en donde las enzimas propias de la malta transformaran los almidones de la mezcla en azúcares fermentables (Priest y Stewart, 2006).

Según Yin *et al.* (2006) al utilizar arroz como adjunto en un 30%, disminuye la cantidad de arabinosilanos y glucanos en el mosto aportados por la malta, evitando problemas de turbidez; además de estabilizar y conservar el sabor en las cervezas (Ferreira, 2009).

La utilización de los almidones de arroz en forma de harina, granos rotos y enteros, generara diferentes viscosidades en el mosto debido a la absorción de agua e hinchamiento del almidón. Esto además se ve influenciado por las proteínas que están presentes en el arroz (Thi Uyen Trana *et al.*, 2004).

Al utilizar arroz baja el contenido de polifenoles y proteínas en el mosto, lo que produce una disminución en la concentración de aminoácidos disponibles para las levaduras, causando una ligereza del sabor y un elegante complemento con el amargor, reduciendo también alteraciones físicas coloidales (Kawasaki, 2009). El arroz es preferido por algunos fabricantes de cerveza debido a su bajo contenido de lípidos en comparación a la de sémola de maíz. El arroz tiene aroma neutro y bajo sabor, produce un abrillantado reluciente a la luz y una cerveza limpia para degustar (Priest y Stewart, 2006). La sémola de arroz tiende a dar un carácter balanceado a la cerveza. Mientras que la sémola de maíz confieren un redondo seco y una más completa impresión del producto (Briggs *et al.*, 2004). Un claro ejemplo del uso del arroz como adjunto, se aprecia al analizar los caracteres delicados de la cerveza Budweiser, con un equilibrado cuerpo, el sabor proveniente de la malta y un color muy pálido (Bramforth, 2003).

### **Características y propiedades tecnológicas de la avena**

Es uno de los cereales más consumido en el mundo, y de gran valor debido a sus excelentes propiedades y componentes relacionados con la salud, con el alto contenido de fibra dietaria, especialmente glucanos, minerales y antioxidantes (Klose *et al.*, 2009).

En el pasado, las cervezas negras se elaboraron con altas proporciones de maltas de avena. Las razones para el uso de maltas de avena no son claras y se encuentran a menudo muchos problemas en la fermentación (exceso de espuma en la fermentación y mostos turbios). Los extractos son bajos, el contenido en lípidos es alto (7,5%), con el peligro de que el material se vuelva rancio y disminuya la retención de la espuma, produciendo inestabilidad en el sabor y en la cerveza. Posee una capacidad enzimática similar a la cebada cuando se encuentra malteado en comparación cuando esta descascarada, que tiene un poder enzimático muy bajo. Es un complemento perfecto para mejorar el cuerpo, la retención de espuma y el sabor de las cervezas oscuras. Se utiliza como aditivo saborizante, potencia los sabores en la cerveza similares a una galleta y confiere una textura única con una sensación cremosa en boca. Es utilizada principalmente en cervezas inglesas oscuras. Su blanca espuma compacta, vigorosa y duradera proporciona al degustarla regustos prolongados muy reconfortantes (García, 2003).

La avena contiene altos niveles de lípidos (4,9-7,9%) y proteínas (6-17%) lo que provoca que sea poco utilizado en la actualidad por la industria cervecera, en comparación a la tendencia durante la segunda guerra, donde la falta de otros cereales incremento su uso (Páez, 2010).

La estructura del almidón es muy granular, como el arroz, pero con una temperatura de gelatinización entre 55-60°C. El grano posee una cáscara fibrosa, que se conserva durante la maceración, lo que facilita la filtración natural que presenta el grano. Esto será a expensas de extracto de baja contenido de almidón, limitada calidad de gelatinización, alta viscosidad y baja fermentación (Páez, 2010).

