



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

CERVEZA ARTESANAL ELABORADA CON MIEL DE ABEJA MEXICANA

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

PRESENTA

BERNARDO ARCHUNDIA ALTAMIRANO



MÉXICO, D.F.

AÑO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: Juan Diego Ortiz Palma Pérez**

VOCAL: **Profesor: Agustín Reyo Herrera**

SECRETARIO: **Profesor: Francisco Ruiz Terán**

1er. SUPLENTE: **Profesora: Aleida Mina Cetina**

2° SUPLENTE: **Profesora: Esmeralda Paz Lemus**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, CIUDAD UNIVERSITARIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA, LABORATORIO 4-A.

ASESOR DEL TEMA: AGUSTÍN REYO HERRERA

SUSTENTANTE: BERNARDO ARCHUNDIA ALTAMIRANO

ESTE TRABAJO SE REALIZÓ MEDIANTE EL PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS PARA LA INNOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA (PAPIME) DENTRO DEL PROYECTO PE200912A:

“Desarrollo y Caracterización de Cervezas de Tipo Artesanal, Utilizando como Adjuntos Productos Endémicos Mexicanos y Otros Subproductos de la Industria Alimentaria como Suero de Leche”

Índice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Resumen | 1 |
| 2 | Introducción | 3 |
| 3 | Marco Teórico | 5 |
| 3.1 | Miel..... | 5 |
| 3.2 | Composición Química de la Miel..... | 5 |
| 3.3 | Producción y Costo de la Miel de Abeja | 7 |
| 3.4 | Calidad de Miel..... | 8 |
| 3.5 | Perfil Toxicológico de Miel ⁽⁴⁵⁾ | 11 |
| 3.6 | Cerveza..... | 13 |
| 3.7 | Clasificación de Cerveza ⁽¹⁾ | 14 |
| 3.8 | Industria de la Cerveza internacional y en México..... | 17 |
| 3.9 | Producción y Consumo de Cerveza | 18 |
| 3.10 | Normatividad | 20 |
| 3.11 | Materias Primas..... | 23 |
| 3.11.1 | Agua | 23 |
| 3.11.2 | Malta | 23 |
| 3.11.3 | Adjuntos | 32 |
| 3.11.4 | Lúpulo..... | 34 |
| 3.11.5 | Levadura..... | 37 |
| 3.11.6 | Proceso para Elaboración de Cerveza | 42 |
| 4 | Objetivo | 55 |
| 4.1 | Objetivo General..... | 55 |
| 4.2 | Objetivos Particulares | 55 |
| 5 | Metodología..... | 56 |
| 5.1 | Preparación de Fórmula Base | 57 |
| 5.2 | Proteólisis..... | 57 |
| 5.3 | Sacarificación..... | 57 |
| 5.4 | Pasteurización y Lupulado | 58 |
| 5.5 | 1°Fermentación | 58 |
| 5.6 | 2°Fermentación | 58 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 5.7 | Maduración | 59 |
| 5.8 | Determinación de Sólidos Solubles. | 59 |
| 5.9 | Cuantificación de Azúcares Reductores (Método DNS) | 59 |
| 5.9.1 | Preparación de Blanco y Muestra..... | 59 |
| 5.10 | Cuantificación de Etanol..... | 60 |
| 5.10.1 | Preparación de Estándares..... | 60 |
| 5.10.2 | Preparación de Muestra..... | 60 |
| 5.11 | Cuantificación de Piridoxina (vitamina B6)..... | 61 |
| 5.11.1 | Preparación de Muestra..... | 61 |
| 5.12 | Cuantificación de Aminoácidos..... | 62 |
| 5.12.1 | Preparación de Estándares..... | 63 |
| 5.12.2 | Preparación de Muestra..... | 63 |
| 5.13 | Cuantificación de Potasio | 63 |
| 5.13.1 | Preparación de Muestra..... | 64 |
| 6 | <i>Resultados</i>..... | 65 |
| 6.1 | Cuantificación de Sólidos Solubles y Azúcares Reductores..... | 65 |
| 6.2 | Cuantificación de Grado Alcohólico | 66 |
| 6.3 | Cuantificación de Piridoxina (vitamina B6)..... | 68 |
| 6.4 | Cuantificación de Aminoácidos..... | 68 |
| 6.5 | Cuantificación de Potasio. | 69 |
| 7 | <i>Análisis de Resultados</i> | 70 |
| 7.1 | Cuantificación de Sólidos Solubles y Azúcares Reductores..... | 70 |
| 7.2 | Cuantificación de Grado Alcohólico | 70 |
| 7.3 | Cuantificación de Piridoxina (vitamina B6)..... | 71 |
| 7.4 | Cuantificación de Aminoácidos..... | 71 |
| 7.5 | Cuantificación de Potasio | 72 |
| 8 | <i>Conclusiones</i>..... | 74 |
| 9 | <i>Anexo Gráficas</i> | 75 |
| 10 | <i>Fundamentos de Metodologías Empleadas</i>..... | 77 |
| 11 | <i>Bibliografía</i> | 80 |

1 Resumen

La cerveza es una bebida obtenida por fermentación alcohólica de un extracto acuoso de cebada malteada. Las materias primas necesarias para la fabricación de cerveza son: malta de cebada, agua, levadura y lúpulo. La mayoría de las cervezas industriales utilizan además otras fuentes de hidratos de carbono (arroz y maíz quebrados, harina de papa, etc.) antioxidantes, estabilizantes de espuma, colorantes y otros aditivos, que les permiten intensificar y uniformizar el producto final. El proceso de fabricación de la cerveza se basa esencialmente en el malteado controlado del grano de cebada para permitir la posterior extracción acuosa de un mosto azucarado. Al mosto, al que se le adiciona el lúpulo para saborizar y aromatizar, se somete a un proceso de fermentación alcohólica con levaduras cerveceras especiales acondicionándolo para su envasado y expedición.

La apicultura constituye una actividad proveedora de materia prima para la Industria Alimentaria. Dentro del sector agropecuario, ésta actividad desempeña un papel fundamental para el ingreso económico de muchas familias mexicanas. Sin embargo, el uso de la miel de abeja en nuestro país se limita a edulcorante para bebidas (té, jugos, licuados), cereales, y fruta. Lo que se desarrolla con este proyecto es darle una aplicación biotecnológica adicionándola en la producción de cerveza artesanal en una segunda fermentación. Con esta estrategia se conseguirá generar un producto novedoso además de conseguir un mayor grado alcohólico que la cerveza tradicional, brindarle un ligero sabor dulce característico de la miel y la incorporación de elementos nutrimentales.

Se procedió a la elaboración del producto, al cual se le monitoreó el consumo de carbohidratos fermentables por acción de levadura y como resultado del mismo, la formación de etanol dióxido de carbono y

energía. Al término de la primera fermentación, se adicionó miel de abeja en diferentes concentraciones (1%, 2.5%, 5%, 7.5%) en un proceso de segunda fermentación. Mediante ésta estrategia y tomando en cuenta la composición química de la miel de abeja, se espera que ciertos nutrimentos como vitaminas y minerales sean incorporados a las formulaciones desarrolladas.

2 Introducción

La cerveza es uno de los productos más antiguos de la civilización. Los historiadores creen que ya existía algo semejante a la que se conoce actualmente en Mesopotamia y Sumeria en el año 10.000 a.C. En 1981 se encontró una tablilla de piedra que describe un tipo de cerveza elaborada en Babilonia en el 6.000 a.C. En la antigüedad, los chinos también elaboraban cerveza de manera similar que en la antigua Britania donde se elaboraba una bebida a base de trigo malteado antes de que los romanos introdujeran la cebada.

La materia prima principal en la elaboración de la cerveza es la cebada. Se sabe que el aprovechamiento de este cereal en bebidas fermentadas se remonta al año 3.000 a.C. Como la cebada crece mejor que la uva en climas fríos, su cultivo se popularizó en países con inviernos severos como Alemania e Inglaterra, que favorecieron la producción de cerveza frente a la del vino. La producción de cerveza se tomó muy en serio, tanto allí como en el Nuevo Mundo, donde esta bebida era uno de los componentes principales de la dieta de los primeros colonos. Hasta el año 1.400 d.C. los ingredientes principales de la cerveza eran la cebada malteada, el agua y la levadura. Se añadía romero y tomillo para evitar que la cerveza se alterara y para incorporarle sabor. Esta cerveza era turbia y contenía muchas proteínas e hidratos de carbono, lo cual la convertía en una bebida muy nutritiva, que consumían tanto las clases bajas como la nobleza. En el siglo XV se descubrió una nueva versión de cerveza. Los mercaderes de Flandes y Holanda introdujeron el lúpulo (*Humulus lupulus*) en su elaboración, lo cual le daba cierto sabor amargo. La variedad que contenía lúpulo se denominó "cerveza" y la que carecía de este ingrediente "*ale*". Sin embargo, la nueva variedad

con lúpulo se hizo tan popular, que a partir del siglo XVIII todas las cervezas se fabricaban con este componente.

En la Edad Media los monjes europeos conservaron el saber científico y el arte de la elaboración de la cerveza. Ellos refinaron el proceso e incorporaron el lúpulo por su sabor y sus propiedades como conservador. Hubo que esperar a Luis Pasteur para que se diera el paso final. Hasta entonces, los productores de cerveza dependían de la levadura natural que transportaba el aire para que se produjese la fermentación. Al demostrar que la levadura es un microorganismo vivo, Pasteur hizo posible el control preciso de la transformación del azúcar en alcohol.