La avena está disponible entera, arrollada y en copos. La avena arrollada y en copos tiene sus almidones ya gelatinizados (solubles) por medio del calor y la presión ejercida en su procesamiento, y son comúnmente encontradas como avena instantánea en el mercado. La avena entera y avena arrollada tradicional no tienen el nivel de gelatinización que tiene la anterior y deben ser cocinadas antes de agregarse al macerado. La avena utilizada generalmente en la industria tiene cierto grado de gelatinización. Deben cocinarla como lo indica el envase (pero agregando más agua) para asegurarse que los almidones serán utilizados por completo. La avena arrollada aporta una sensación suave en boca, sedosa y una alta cremosidad, por ejemplo la cerveza Stout debe ser saboreada para ser entendida (La mansión del cervecero, 2013)

### **Características y propiedades tecnológicas del sorgo**

Es un cultivo de ciertas regiones áridas y se ha empleado malteado para producir una gran diversidad de cervezas africanas. La semilla contiene un alto nivel de polifenoles. Las paredes del endospermo contienen altos niveles de proteínas, causando problemas en la elaboración de cervezas claras. La estructura del almidón y la temperatura de gelatinización son similares al maíz, pero las pérdidas en el malteado son muy grandes incluso pueden alcanzar el 30%. La cantidad de azúcar del mosto es muy similar a la cebada y trigo, siendo menores los niveles de maltosa y mayores los de glucosa (Páez, 2010). La actividad enzimática total de la malta de sorgo es menor al 50% de la malta de cebada (Priest y Stewart, 2006).

Según Canales y Sierra (1976) citado por Priest y Stewart (2006), la industria cervecera de EE.UU. empleó sorgo como adjunto en 1943, cuando las materias primas eran escasas. Desafortunadamente, el sorgo provenía agrietado y sólo parcialmente descascarado y, en consecuencia, los cerveceros obtenían bajos rendimientos y cervezas de sabor amargo y otros problemas de calidad. Hoy, la sémola de sorgo es considerada de calidad comparable a los mejores granos de maíz y arroz.

Las cáscaras y material embrionario que constituye alrededor del 48% del grano, se retiran de esta fracción y se venden como un subproducto. Al procesarse genera un 12% del material original en forma de harina y 35% como sémola de sorgo. Ambos componentes se utilizan como adyuvantes en la elaboración de la cerveza, alcanzando hasta 45% del extracto total del mosto (Priest y Stewart, 2006).

La temperatura de gelatinización está entre 70-75°C por lo que debe cocinarse por separado, agregándose posteriormente a la malta para que sus enzimas realicen la hidrólisis de los almidones y otros componentes (Wagner, 2005). Concretamente, el uso de sorgo en cervezas lager es conocido en México y Nigeria. Además puede usarse malteado para aportar enzimas al mosto (Ratnavathi y Ravi, 2000). Aunque la malta de sorgo contiene menor actividad  $\beta$ -amilasa, además la  $\alpha$ -amilasa es sensible al calor (termolábil) (Paez, 2010). Sus proteínas son susceptibles a la proteólisis, causando una mayor liberación de péptidos. Se considera que aporta mayor YAN que cuando se ocupa maíz como complemento, incluso con valores similares al aportado por la malta (Ratnavathi y Ravi, 2000).

El sorgo tiene capacidad de liberar mayor cantidad de péptidos que el maíz, por su mayor concentración de proteínas en el grano. Los grits de sorgo ofrecen una oportunidad en la sala de cocción, por el poco tiempo empleado debido a la baja del tiempo de ebullición y escurrido. La facilidad de extraer el almidón genera mostos de alto valor nutritivo (Agu, 2002).

La tendencia actuales elaborar cervezas 100% sorgo, las cuales utilizan grandes cantidades de grano crudo directamente en maceración. Por otro lado, se puede utilizar cerca de un 80% de grano crudo y 20% de sorgo malteado, con grandes cantidades de enzimas

industriales (Páez, 2010). La cervecería Guinness utiliza sorgo como almidón complementario (Wagner, 2005),

### **Características y propiedades tecnológicas de ciertos jarabes**

Los principales complementos líquidos utilizados en la industria cervecera son jarabes de glucosa, de azúcar de caña y jarabes de azúcar invertido. Son muy similares, por su gran contenido de hidratos de carbono (Priest y Stewart, 2006).

La adición de azúcares o jarabes solubles al mosto, aumenta efectivamente la capacidad de la sala de cocción y proporciona un sencillo método para generar mostos de alta gravedad y el ajuste de fermentación del mosto (Briggs *et al.*, 2004).

En la industria brasilera se han reemplazado, en los últimos años, los complementos de arroz partido y maíz, por jarabes azucarados ricos en azúcares. El uso de jarabe reduce el tiempo de maceración, lo que se refleja con el aumento de la productividad, además de ahorro de energía en forma de calor y electricidad, mano de obra y permite un mejor control de la capacidad de fermentación, produciéndose cervezas más uniformes (Venturini y Marney, 1998).

El mercado en Brasil del jarabe de maltosa es controlado por dos grandes empresas que suministran la demanda de las grandes cervecerías, producido en base a yuca en algunos casos. El jarabe elaborado de yuca, no tiene diferencias químicas, físicas y sensoriales en comparación con un adjunto de maíz (Venturina y Marney, 1998).

La principal preocupación de la industria cervecera es no cambiar, con la adición de jarabes, la calidad química y organoléptica de la cerveza (Priest y Stewart, 2006).

## Otros productos

### Quínoa

Las semillas de quínoa contienen entre 58 y 68% de almidón, a pesar de que los granos de almidón son bastante pequeños, éstos contienen cerca de 20% de amilasa y se gelatinizan entre los 55 a 65° C. El contenido de lípidos es alto (4 a 9%), de los cuales la mitad contiene ácido linoléico, esencial para la dieta humana (Avilés y Jinés, 2000 citado de Valenzuela, 2007). El promedio de proteína de la quínoa se encuentra entre 16-23%, más del doble casi que cualquier otro cereal y se considera alto para el proceso cervecero (Carrasco, 1992 citado por Valenzuela, 2007). En la actualidad la industria artesanal destaca su uso, ya que otorga grandes características a la cerveza, como una espuma estable y gruesa, un gran cuerpo y variados colores dependiendo de la variedad utilizada. Produce cervezas turbias, las cuales producen posibles alteraciones si no se controla la cantidad de proteínas presentes en la cerveza (Valenzuela, 2007)

### Centeno

Cada vez se utiliza mayor cantidad de centeno como complemento de la malta de cebada en algunas cervecerías alemanas. En Austria y Alemania se sigue produciendo la tradicional cerveza “*RoggenRye*” (centeno) y es el cereal más utilizado en las zonas frías del norte de Europa (Priest y Stewart, 2006).

### Triticale

El Triticale (híbrido entre el trigo y centeno) tiene granos desnudos y una gran capacidad de absorción del agua durante la maceración, aporta al igual que sus padres gran cantidad de proteínas para producir mostos turbios ricos en nitrógeno soluble, derivada de las prolaminas. A pesar de que los extractos pueden ser muy altos, las maltas triticale no se utilizan masivamente (Briggs *et al.*, 2004).

## CONCLUSIONES

Los almidones complementarios son utilizados en todo el mundo en la elaboración de cervezas a nivel industrial y artesanal, además producen diferencias significativas en las características sensoriales de las cervezas en función del tipo y la cantidad utilizada. En la mayoría de los países se usa uno o dos almidones complementarios en la elaboración y por lo general son la fuente de extracto fermentable adecuado y económico.

Los almidones complementarios modifican los atributos sensoriales de la cerveza debido a las diferencias en su composición, dado principalmente por la cantidad de almidón, proteínas, lípidos, entre otros componentes que son traspasados a la cerveza y generan diferencias en color, sabor, cuerpo, la retención y calidad de la espuma.

Por lo tanto la gran variedad de almidones complementarios disponibles permite a la industria elaborar cervezas de estilos muy diferentes que respondan de manera adecuada a los diversos gustos y preferencias de los consumidores.

## BIBLIOGRAFÍA

Ablin, A. 2011, Ago. El mercado de cervezas Premium. [En línea]. Argentina, MinAgri. 7p. Recuperado en: < [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/CervezaPremium\\_2011\\_08Ago.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/CervezaPremium_2011_08Ago.pdf) > Consultado el: 2 Septiembre 2013.

Agu, R.C. 2002, Ene-Ago. A Comparison of maize, sorghum and barley as brewing adjuncts. *J. Inst. Brew.* 108(1): 19–22.

Alaniz, O. 2008, Sept. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Tesis Maestro Ciencias en Gestión Ambiental, Mención Gestión Ambiental. Victoria de Durango, Dgo: Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. 38p.

Araya, E. 1997, Ene-Jun. Apuntes de evaluación sensorial y guía de laboratorio. Curso Evaluación Sensorial de Alimentos. 72p.

Alaface. 2005, Ene-Jul. Asociación latinoamericana de fabricantes de cerveza. [En línea]. Latinoamericana, Alaface. 2p. Recuperado en: < <http://www.cerveceroslatinoamericanos.com/Indice2005.pdf> > Consultado el: 10 Diciembre 2011.