Hoy en día, dependiendo del tipo de cerveza que se elabora, se pueden utilizar dos tipos de levadura: la *Saccharomyces cerevisiae*, o en su defecto la *Saccharomyces pastorianus*. La primera se describe como una levadura de "fermentación alta" ya que flota en la superficie del mosto. Se usa para elaborar cervezas más oscuras como la "**Bitter**" inglesa, mientras que las cervezas rubias continentales se fabrican con *S. carlsbergensis* que es una levadura de fermentación baja. Actualmente hay una enorme variedad de cervezas en todo el mundo, especialmente en Bélgica, Holanda y Alemania. Existe otro tipo de cerveza fermentada con levaduras de la flora natural generada en cervecerías de Bélgica conocida como *Lámbica*. Suele añadirseles cerezas o frambuesas para mejorar su sabor y que la "cerveza blanca" se elabora a partir de trigo y se condimenta con cilantro y cáscara de naranja. Desde hace mucho tiempo sus diferentes variedades han servido tanto como bebida nutritiva para los monjes durante el ayuno como para saciar la sed de los buscadores de oro en California. ⁽¹³⁾

3 Marco Teórico

3.1 Miel

La miel es el principal producto generado en la colonia de abejas melíferas (*Apis mellifera*). Las abejas melíferas elaboran la miel a base del néctar recolectado de las flores, convirtiéndola de una sustancia líquida, espesa y perecedera, en una sustancia estable con alta concentración en carbohidratos. La abeja contribuye a su estabilización añadiendo enzimas (invertasa). Al hidrolizar la sacarosa en fructosa y dextrosa la abeja hace factible un aumento en la eficiencia de almacenaje de calorías por unidad de espacio, aumentando así la densidad calórica por unidad de volumen del producto. ⁽²⁴⁾

Con base en la Norma NMX-F-036-1997-NORMEX "la miel" se puede definir como la sustancia dulce producida por las abejas a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes vivas de las plantas o presentes en ellas. Las abejas la recogen, transforman y almacenan en sus panales de los cuales se extrae el producto. ⁽⁵⁾

Según el *Codex Alimentarius*, se entiende por "miel" a la sustancia dulce natural producida por abejas obreras a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de las plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, y almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje. ⁽³⁸⁾

3.2 Composición Química de la Miel

La composición de una muestra de miel depende de dos factores principalmente:

- (1) composición del néctar o néctares relacionada principalmente a la especie o conglomerado de plantas que producen el néctar,

(2) factores externos ajenos a la especie botánica o factores secundarios como: tipo y química del suelo, clima, manejo apícola y manejo de la miel una vez cosechada.

Como producto natural en la cual intervienen diversas variables, resulta muy complicado hablar de una muestra promedio o de una composición promedio de miel ya que las variaciones encontradas son más bien amplias ⁽²¹⁾. En la Tabla 1 se describen los componentes promedio de la miel.

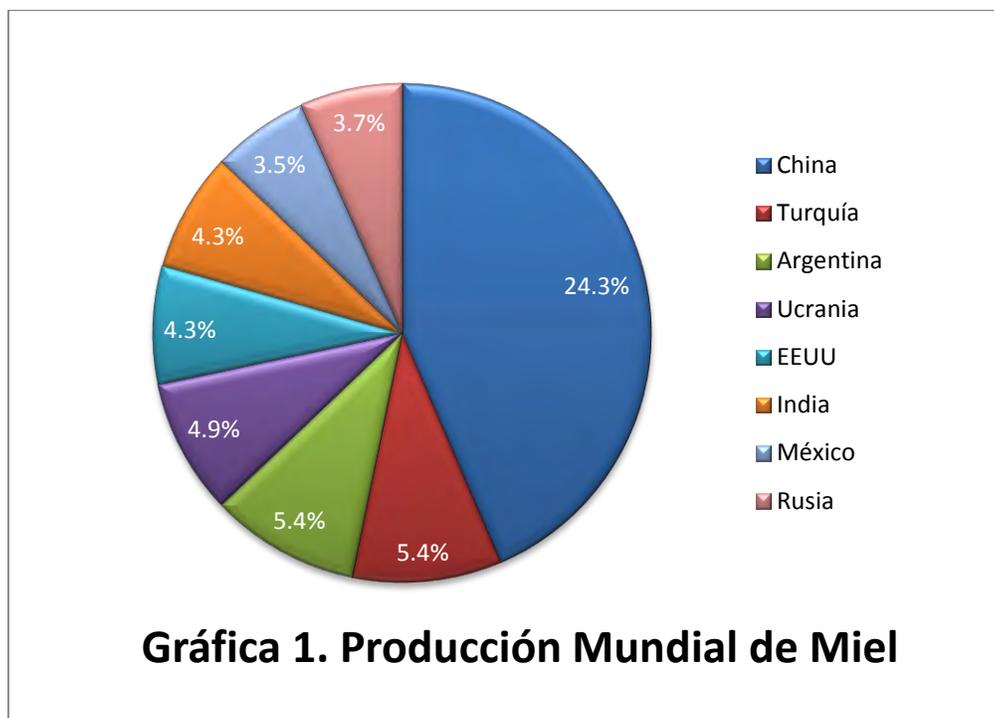
Tabla 1. Composición Promedio de Miel de Abeja.

| Componente | Cantidad promedio en 100 g |
|---|-----------------------------------|
| Agua | 17.1 g |
| Carbohidratos (totales) | 82.4 g |
| Fructosa | 38.5 g |
| Glucosa | 31.0 g |
| Maltosa | 7.20 g |
| Sacarosa | 1.50 g |
| Proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales | 0.50 g |
| Energía | 304 Kcal |
| Vitaminas | |
| Riboflavina | < 0.06 mg |
| Niacina | < 0.36 mg |
| Ácido pantoténico | < 0.11 mg |
| Piridoxina | < 0.32 mg |
| Ácido ascórbico | 2.2 - 2.4 mg |
| Minerales | |
| Calcio | 4.4 - 9.20 mg |
| Cobre | 0.003 - 0.10 mg |
| Hierro | 0.06 - 1.5 mg |
| Magnesio | 1.2 - 3.50 mg |
| Manganeso | 0.02 - 0.4 mg |
| Fósforo | 1.9 - 6.30 mg |
| Potasio | 13.2 - 16.8 mg |

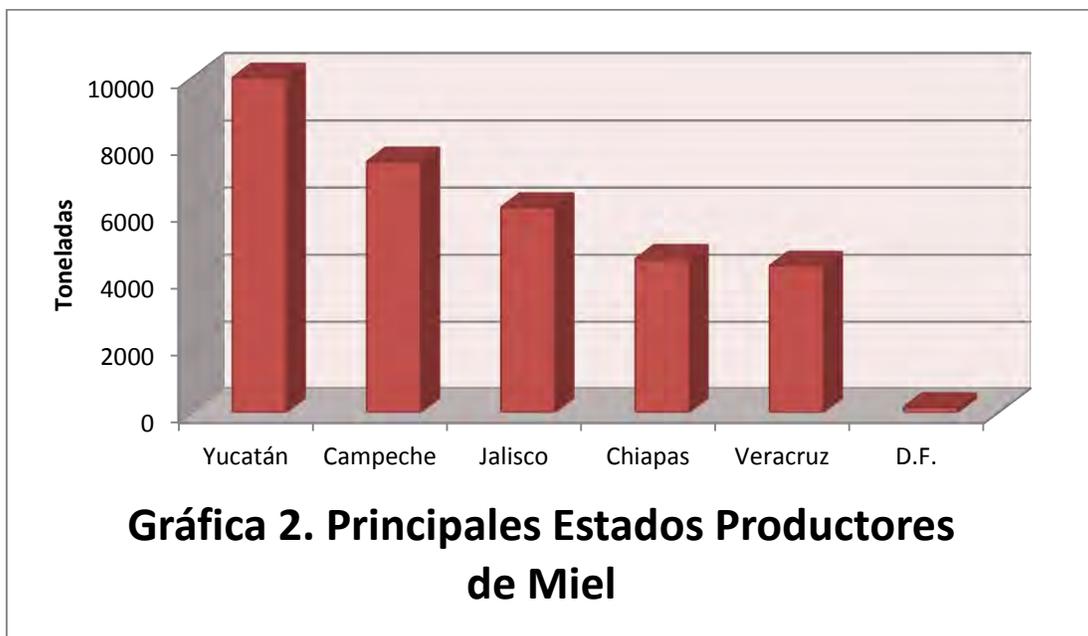
| | |
|-------|---------------|
| Sodio | 0.0 - 7.6 mg |
| Zinc | 0.03 - 0.4 mg |

3.3 Producción y Costo de la Miel de Abeja

En 2008 y 2009 se alcanzó un volumen de producción de 1.5 millones de toneladas en diversos países. ⁽²⁵⁾ (Gráfica 1)



La producción total en México para 2011 fue de 35 mil 873 toneladas, siendo el estado de Yucatán el principal productor con 10000 toneladas. ⁽⁴⁾. (Gráfica 2)



Los precios de la miel por región en el mercado, se describen en la Tabla 2. (41)

Tabla 2. Precio Regional de Miel de Abeja.

| Región | Precio / Kg |
|-----------------------------|--------------------|
| Norte | \$ 39 |
| Pacífico | \$ 35 |
| Altiplano | \$ 40 |
| Centro | \$ 38 |
| Golfo | \$ 36 |
| Península de Yucatán | \$ 36 |

3.4 Calidad de Miel

La miel es un producto alimenticio de alto valor nutricional, y como se menciona anteriormente, está compuesta de diversos azúcares principalmente fructosa y glucosa. La determinación del contenido de azúcares individuales en miel de abeja constituye un medio importante de análisis nutricional de alimentos para evaluar la calidad y detectar

adulteración. Diversas técnicas analíticas se utilizan para determinación de la autenticidad de la miel como son los métodos enzimáticos, cromatográficos, electroquímicos y espectrométricos. Sin embargo, algunos de estos métodos podrían presentar algunas desventajas o inconvenientes, como: consumir tiempo, requieren el uso de reactivos, así como una preparación especial de las muestras.

La adulteración de la miel de abeja constituye un fraude que se lleva a cabo al añadir endulzantes o edulcorantes baratos que merman su calidad nutricional y sus propiedades medicinales. Ejemplos de sustitutos artificiales endulzantes de menor valor que son usados en la práctica de adulteración de la miel son: el jarabe de maíz enriquecido en glucosa, jarabe de maíz enriquecido en fructosa, así como la sacarosa (azúcar de mesa) en forma de jarabe. Se estima que más del 50% de la miel que se vende en México está adulterada, incluso se sabe de venta de alta fructosa pura como miel de abeja, y mezclas del 80% de fructosa-miel. ⁽⁴⁴⁾

Tomando en cuenta que es un producto alimenticio que se exporta de forma masiva, principalmente Estados Unidos de América, la miel debe cumplir con cierta normatividad para ser catalogada y así tener determinada la calidad del producto. Dicha normatividad considera aspectos como aroma, cantidad de aire en producto, claridad, grado de cristalización, sabor, fuente floral de procedencia, color, sólidos solubles, granos de polen y presencia de propóleos; la cual se describe en la Tabla 3. ⁽⁴³⁾

Tabla 3. Clasificación de Miel en Estados Unidos.

| Factor | Grado A | Grado B | Grado C | Sub estándar |
|---------------------------|---|--|---|---------------------|
| % Sólidos Solubles | 81.4 | 81.4 | 80 | Falla de grado C |
| Defectos | Prácticamente libre, nada que afecte apariencia o comestibilidad | Razonablemente libre, materia que no afecte la apariencia o comestibilidad | Considerablemente libre, materia no debe afectar apariencia o comestibilidad de forma considerable | Falla de grado C |
| Sabor y Aroma | Bueno, libre de fermentación, químicos, adición de endulzantes, libre de cristalización | Razonablemente bueno, libre de fermentación, químicos, adición de endulzantes, libre de cristalización | Considerablemente bueno, libre de fermentación, químicos, adición de endulzantes, libre de cristalización | Falla de grado C |
| Claridad | Completamente clara, puede contener burbujas de | Razonablemente clara, puede contener burbujas de | Considerablemente clara, puede contener burbujas de aire, granos de polen | Falla de grado C |

| | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---|---|-----|
| | aire que no afecten apariencia, puede | aire, granos de polen u otras partículas finas que no afecten la apariencia | u otras partículas finas que no afecten la apariencia | |
| Calificación | 10-8 | 7-6 | 5-4 | 3-0 |

3.5 Perfil Toxicológico de Miel ⁽⁴⁵⁾

Las alergias alimentarias y otras sensibilidades alimentarias son reacciones adversas a los alimentos. Estas enfermedades relacionadas con los alimentos son individualistas porque afectan sólo unas pocas personas en la población, la mayoría de los consumidores pueden comer los mismos alimentos sin efectos nocivos. Sin embargo, para algunas personas el consumo de ciertos alimentos puede ser una experiencia debilitante, incluso mortal. Las personas con varias formas de alergias alimentarias y sensibilidades deben evitar ciertos alimentos o ingredientes de alimentos en sus dietas, lo cual puede disminuir el placer de comer por la preocupación de que pudieran consumir un alimento o ingrediente alimentario que provocará una reacción adversa. Para ellos, la selección de la comida puede convertirse en una tarea tediosa que requiere la lectura minuciosa de las listas de ingredientes en las etiquetas de los alimentos envasados y una incesante búsqueda de más conocimientos sobre la composición de alimentos; el caso de miel no es la excepción.

La miel entra en la clasificación de reacciones de hipersensibilidad inmediata, que implican respuestas anormales del sistema inmune

humoral con la formación de inmunoglobulina específica de alérgeno E (IgE). Los alérgenos que suscitan la formación de anticuerpos de IgE, en el caso de la miel se pueden encontrar en el polen y venenos de abeja. Estas reacciones afectan entre el 2 y el 2,5% de la población mundial. Este tipo de alergia a los alimentos también puede ser llamada hipersensibilidad inmediata Tipo 1 o anafilaxia alimentaria (en contra de la protección) y se refiere a las reacciones alérgicas a las moléculas de proteínas ajenas al organismo. El mecanismo de acción se describe a continuación:

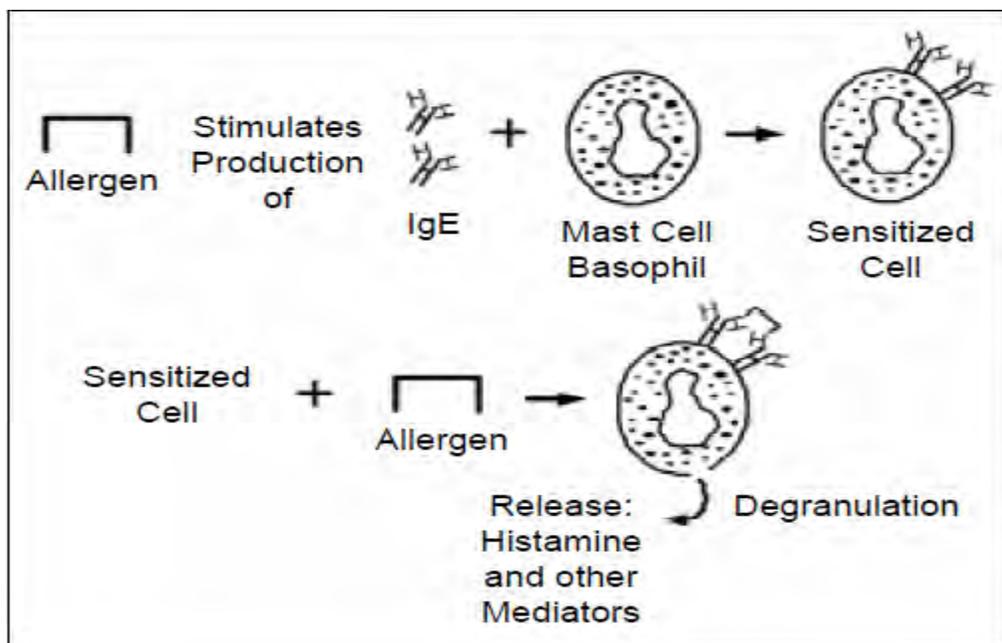


Figura 1. Mecanismo de Reacción Alérgica regulada por IgE.

Los síntomas que se pueden desarrollar debido a este tipo de reacciones son:

- Náuseas
- Vómito
- Diarrea
- Cólicos
- Prurito
- Asma
- Edema Laríngeo
- Rinitis

- Urticaria
- Shock Anafiláctico
- Dermatitis
- Hipotensión

Las reacciones alérgicas a los alimentos pueden ser tratadas con ciertos medicamentos. Los antihistamínicos pueden contrarrestar los efectos de la histamina, aunque estos fármacos no contrarrestan los efectos de los otros mediadores liberados a partir de basófilos y mastocitos. La epinefrina (adrenalina) se considera el fármaco que salva vidas de las personas en riesgo de shock anafiláctico. La epinefrina está disponible en forma de auto-inyectable. Los consumidores con antecedentes de reacciones anafilácticas severas a los alimentos deben tener una receta para epinefrina y llevar la medicación en todo momento. Para ser más eficaz, la epinefrina se debe administrar temprano en el curso de la reacción alérgica. Sin embargo, un retraso en la administración de epinefrina es un factor contribuyente clave para el desenlace grave. La dieta específica evitando los alérgenos es el único enfoque profiláctico para el tratamiento de alergias a los alimentos.

3.6 Cerveza

El término cerveza proviene de la palabra latina *Bibere* (beber). Es una bebida con una historia que se remonta entre 6000 u 8000 años cuyo proceso se ha mantenido intacto durante siglos a pesar de estar cada vez más regulado y estandarizado. Es una bebida de bajo contenido alcohólico (5-8% v/v), no destilada elaborada por medio de la fermentación de extracto amiláceo de cereales. En el líquido obtenido conocido como mosto cervecero, el almidón ha sido parcialmente hidrolizado y se le ha conferido por infusión el sabor y olor del lúpulo. En un sentido amplio, se puede considerar como cerveza a la bebida preparada a partir de cualquier cereal (por ejemplo, la cerveza de sorgo africana o las *weizenbier* elaboradas con una alta proporción de trigo

malteado) pero normalmente el término se refiere al producto elaborado a partir de malta de cebada, con o sin la adición de otros cereales no malteados o adjuntos. ^{(7) (1)}

3.7 Clasificación de Cerveza ⁽¹⁾

Existen una clasificación básica o primaria en la cual se establecen tres grandes tipos de cerveza: tipo **Lager**, elaboradas con levadura de “fermentación baja” y tipo **Ale**, elaboradas con levaduras de “fermentación alta”. (Tabla 4)

Tabla 4. Clasificación Primaria de la Cerveza.

| Lager | Ale | Lámbica |
|--|--|---|
| <i>S. pastorianus</i> (<i>carlsbergensis</i>) | <i>S. cerevisiae</i> | Levaduras silvestres de la zona o lámbicas |
| Menos aroma | Más aromática | Muy seca |
| Más cuerpo | Temperatura más alta | Poco gas carbónico |
| Predomina en todo el mundo | Se encuentra en Inglaterra y Norte de Europa | Principalmente Bélgica (Bruselas y sus alrededores) |

En la Tabla 5 se muestran los subtipos y algunas de sus características como el tipo de fermentación y algunas de sus calidades organolépticas.