Bamforth, C. 2003, Nov-Dic. *Beer taps into the art and science of brewing.* 2<sup>a</sup> Edition. New York: Oxford University Press Inc. 233p.

Bamforth, C. 2003, Oct. Barley and malt starch in brewing: A General Review. *MBAA TQ*, 40(2): 89–97.

Bozzo, P. 2012. Optimización de proceso en planta productora de extracto de malta. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Ingeniería química y biotecnología. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 86p.

Bravi, E. y G. Perreti. 2007, Oct. Selected papers from the 8th Conference on supercritical fluids and their applications. *The Journal of Supercritical Fluids.* 42(3): 342-346.

Bravi, E.; O. Marconia y G. Perretia. 2012, Dec. Influence of barley variety and malting process on lipid content of malt. *Food Chemistry.* 135(3): 1112-1117.

Briggs D.; C. Boulton; P. Brookes y R. Stevens. 2004. *Brewing science and practice.* 1<sup>a</sup> edition. . Cambrige: Woodhead Publishing Limited. 881p.

Cadenas, A. 2008, Ago. Selección de un filtro para clarificar y abrillantar cerveza, a partir del comparativo entre un filtro de placas verticales y un filtro de candelas. Tesis Ingeniero Industrial, mención química. México D.F, México: Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional. 106p.

Chamorro, D.A. 2012. Elaboración de un plan de negocios para la producción de cerveza artesanal. Memoria Ingeniero en Civil Industrial, Mención Ingeniería Civil Industrial. Puerto Montt, Chile. Escuela Ingeniería Civil Industrial, Universidad Austral de Chile. 95p.

Chen J. y J. Jane. 1994, Jul-Ago. Preparation of granular cold-water-soluble starches prepared by alcoholic-alkaline treatment. American Association of Cereal Chemists. 71(6): 618-622.

Choia, D. 2005, Feb. The all american beer: a case of inferior standard (taste) prevailing?. Business Horizons. 48(1): 79-86.

Chuck-Hernandez, C.; E. Perez y S. Serna-Saldívar. 2009, Jul. Production of bioethanol from steam flaked sorghum and maize. Journal of Cereal Science. 50(1): 131-137.

Dantur, M. 2007. Estudio de mercado para la organización de una pyme de bases biotecnológicas: cerveza de elaboración artesanal. Tesis Lic. Biotecnología, Mención Bioquímica. Tucuman, Argentina: Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. 66p.

De Andrade, C.M. 2007, Ene-Dic. Obtencao de chope utilizando arroz preto (*Oryza sativa*) como como adjunto de malte. Tesis Master Biotecnología Industrial, Mención Conversión de la Biomasa. Sao Paulo, Brasil: Escuela Superior Ingeniería Lorena, Universidad de Lorena. 78p.

Depraetere, S.; Coghe, S. y Delvaux F. 2004. Wheat variety and barley malt properties: influence on haze intensity and foam stability of wheat beer. Journal and of The Institute of Brewing. 110(3): 200–206, 2012

Diario del vino. 2007, Sep. Chile, el país del vino que ama la cerveza. [En línea]. Chile, Ricardo Brizuela. 1p. Recuperado en: <[http://www.diariodelvino.com/notas2/noticia501\\_07sep.htm](http://www.diariodelvino.com/notas2/noticia501_07sep.htm)> Consultado el: 12 Diciembre 2011

Edel, L.; C. Rosell. 2007. De tales harinas; tales panes: Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1ª edición. Cordoba: Hugo Baez. 408p.

Ferreira, I. 2009. Beer in health and disease prevention: Beer carbohydrates. London: Elsevier. 376p.

Fiorentini C. 2010. Análisis de producto: Cerveza. [En línea]. Argentina. MinAgri, 6p.

Recuperado en: <  
[http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/cerveza\\_2010\\_12dic.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/cerveza_2010_12dic.pdf)> Consultado el: 30 de noviembre de 2013.

Fodor, A. 1998, Abr. Una fabulosa espuma [En línea]. España: Revista Mash. 1p. Recuperado en: <  
<http://www.revistamash.com/detalle.php?id=42>> Consultado el: 12 de Noviembre de 2013.

Gutiérrez, A. 2003. Cervezas artesanales: características físico químicas y microbiológicas. Comparación con cervezas industriales. 4º Jornadas de Desarrollo e Innovación. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Argentina.

Hobbs, L. 2009. Sweeteners from starch: production, properties and uses. Food Science and Technology. 21(3): 797-832.