Tabla 5. Subtipos de Cerveza y Características.

| Lager | Fermentación baja |
|----------------------------------|--|
| Pilsener, Pale o Hell | Clara, poco cuerpo, mucho lúpulo. |
| Dortmunder | Igual que Pilsener pero con menos lúpulo y sabor más suave. |
| Münich, Dark o Dunkel | Oscura, sabor intenso, aromática, poco lúpulo, poco amarga, dulce, mucho cuerpo. |
| Bock, Marzen o Marzenbier | Igual que München pero con más alcohol. |
| Ale | Fermentación alta |
| Pale ale | Clara, seca, mucho lúpulo(muy amarga). |
| Brown ale | Oscura, poco lúpulo, dulce. |
| Bitter | Clara, mucho lúpulo, mucho cuerpo (pale de barril). |
| Mild ale | Semi oscura, dulce, poco densa, amarga. |
| Stout o Porter | Muy oscura, mucho cuerpo, mucho lúpulo, amarga, dulce o seca. |

Por otro lado y debido al desarrollo de la ciencia y tecnología cerveceras se pueden encontrar en el mercado cervezas:

- a) industriales
- b) cervezas artesanales
- c) *gourmet*.

Las cervezas industriales. Son aquellas que como su nombre lo indica, se producen en una cervecería industrial produciendo millones de hectolitros al mes por lo que se necesita de gran infraestructura y personal. Se macera y fermenta en grandes tanques, no se utiliza únicamente granos de malta, sino también otros cereales de menor calidad llamados adjuntos, aditivos químicos, estabilizantes etc. El producto resultante es filtrado una o varias veces y se elimina la turbiedad mediante procesos de clarificación. Finalmente se gasifica con dióxido de carbono artificial/natural, pasteurizado y envasado.

Las cervezas artesanales. En su proceso de elaboración no se le incluye nada que no tenga: agua, cereales malteados o extracto de malta lúpulo y levadura. En la etiqueta de estas cervezas no se denotan conservadores o algún otro aditivo químico. Son elaboradas en pequeños volúmenes (comparadas con las industriales) para evitar su almacenamiento prolongado. El filtrado en una artesanal es ligero o inexistente lo que favorece atributos como sabor, propiedades nutritivas, color y textura. El proceso de elaboración en la cerveza artesanal es manual desde el molido del cereal hasta el envasado. ⁽²²⁾

Cabe mencionar que el significado de lo que es cerveza artesanal no está muy claro para muchos. De hecho, la definición no es muy específica y puede en algunas ocasiones provocar que algunas cervezas no sean catalogadas como cervezas artesanales cuando en realidad lo son. Por otro lado, algunos puristas artesanales están en contra de utilizar ingredientes que están fuera de la Ley de Pureza Alemana. Incluso algunas cervezas artesanales aseguran su gran calidad imprimiendo en la botella que se rigen por la Ley de Pureza Alemana antes mencionada.

Las cervezas *gourmet*. Son aquellas cervezas elaboradas con ingredientes como cascara de naranja, cilantro, especias, frutas y dependen de la creatividad de sus autores. Tienen sabores fuertes y mayor contenido de grados de alcohol. El término *gourmet* se utiliza como adjetivo para calificar a aquellas bebidas de elaboración especial o edición limitada. Todas ellas son elaboradas con materias primas seleccionadas (las maltas orgánicas, agua de manantial, lúpulo seleccionado, etc.) lo que hace que el producto resultante tenga una alta calidad y permanezca estable en su gusto para el consumo por lo que se obtienen perfiles de aroma y de sabor que salen de lo común. El término *gourmet*, por lo tanto, está asociado a aspectos de la gastronomía, a la selección de los ingredientes y por la forma de preparación es lo que determina que un plato o bebida sea considerado gourmet. La categoría *gourmet* estaba generalmente ligada a las cervezas importadas provenientes de países con una gran tradición cervecera, como Alemania, Bélgica, Irlanda, etc. Esto no quiere decir que en la actualidad en nuestro país no se produzcan éste tipo de cerveza ya que en los últimos años se han desarrollado diferentes cervezas especiales con ingredientes endémicos como coco, mango, tamarindo, vainilla, chile, miel entre otros. ⁽²²⁾

3.8 Industria de la Cerveza internacional y en México

Conformada por un conjunto de empresas y actividades que se dedican a la elaboración de cerveza. En la actualidad, México ha llegado a posicionarse como uno de los más importantes productores de cerveza a nivel internacional, además, a nivel interno su consumo ha incrementado.

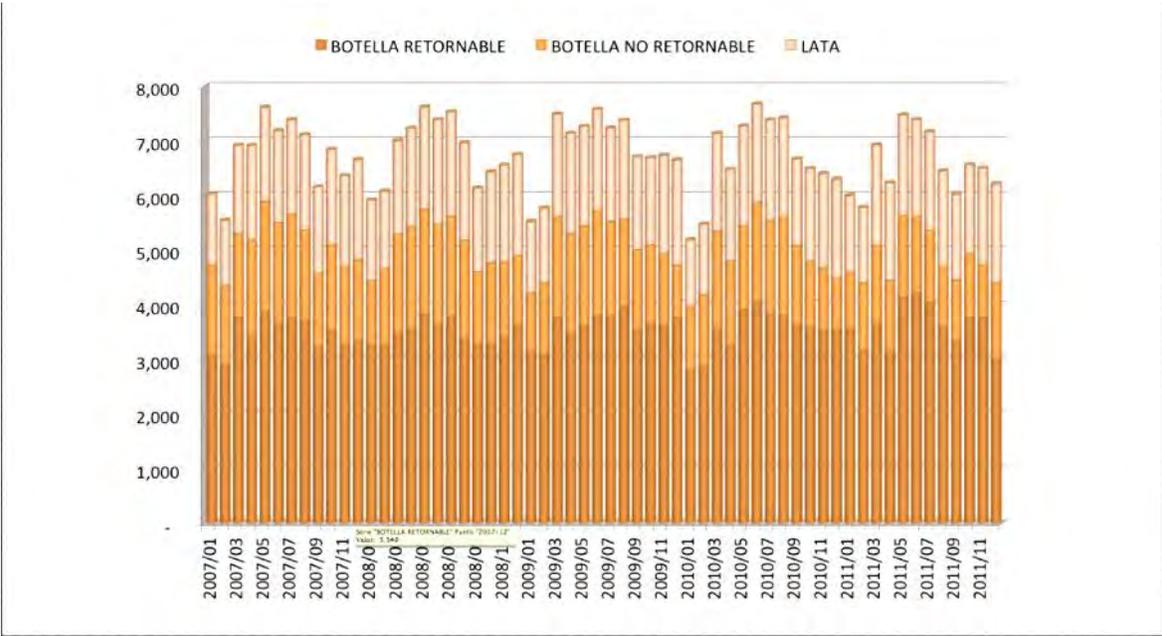
Desde su origen, el crecimiento de la industria cervecera en nuestro país ha sido prometedor. En la actualidad existen en el mercado más de 90 marcas de cerveza mexicana. Dos compañías concentran la producción

de esta bebida en nuestro país: Cuauhtémoc-Moctezuma y Grupo Modelo las cuales forman parte de la holandesa *Heineken* (Holanda) y *Anheuser-Busch InBev* (Bélgica) generando ganancias de hasta 5 mil millones de dólares anuales. (PROFECO, 2013).

De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria de la Cerveza y de la Malta (CANICERM), esta industria involucra gran capital, alto financiamiento, una fuerte inversión inicial y el requerimiento de un elevado grado tecnológico. (20)

Hasta el año 2009, México estaba denominado como sexto productor de cerveza a nivel mundial y segundo en Latinoamérica, estando solo por debajo de Brasil.

3.9 Producción y Consumo de Cerveza



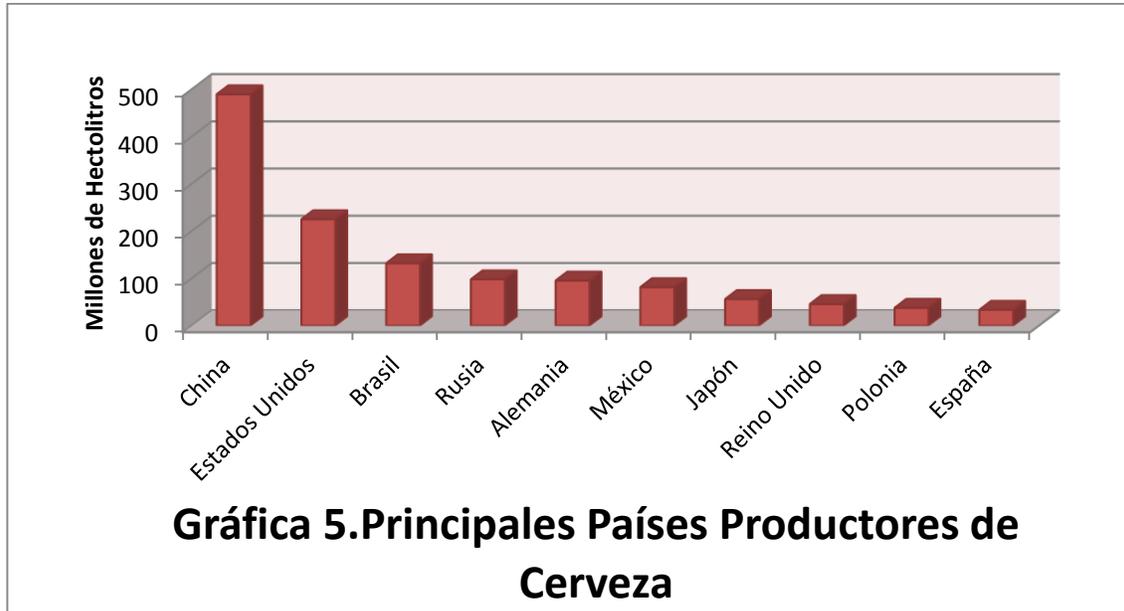
Gráfica 3. Producción Nacional de Cerveza en diferentes Presentaciones

El consumo nacional aparente de cerveza en México se ha mantenido en 62 litros de cerveza por persona al año. En el mundo, el principal

consumidor de cerveza es la República Checa, seguido de Alemania, Inglaterra, Estados Unidos, España, Japón. ⁽²⁶⁾ (Gráfica 4)



De acuerdo a cifras del 2011 (Gráfica 5), el cual por cierto fue un muy buen año para el mercado cervecero, ya que impuso un récord de producción con un incremento de un 3,7% respecto del año anterior. China fue el mayor productor mundial con un 25 % aproximado del total de la producción. Estados Unidos aún se mantiene en el segundo lugar de producción cervecera, seguido por Brasil y Rusia. ⁽²⁷⁾



3.10 Normatividad

En lo que corresponde al ámbito normativo relacionado con la cerveza, en México se cuenta con definición y características en general que deben cumplir las bebidas alcohólicas. Por un lado se presenta la norma NOM-142-SSA1-1995, donde se establece que una bebida alcohólica obtenida por fermentación, principalmente alcohólica, de la materia prima vegetal que sirve como base utilizando levaduras del género *Saccharomyces*, sometida o no a destilación, rectificación, destilación, infusión, maceración o cocción en presencia de productos naturales, susceptibles de ser añejadas, que pueden presentarse en mezclas de bebidas alcohólicas y pueden estar adicionadas de ingredientes y aditivos permitidos por la Secretaría de Salud, con una graduación alcohólica de 2% a 55% en volumen a 20°C.

En esta norma también se define una bebida alcohólica fermentada como el producto resultante de la fermentación principalmente alcohólica de materias primas de origen vegetal. Estas pueden

adicionarse de ingredientes y aditivos permitidos por la Secretaría de Salud. ⁽³⁹⁾

Por otro lado se tiene el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, donde se define a la cerveza y se especifican los rangos en general respecto a sus propiedades físicas y químicas. ⁽²⁸⁾ (Tabla 6)

Tabla 6. Especificaciones de Cerveza en México.

| Cerveza: Bebida fermentada elaborada con malta, lúpulo y agua potable con o sin la adición de adjuntos. | | |
|--|------------------|---------------------|
| Tipos: | Clara (Pilsener) | Semiobscura (Viena) |
| Peso específico 20°C: | min. 0.998 | max. 1.018 |
| Extracto real %: | min. 0.95 | max. 6.5 |
| Alcohol por volumen °GL | min. 2.00 | max. 6.00 |

Para el caso de Estados Unidos, el *Code of Federal Regulations* establece que una bebida de malta es aquella hecha a partir de la fermentación alcohólica de una infusión o de cocción o combinación de ambos, en agua potable adecuada para elaborar cerveza, de la cebada malteada con lúpulo, sus partes, o sus productos, con o sin otros cereales malteados, con o sin la adición de cereales no malteados o preparados, otros carbohidratos o productos preparados a la misma forma, con o sin adición de dióxido de carbono, con o sin otros productos sanos adecuados para el consumo humano. ⁽⁴²⁾

También se expone que los productos que contienen menos de 0,5% de alcohol por volumen llevarán la designación de la clase "bebida de malta," o "bebida de cereales," o "cercaño a la cerveza". Ningún producto que contiene menos de 0.5% alcohol por volumen deberá

llevar las designaciones de clase "cerveza", "cerveza lager", "lager", "ale", "cerveza Porter", o "cerveza Stout", o cualquier otra clase o tipo de designación que aplica comúnmente a bebidas de malta que contienen más de 0.5% de alcohol por volumen.

Los términos "bajo en alcohol" o "reducido en alcohol" sólo podrán ser utilizados en bebidas de malta que contienen menos del 2.5 % de alcohol por volumen. El término "sin alcohol" se puede utilizar en bebidas de malta, siempre que la declaración "contiene menos del 0.5% de alcohol por volumen aparece en conjunción directa con él, en la impresión fácilmente legible y en un fondo totalmente contrastante. El término "libre en alcohol" sólo podrá utilizarse en bebidas de malta que no contengan alcohol.

También se hace notar que para la elaboración de una bebida hecha de malta que contenga 5% de alcohol en volumen, se pueden utilizar ingredientes y saborizantes que contengan alcohol pero que no sean bebidas, siempre y cuando no exceda el 49% del contenido total de alcohol del producto que se derive de éstos. En el caso de bebidas de malta con un contenido mayor a 6% en volumen, no más de 1.5% del volumen de la bebida de malta puede consistir en alcohol procedente de saborizantes y otros ingredientes que contengan alcohol y no sean bebidas. Las bebidas de malta pueden ser filtradas o procesadas de otra forma con el fin de eliminar el color, sabor, aroma, amargor u otras características derivadas de la fermentación. ⁽⁴⁰⁾

Para el caso de la Unión Europea, la cerveza es el producto conformado por un líquido claro, ligeramente espumoso, de color amarillo a ámbar. El producto debe tener un grado de alcohol de 5,9% en volumen y se obtiene de la fermentación de un mosto de 15,3 grados plato. La solución fermentada se clarifica y se filtra. A esta solución se le agrega

jarabe de azúcar al 3.34%, componentes aromáticos al 0.14%, ácido cítrico al 0.11 % y ácido ascórbico al 0.002%. El producto presenta el olor y sabor característico de una cerveza y está destinado al consumo directo. Pueden adicionarse colorantes y dióxido de carbono. ⁽⁴²⁾

3.11 Materias Primas

Para producir cerveza se requiere materia prima que deben cumplir con ciertas condiciones para tener un producto de buena calidad, los cuales son principalmente:

3.11.1 Agua

Representa un 90% de la composición de la mayor parte de cervezas particularmente en términos de sabor. La naturaleza del agua ejerce su influencia en el proceso por el efecto de las sales que contiene, concentración de cloro, pH, etc. Debe cumplir con las pruebas de calidad indicadas en la NOM-127-SSA1-1994, siendo necesario cubrir en el aspecto microbiológico con ciertos aspectos, mostrados en la Tabla 7. ⁽²³⁾

Tabla 7. Límite Microbiológico del Agua a Utilizar.

| Microorganismo | Límite Permisible |
|---------------------------|-------------------|
| Coliformes totales | 2 UFC/ 100 mL |
| Coliformes fecales | 0 UFC / 100 mL |

Cumpliendo con lo establecido en la norma, debe acidularse (pH 5-6) con H₃PO₄ para favorecer la acción de las enzimas en la malta.

3.11.2 Malta

Aunque existen diferentes cereales que han sido sometidos al malteo, el término normalmente se refiere a la malta de cebada (*Hordeum spontaneum*). Para la elaboración de cerveza se pueden utilizar dos especies: la de dos carreras (*H. distichum* o *H. deficiens*) que se cultiva

y utiliza principalmente en Europa, y las de seis carreras (*H. hexastichum*, *H. vulgare* o *H. intermedium*) que se cultiva y utiliza en Norteamérica. (Figura 1)

Los granos de cebada utilizados deben cumplir con los parámetros establecidos por la NMX-FF-043-SCFI-2003: ser granos viables de tamaño uniforme que germinen rápido (85% mínimo) y de forma uniforme, peso hecto lítrico 56 kg/hl para cebada de 6 carreras y 58 kg/hl para cebada de 2 carreras, se permiten un máximo de 10% de granos dañados, debe contener alto nivel de almidón y bajo nivel de proteínas (9 - 11.5%), humedad 11.5 - 13.5 %. ⁽⁸⁾

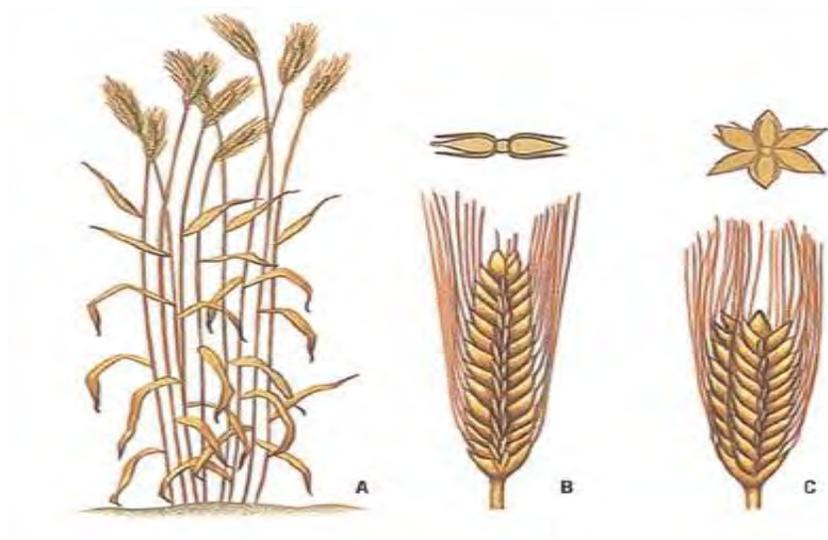


Figura 2. A) Planta de Cebada B) Distribución de Granos de Cebada en 2 Hileras C) Distribución de Granos de Cebada en 6 Hileras.

Es ampliamente aceptado que la malta de cebada de dos hileras es la preferida para fabricar cerveza, aunque los cerveceros han confiado en la de seis hileras porque está adaptada en muchas regiones. Todavía la distinción se establece entre tamaño de grano, extracto, proteínas y nivel enzimático. En nuestro país, la producción es exclusivamente de seis hileras. ⁽²⁹⁾

Tabla 8. Datos Analíticos Comparativos de Cebadas Malteras ⁽³⁰⁾.

| | Dos hileras | Seis hileras |
|--|--------------------|---------------------|
| Extracto (% seco) | 81 | 79 |
| Proteínas totales (% seco) | 11.5 | 12.5 |
| Proteínas solubles (% malta seca) | 5.0 | 5.5 |
| Total proteínas solubles | 43.5 | 44 |
| Poder diastásico | 120 | 160 |
| α-amilasa | 50 | 45 |
| Viscosidad del mosto (cp) | 1.5 | 1.5 |
| B-glucanos en mosto (ppm) | 110 | 140 |

Los cerveceros a gran escala deben balancear el alto extracto y alto costo contra el bajo poder diastásico de la dos hileras, pero a nivel de cerveceros artesanales, menos preocupados por el extracto, se pueden encontrar estas diferencias no significativas.