Home, S., K. Stenholm, A. Wilhelmson y K. Autio. 1999. Properties of starch and cell wall components and their effects on processing. [En línea]. Finlandia. Biotechnology and Food Research. 15p. Recuperado en: <  
<http://www.regional.org.au/au/abts/1999/home2.htm>> Consultado el: 15 de septiembre de 2013.

Kawasaki, M. 2009. Beer in health and disease prevention: Traditional and modern japanese beers: Methods of production and composition. 1ª edición. London: Elsevier. 376p.

Klose, C.; B. Schehl y E. Arendt. 2009, Ene. Fundamental study on protein changes taking place during malting of oats. Journal of Cereal Science. 49(1): 83-91.

Kunze, W. 1996. Technology brewing and malting. 7ª Edición. Berlín, Editorial. 726 p.

La mansión del cervecero. 2013. Avena. [En línea]. Sevilla. Elypse. 1p. Recuperado en: <  
<http://www.lamansiondelcervecero.com/AVENA>> Consultado el: 15 de noviembre de 2013.

Lloyd, W. 2006, Jul-Ago. Adjuncts. Journal of the Institute of Brewing. 92(4): 336-345.

Lua, J. 2006. Effects of arabinoxylan solubilization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt. Food Chemistry. 98(1): 164-170.

Nogueira, L. 2005, Feb. Separation and quantification of beer carbohydrates by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. Journal of Chromatography. 1065(2): 207-210.

Mandalaria, G.; C. Faulds; A. Sancho; A. Saijab; G. Bisignanob; R. Locurtoc y K. Waldrona. 2005, Sep. Fractionation and characterization of arabinoxylans from brewers'

spent grain and wheat bran. *Journal of Cereal Science*. 42 (2): 205-212.

Marney, P.y W. Venturini. 1998, May-Jul. Hidrolizado de fécula a de mandioca como adjunto de malte na fabricao de cerveja: Avaliacao química e sensorial. *Ciencia de los Alimentos y Tecnología*. 18(2): 156-161.

Master Brewers Association of America; H. Broderick y E. Voge. 1977. *The Practical brewer: a manual for the brewing industry*. [En línea]. Estados Unidos: Master Brewers Association of America. 475p. Recuperado en: <[http://www.beerbooks.com/cgi/ps4.cgi?action=enter&thispage=1128&order\\_id=!ORDERID!](http://www.beerbooks.com/cgi/ps4.cgi?action=enter&thispage=1128&order_id=!ORDERID!)> Consultado el: 2 de Septiembre de 2013.

Mejholma, O y M. Martensb. 2006, Ene-Mar. “A sense of identity”, Beer identity in Denmark. *Food Quality and Preference*. 17(1-2): 108–115.

Méndez, J.; C. Rubio; A. Román; M. Méndez; C. González y F. Prieto. 2009, May-Ago. Degradación física del almidón de cebada (*Hordeum Sativun Jess*): Correlación entre gelatinización y tamaño de gránulos. *Multiciencias*. 9(2): 115-125.

Muris, S.; W.G. Venturini; C. Ducatti y T. Nojimoto. 2010. Cervejas comerciais brasileiras atraves de analise isotópica, Determination of malt and adjunct percentage in brazilian comercial beer through isotopic analysis. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(1):163-172.

Fiorentini C. 2010. Análisis de producto: Cerveza. [En línea]. Argentina. MinAgri, 6p. Recuperado en: <[http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/cerveza\\_2010\\_12dic.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/cerveza_2010_12dic.pdf)> Consultado el: 30 de noviembre de 2013.

Ochagavia, A. y J. Danty. 2007. Situación y perspectivas de mercado de la cebada cervecera. [En línea]. Santiago, Chile: Odepa. 9p. Recuperado en: <<http://www.odepa.cl/articulo/situacion-y-perspectivas-de-mercado-de-la-cebada-cervecera-2/>> Consultado el: 11 de agosto de 2013.

Parrondo, F. 2005, Feb-Sept. La industria cervecera en España. *Anales de Geografía*. 25(1):163-178

Pratt-Marshall P.L.; J. H. Bryce; Se Brey; S. D. de Costa y G.G. Stewart. 2002. Fabricación de cerveza de alta densidad, un inductor de estrés en la levadura. *Cerveza y Malta*, 161(1): 31-37.