Algunas diferencias entre ambos tipos de cebada cuando son sometidas al proceso de malteo son los siguientes:

Tiempo de modificación: La cebadas de dos hileras requiere uno o dos días para germinar, mientras que las de seis hileras necesitan entre cuatro a cinco días. ⁽²⁹⁾

Enzimas de la malta: Generalmente la de seis hileras produce mayores niveles de α -amilasas y mayor poder diastásico reduciendo así la

viscosidad del mosto y aumentan la susceptibilidad del almidón a ser **atacado por las β -amilasas.** ⁽²⁹⁾

Contenido de β -glucano. Está ambos cultivos entre el 4 y 7% del peso total del grano y en términos generales, el contenido de estos es inferior en la de seis hileras. Éstos **son degradados por la β -glucaganasa** lo cual ocurre principalmente durante la germinación, es decir que muy pocos **pasarán al mosto. Los β -glucanos** que no son degradados contribuyen a la viscosidad, alterando la operación de filtrado. Si las condiciones de malteo son las adecuadas, en ambas cebadas los **problemas con los β -glucanos** no se presentan y solo aparecen con malta poco modificada o por uso de cebada sin maltear. ⁽²⁹⁾

Contenido de cáscara: Una cáscara delgada pero firmemente adherida es deseable, ya que protege al grano germinante durante el malteado, además de jugar un papel importante en la cocción. En general se cree que la cebada de seis hileras tiene mayor contenido de cáscara, porque tiene granos más delgados, pero esto varía mucho según las condiciones del medio ambiente en las cuales es cultivada. ⁽²⁹⁾

Proteínas: La mayor diferencia entre ambas cebadas, es el nivel de proteínas y poder diastásico. Estas dos características se han tenido en cuenta para el uso extendido de cereales adjuntos en la mayoría de las cervecerías de Estados Unidos y el sistema "doble macerado" para precocerlos. ⁽²⁹⁾

Doble macerado: Este sistema es usado con arroz ó maíz molido grueso. Una porción de la malta (usualmente menos del 40%) puede ser reemplazada, éstos son primero "cocinados" con una pequeña porción de malta en un recipiente separado, conocido como "cocedor de cereal". La mayoría de la malta se macera en el macerador principal. A medida que la temperatura aumenta en el "cocedor de cereal" el almidón

adjunto se gelatiniza, lo cual lo hace susceptible a la hidrólisis enzimática por las amilasas contenidas en la malta. El porcentaje sustituido de la malta en algunos países es regulado. ⁽²⁹⁾

Proteínas solubles: Las proteínas solubles son esenciales. Pueden aparecer problemas esto cuando los niveles son excesivamente altos en el mosto, lo cual sucede cuando se excede el 5.5%. Estos niveles, hallados en la cebada seis hileras, pueden provocar el aumento de color, problemas de filtrado y riesgo de turbidez. ⁽²⁹⁾

Dimetil sulfuro o DMS: Los niveles de proteína también aumentan el potencial para la formación de dimetilsulfuro en la cerveza. Los precursores del DMS, S-metilmetionina se pueden formar por ruptura de las proteínas durante el malteo. ⁽²⁹⁾

3.11.2.1 Tipos de Malta

El color en las maltas es posible medirlo en dos tipos de escalas el de la ***European Brewing Convention***, los cuales se dan en números enteros y la de Lovibond (°L). ⁽³¹⁾ (Figura 2)



Color based on Standard Reference Method (SRM)

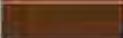
| SRM/Lovibond | Example | Beer color | EBC |
|--------------|-----------------|---|-----|
| 2 | Pale lager |  | 4 |
| 3 | German Pilsener |  | 6 |
| 4 | Pilsner Urquell |  | 8 |
| 6 | |  | 12 |
| 8 | Weissbier |  | 16 |
| 10 | Bass pale ale |  | 20 |
| 13 | |  | 26 |
| 17 | Dark lager |  | 33 |
| 20 | |  | 39 |
| 24 | |  | 47 |
| 29 | Porter |  | 57 |
| 35 | Stout |  | 69 |
| 40 | |  | 79 |
| 70 | Imperial stout |  | 138 |

Figura 3. Comparativo entre ambas de color basado en el Método Estándar de Referencia.

3.11.2.1.1 Maltas Base (29)

- **Malta Lager: 2°L.** La malta lager *Pilsner* puede ser usada para producir tanto cervezas *Ales* tanto como *Lagers*. El nombre deriva del hecho de que las *Pale Lagers* son el estilo más común de cerveza y éste es el tipo de malta más comúnmente utilizado para producirlas. Tiende a ser la malta más disponible y utilizada para casi todos los otros estilos de cerveza. Después de la germinación la malta Lager es calentada cuidadosamente en un horno hasta 32.2°C (90°F) durante el primer día, blanqueada a 48.8 – 60°C (120 – 140 °F) por 12 – 20 horas y luego curada a 79.4 – 85°C (175 – 185°F) durante 4 – 8 horas, dependiendo del malteador. Esto produce una malta con un sabor delicado y apacible y un excelente potencial enzimático. Es usada como base para la mayoría de las cervezas del mundo en conjunto con maltas especiales para sabores agregados.

- **Malta Pale Ale: 3°L.** Esta malta es horneada a temperaturas más altas que la malta lager, dándole un sabor ligeramente más tostado muy adecuado para las *Pale Ales*.
- **Malta de Trigo: 3°L.** El trigo ha sido utilizado para elaborar cerveza casi desde el mismo tiempo que la cebada y tiene el mismo poder diastásico. El trigo malteado es usado para el 5 – 70 % del grano del macerado dependiendo del estilo. El trigo no tiene cáscara exterior, por lo tanto tiene menos taninos que la cebada, aporta más proteínas a la cerveza, ayudando a la retención de espuma, provee de mayor cuerpo y puede ocasionar problemas de lavado si no se hace un 'descanso de proteínas' durante el macerado.
- **Malta de Centeno: 3°L.** Esta malta no es muy común, pero está ganando popularidad. Puede ser usada como un 5 – 10 % del grano para una nota 'picante', es incluso más espesa en el macerado que el trigo y debe ser manejado acorde a esto.

3.11.2.1.2 Maltas Horneadas ⁽²⁹⁾

Estas maltas son comúnmente producidas mediante el incremento de las temperaturas de curado usadas para la producción de malta base, pero también pueden ser producidas tostando malta base por un período de tiempo en el horno.

- **Malta Biscuit: 25°L.** Es muy tostada y ligeramente quemada, se usa para dar a la cerveza un sabor como el del pan, generalmente es usada en un 10% aporta un color ámbar profundo.
- **Malta Victory: 25°L.** Es similar en sabor a la malta *Biscuit* pero aporta un sabor más de nuez a la cerveza, aporta destellos anaranjados al color de la cerveza.
- **Malta Munich: 10°L.** Es de color ámbar y aporta mucho sabor a malta. Tiene el suficiente poder diastásico, pero generalmente es

usada junto a una malta base. Es usada para cervezas como la *Oktoberfest* y muchas otras incluyendo *Pales Ales*.

- **Malta Vienna: 4°L.** Es más clara y más dulce que la malta *Münich*, es el ingrediente principal de las cervezas *Bock*, cuenta con suficiente poder enzimático pero también es mezclada con malta base.
- **Malta de Dextrina (Carapils): 3°L.** Esta malta es poco usada y aporta poco color, pero mejora el “*mouthfeel*” y el cuerpo percibido de la cerveza. Una cantidad común para una corrida de 18.9 litros es de 227 gramos. La malta de Dextrina no tiene poder diastásico. Debe ser macerada, si es remojada aportará muchos almidones no convertidos y causará turbidez.
- **Maltas Caramelo (Crystal) (pueden ser remojadas o maceradas).** Son sometidas a una ‘cocción’ especial, luego del proceso de malteado, que cristaliza los azúcares, los cuales son caramelizados en cadenas más largas que no son convertidas en azúcares simples por las enzimas durante el macerado. Esto tiene como resultado una cerveza más maltosa, con una dulzura de caramelo y un sabor más redondo y acabado. Son usadas para casi todos los estilos de Ales y lagers de alta densidad. Muchas maltas caramelo son comúnmente agregadas, en un 5–25% del total de grano para una corrida de 18.9 litros.
 - **Caramelo 10: 10°L.** Aporta una ligera dulzura similar a la miel y algo de cuerpo a la cerveza final.
 - **Caramelo 40: 40°L.** El color adicional y la ligera dulzura a caramelo de esta malta es perfecta para *Pale Ales* y *Amber Lagers*.
 - **Caramelo 60: 60°L.** Es la malta caramelo más comúnmente usada. Aporta mucho sabor a caramelo y cuerpo a la cerveza,

es ampliamente utilizada para *Pales Ales*, estilos *English Bitters, Porters y Stouts*

- **Caramelo 80: 80°L.** Esta se utiliza para cervezas rojizas y aporta un ligero sabor dulce-amargo, como el caramelo quemado.
- **Caramelo 120: 120°L.** Aporta mucho color y sabor dulce-amargo, como el caramelo quemado. Es utilizada en pequeñas cantidades para agregar complejidad o en mayor cantidad para *Old Ales, Barley Wines y Doppelbocks*.
- **Especial B: 220°L.** Esta malta Belga única tiene un sabor dulce de nuez quemado. Usada con moderación 113-227 gramos, es muy buena para *Brown Ales, Porters Doppelbocks*. En cantidades mayores, para un lote de 18.9 litros aporta sabores como de ciruela (que puede ser deseado en una *Barley Wine* en una pequeña cantidad).