Priest, F. y G. Stewart. 2006. *Handbook of brewing*. 2ª Edición. New York: Taylor & Francis Group. 872p.

- Prieto, J.; C. Rubio; A.D. Román; M.A Méndez; C.A González y F. Prieto. 2009. May-Ago. Degradación física del almidón de cebada (*Hordeum sativum jess*): Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos. *Multiciencias*, 9(2). 115-125 pp.
- Ramírez, S.; M. Bermúdez; A. Segura; C. Cruces y A. Fernández. 2003, Jul- Ago. Analysis of beer components by capillary electrophoresis methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 22(7), 440–455.
- Ratnavathi, V. y S.B. Ravi. 2000, Ago. A Study on the suitability of unmalted sorghum as a brewing adjunct. *Unmalted sorghum as a brewing adjunct*. 106(6): 383-387.
- Rodríguez, H. 2003, Ago. Determinación de parámetros físico-químicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Escuela de Ingeniería en Alimentos Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral. 95p.
- Román, A. y Y. Ruiz. 2006, Ene-Dic. Elaboración y evaluación de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Trabajo de Investigación Químico en Alimentos, Mención Química. Hidalgo, México: Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 110p.
- Rudnitskayaa, A.; E. Polshinb; D. Kirsanovb; J. Lammertync; B. Nicolaic; D. Saisond; F. R. Delvauxd; F. Delvauxd y A. Leginb. 2009, Jul. Instrumental measurement of beer taste attributes using an electronic tongue. 646(1-2): 111-118.
- Sanchez, A. 2011, Feb. Fermentación de malta empleando un sistema semi continuo en el proceso de elaboración de cerveza. Tesis Ingeniero en Alimentos, Mención Enología. Oaxaca, México. Universidad Tecnológica de la Mixteca. 148p.
- Servicio Agrícola y Ganadero, SAG. 1986. Decreto n° 78. Reglamento Ley n° 18.455. Normas sobre producción elaboración y comercialización de alcoholes etílicos, bebidas alcohólicas y vinagres. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- Schwarz, K.; R. Stübnerb y F. Methnera. 2012, Oct. Formation of styrene dependent on fermentation management during wheat beer production. *Food Chemistry*. 134(4): 2121-2125.
- Singh, N.; S. Singh y K. Shevkani. 2011. Maize: Composition, bioactive constituents, and unleavened bread. (cap. 9, pp.89-99). In: Preedy, V.; R. Watson and V. Patel. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. San Diego, Usa: Elsevier. 542p.
- Stewart, G. 2013. *Biochemistry of Foods: Biochemistry of brewing*. (cap. 7, pp.291-316). En: M Eskin, M. and F. Shahidi. *Biochemistry of Foods*. Cardiff: Elsevier. 584p.

Thi Uyen Trana, B.; K. Suzukib; H. Okadomeb; S. Hommaa y K. Ohtsuboa. 2004, Dec. Analysis of the tastes of brown rice and milled rice with different milling yields using a taste sensing system. *Food Chemistry*. 88(4): 557–566.

Valenzuela, R.A. 2007. Elaboración artesanal de cerveza orgánica de quínoa. Memoria Ingeniero en Alimentos, Mención Química Alimentos. Santiago, Chile. Facultad de Alimentos y Tecnología, Universidad de Chile. 27p.

Van Der Borgh, A.; H. Goesart; W. Veraverbeke y J. Delcour. 2005, May. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science*. 41(3): 221-237.

Varnam, A. y J. Sutherland. 1997. Bebidas alcohólicas. Cerveza. Bebidas, Tecnología, Química y Microbiología. Zaragoza: Ed. Acribia. 307-373.

Wagner, M. 2005, Ene. Cebada sin maltear, código alimentario argentino, Capítulo XIII, Bebidas Fermentadas. [En línea]. Argentina: Cerveceros Caseros. 5p. Recuperado en: <<http://www.cerveceroscaseros.com.ar/Cervezas%20sin%20malta%20de%20cebada.pdf>> Consultado el: 13 de Octubre de 2013.

Wei, L. y S. Cuia. 2006, Mar. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat  $\beta$ -d-glucans. *Carbohydrate Polymers*. 63(3): 408-416.

Yin, L.; J. Lu; G. Gu; Z. Shi y Z. Mao. 2004, Ago. Studies on water-extractable arabinoxylans during malting and brewing. *Food Chemistry*. 93 (2005): 33-38.