3.11.2.1.3 Maltas Quemadas ⁽²⁹⁾

Estas maltas muy quemadas aportan un sabor a café o a tostada quemada a las *Porters y Stouts*, son usadas con moderación y algunos cerveceros recomiendan que sean agregadas al final del macerado, reduciendo el 'sabor punzante' que estas maltas pueden aportar. Esta práctica parece producir una cerveza más suave para la gente que elabora cerveza con agua 'blanda' o con bajo bicarbonato.

- **Malta Chocolate: 400°L.** Usada en pequeñas cantidades para *Brown Ales* y cantidades mayores para *Porters y Stouts*, tiene un sabor amargo-dulce similar al chocolate, agradables características quemadas y aporta un profundo color rubí negro.
- **Malta Black Patent: 580°L.** Esta es la malta más oscura de las negras. Se usa con moderación generalmente menos de 227 gramos para 18.9 litros. Aporta un sabor quemado (carbón) si es

usada en exceso puede ser desagradable. Es muy útil para aportar **color y/o para ponerle un 'límite' a la dulzura** de otros estilos que utilizan mucha malta caramelo; para éste propósito se utilizan de 28-56 gramos.

- **Cebada Tostada: 550°L.** En realidad no es una malta, es Cebada muy quemada, tiene un sabor peculiar seco de café y distintivo de las *Stouts*. Aporta menos sabor a carbón que la *Black Patent*.

3.11.3 Adjuntos

Los adjuntos se pueden agregar con la maltosa, contienen carbohidratos fermentables, son económicos y bajo nivel de proteínas. Los cereales más utilizados para este fin son la cebada (sin maltar), trigo, maíz quebrado, arroz roto, sémola de maíz, sorgo, centeno o el almidón de papa y jarabes. El uso de adjuntos es para complementar a la malta y/o para incorporar sabores de la cerveza. Por otro lado, también se utilizan para brindarle mayor sabor al producto, en este caso, se utilizan en lugar de maltas especiales o adicionándolos a las mismas. Estos adjuntos pueden añadirse en diferentes etapas: en la molienda, al momento de hervir el mosto ó en la fermentación previa a la maduración del producto. ^{(1) (7) (11) (18)}

En el caso de la cerveza en Europa se permite hasta un 40% de adjuntos, en Estados Unidos un 60%, en México no se encuentra **regulado, mientras que en Alemania existe la "Ley de la Pureza" la cual prohíbe el uso de adjuntos, ésta se encuentra vigente desde el año 1519.** ⁽³²⁾

Las fuentes de azúcares fermentables se incorporan hasta el proceso de ebullición. Algunos de los adjuntos más empleados son: ⁽²⁹⁾

- **Avena:** 1°L. La avena es ampliamente utilizada en una *Porter o Stout*. Aporta un "mouthfeel" suave, sedoso y una textura suave a una *Stout*. Se usan de 227-680g para una corrida de 18.9 litros. La avena debe ser macerada con la malta para su conversión.
- **Copos de Maíz:** Es un adjunto común en las *Bitters* y *Milds* Inglesas y fue muy utilizado en las Lager ligeras americanas (aunque hoy se usa más la harina de maíz). Se usan de 227-907 g para 18.9 litros. Aclarará el color y bajará el cuerpo de la cerveza sin sobre potenciar el sabor. Debe ser macerado con la malta base.
- **Copos de Cebada sin maltear:** Son a menudo usadas en *Stouts* para proveer proteínas que ayudan a la retención de la espuma y mejoran el cuerpo, aunque puede también ser usada en otros estilos de ales fuertes. Se usan 227-454 gramos para preparar 18.9 litros. Este adjunto debe ser macerados con la malta base.
- **Copos de Trigo no malteado:** Es un ingrediente común en las cervezas de trigo, incluyendo: *American Wheat*, *Bavarian Weisse*, y esencial para las *Lambic* y las *Wit Belgas*. Aporta turbidez por el almidón y altos niveles de proteínas, y un sabor a trigo más 'agudo' que el trigo malteado. Se usan de 227-908 gramos para preparar 18.9 litros de cerveza y deben ser macerados junto con la malta base.
- **Copos de Arroz:** Es el otro adjunto más usado en las *Lagers* livianas Americanas y Japonesas, tiene muy poco sabor y produce una cerveza más seca que el maíz. Se utiliza en cantidades de 227-908 gramos para 18.9 litros de cerveza y debe ser macerado junto con la malta base.
- **Cáscara de Avena y Arroz:** No son adjuntos en sí mismos, las cáscaras no son fermentables pero pueden ser muy útiles en el macerado. Proveen masa y ayudan a prevenir que la cama de

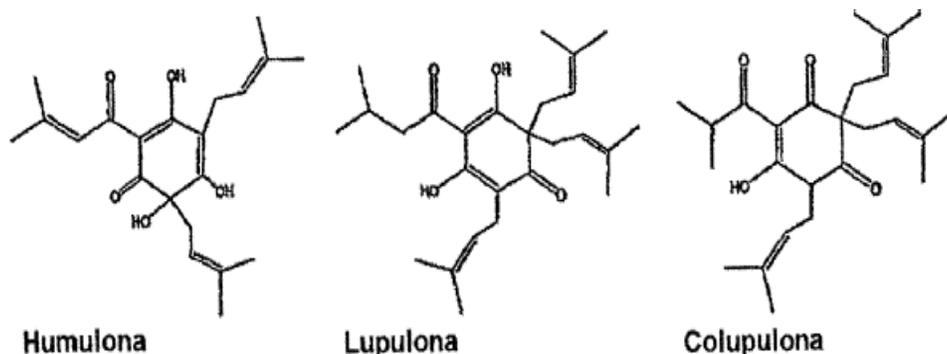
granos se comprima y tapone durante el lavado, lo cual es muy útil cuando se hacen cervezas de trigo o centeno con un bajo porcentaje de malta y cáscaras de cebada. Se usan 1.9–3.7 litros de cáscaras de avena o arroz para 2.7–4.5 kilogramos de trigo si se está haciendo una cerveza sólo de trigo (sin malta de cebada). Se deben enjuagar bien antes de ser utilizados.

3.11.4 Lúpulo

Su principal función es saborizar el mosto dulce y en gran medida es el responsable del sabor amargo y aroma característico de la cerveza. (Figura 3) También funciona como conservador inhibiendo microorganismos patógenos e indeseables ya que los principios activos la humulona y lupulona de la planta funcionan como bacteriostáticos y agente antioxidante. (Figura 4)



Figura 4. Flor de Lúpulo.



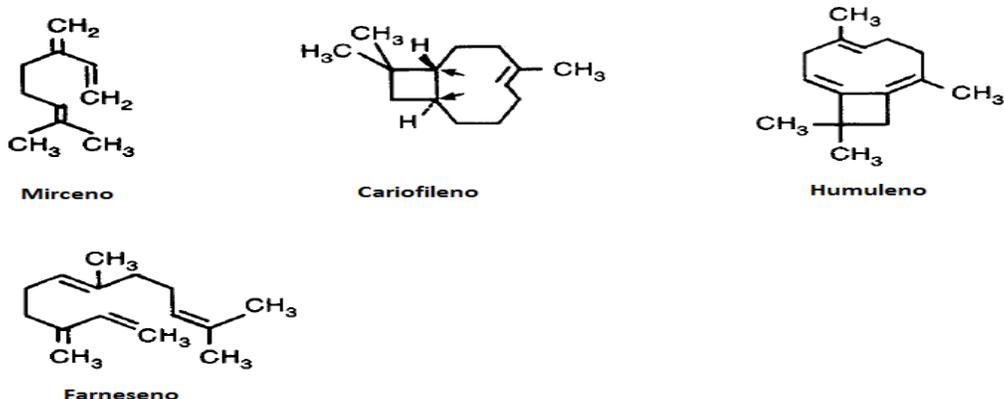


Figura 5. Estructura química de los compuestos del Lúpulo.

En la elaboración de cerveza se utilizan los conos maduros de la flor femenina de la planta *Humulus lupulus* ya sean deshidratados, en polvo, comprimidos o como extractos obtenidos con bióxido de carbono líquido utilizado como fluido supercrítico.

Actualmente muchos cerveceros optan por el uso de lúpulos molidos y comprimidos, de forma que logran mayor estabilidad y ahorran el problema de separar las partes vegetativas de la planta de lúpulo. Esta planta se cultiva en climas de templados a fríos, por lo que en México el lúpulo que utilizan las cervecerías tiene que importarse. El lúpulo puede clasificarse en 2 categorías: *lúpulo aromático* y *lúpulo amargo*.

Todos los lúpulos proporcionan aroma y amargor. No obstante algunos lúpulos como la variedad checa *Saaz* poseen una proporción relativamente elevada de aceites comparada con la resinas y las características del componente aceite son especialmente apreciadas. Dichas variedades resultan de precio más elevado y son conocidas como variedades aromáticas. Otras variedades son usadas como única fuente de sabor y aroma en una cerveza: los **de alto contenido en α -ácidos** se utiliza para proporcionar la mayor parte de amargor y la preciada variedad aromática se añade posteriormente de la cocción.

Como se mencionó anteriormente los principales componentes del lúpulo desde el punto de vista cervecero son una gran variedad de resinas y aceites esenciales. De la composición total del lúpulo seco un 15% lo constituyen las resinas, siendo las principales:

a) fracción α - ácidos: constituida por la humulona, cohumulona, adhumulona, posthumulona y prehumulona y

b) fracción β - ácidos: compuesta por la lupulona, colupulona, adlupulona y prelupulona.

Estos compuestos sufren como se mencionó diversas reacciones químicas, principalmente de isomerización e hidrólisis, durante el proceso cervecero generando otros componentes que se encuentran en la cerveza. Los aceites esenciales se encuentran en una proporción alrededor del 0.5% del lúpulo seco, encontrándose entre éstos un gran número de hidrocarburos terpénicos y otros compuestos, siendo algunos de los más importantes el mirceno, humuleno, farneseno y cariofileno. (Figura 5) ⁽¹¹⁾

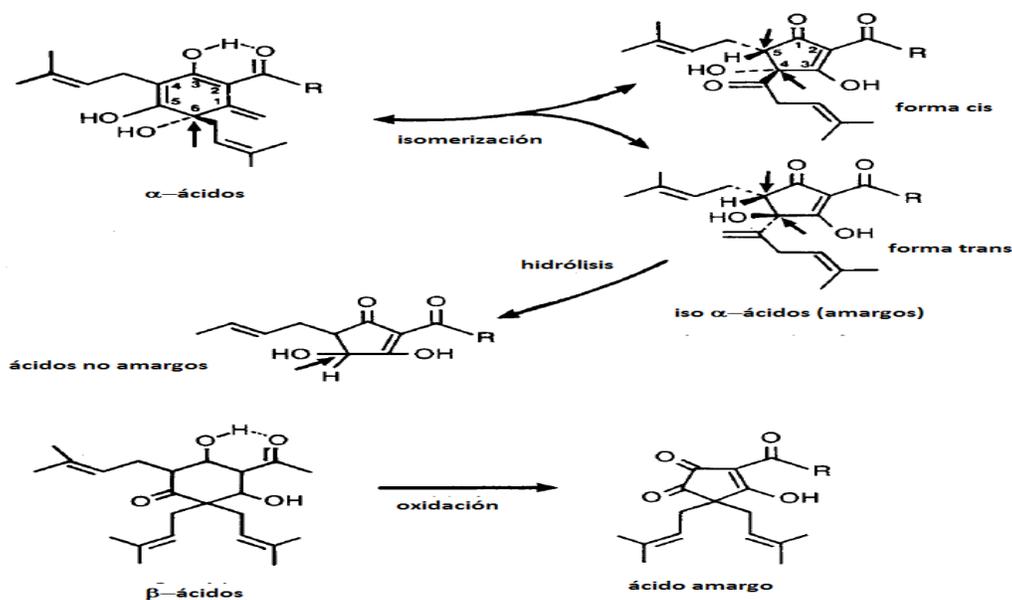


Figura 6. Reacciones Ocurridas en los Compuestos del Lúpulo.

Aunque existe el mercado una gran diversidad de lúpulos, en términos generales el lúpulo presenta una composición promedio: ⁽⁷⁾ (Tabla 9)

Tabla 9. Composición promedio de Lúpulo.

| | |
|--------------------------------|-----|
| Agua | 10 |
| Resinas totales | 15 |
| Aceites esenciales | 0.5 |
| Taninos | 4 |
| Monosacáridos | 2 |
| Pectina | 0.1 |
| Aminoácidos | 15 |
| Proteínas | 3 |
| Lípidos y ceras | 8 |
| Celulosa, lignina, etc. | 40 |
| Total | 100 |

3.11.5 Levadura.

Las levaduras más ampliamente usadas en la industria cervecera pertenecen al género fúngico *Saccharomyces* del que se conocen más de 30 especies. A lo largo de los años, la industria de bebidas alcohólicas ha utilizado diferentes especies del género *Saccharomyces* en especial la especie *cereviseae* y *pastorianus* han sido utilizadas para la elaboración de cerveza. Existen diferencias funcionales que ayudan en la clasificación de éstas, de acuerdo con su comportamiento de floculación, se han clasificado en cuatro clases: ⁽³³⁾

- **Clase I)** las que no floculan

- **Clase II)** levaduras de floculación alta. Estas floculan al final de la fermentación en aglomerados no muy compactos asociados a las burbujas de dióxido de carbono. Los aglomerados flotan en el líquido formando una nata;
- **Clase III)** levaduras de floculación baja. Floculan al final de la fermentación en aglomerados muy compactos que no se asocian a burbujas, por lo que tienden a ir al fondo del líquido y
- **Clase IV)** las que floculan desde etapas tempranas de la fermentación, por su capacidad de formar ramificaciones. Son también levaduras de floculación alta.

Además de presentar diferencias en cuanto a floculación, las levaduras pueden presentar distintas características de fermentación. (Tabla 10)

Tabla 10. Temperatura de trabajo de las levaduras. (33)

| | | |
|---------------------|--|---|
| LAGER | TEMPERATURA | $T_i=7-11^{\circ}\text{C}$ |
| | | $T_f=10-15^{\circ}\text{C}$ |
| | TIEMPO | Clímax de la fermentación= 3-5 días |
| | | Tiempo total= 8-10 días |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA | $\rho_{\text{inicial}}= 32-40^{\circ}\text{Plato}$ | |
| | $\rho_{\text{final}}= 8-10^{\circ}\text{Plato}$ | |
| ALE | TEMPERATURA | $T_i=15-16^{\circ}\text{C}$ |
| | | $T_f=21-26^{\circ}\text{C}$ |
| | TIEMPO | Clímax de la fermentación= 36 horas |
| | | Tiempo total= 72 horas |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA | $\rho_{\text{inicial}}= 44-48^{\circ}\text{Plato}$ | |
| | $\rho_{\text{final}}= 11^{\circ}\text{Plato}$ | |

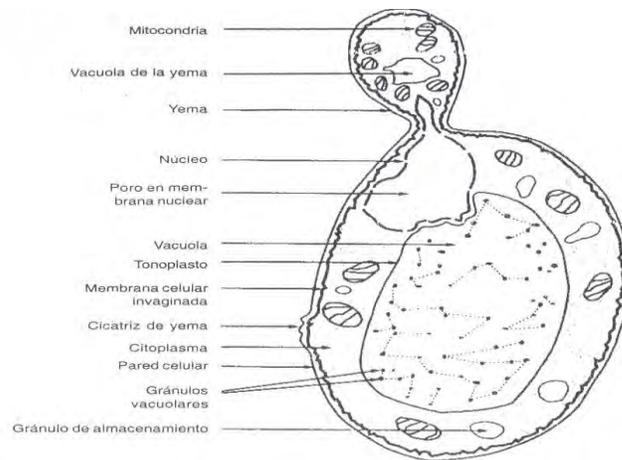


Figura 7. Diagrama representativo en sección de una levadura en gemación *Saccharomyces cerevisiae* visto al microscopio electrónico. (Hornsey, 2003)

Un 70-80% de la célula de levadura es agua, aunque sobre la base de su peso en seco, la célula en crecimiento activo contiene: ⁽³⁴⁾

- Aprox. 40% de proteína
- Aprox. 34% de polisacáridos
- 7% de minerales
- 5% de fosfolípidos
- 3% de triglicéridos y
- 0.5% de DNA, vitaminas y fibra.

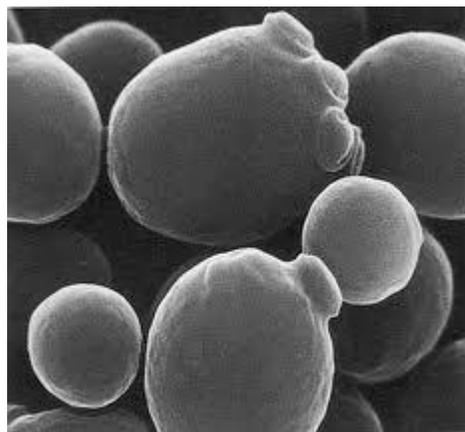
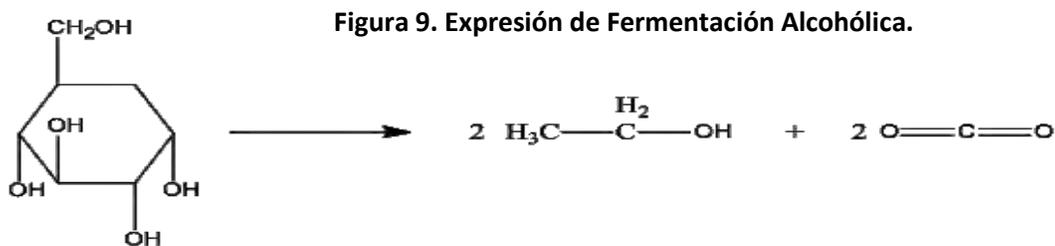


Figura 8. Imagen al microscopio de levadura.

Las levaduras de la cerveza son *Saccharomyces cerevisiae* (levadura *Ale*) o *Saccharomyces pastorianus* (levadura *Lager*). Existe una gran variedad de cepas distintas de las levaduras de la cerveza, cada una de ellas diferenciada fenotípicamente o genotípicamente, en términos de su huella genética. Lo que sí ocurre para todas ellas es que en el interior de la célula, se transforma enzimáticamente la glucosa para producir etanol, CO₂ y otros compuestos. La expresión más simple de la fermentación se presenta en la figura 8: ⁽¹¹⁾



Esta ecuación denominada de *Gay-Lussac*, muestra que la glucosa produce cantidades semejantes de dióxido de carbono y etanol, además de energía para su utilización en las actividades celulares. Desafortunadamente no toda la energía liberada puede ser utilizada de un modo coordinado y parte se disipa en forma de calor, consideración que es muy importante en fermentaciones a gran escala.

Desde el punto de vista bioquímico la degradación de glucosa se lleva a cabo por la llamada ruta glicolítica o de *Embden-Meyerhof-Parnas* (EMP). La concentración de oxígeno en el medio tiene una relación inversamente proporcional a la productividad específica de etanol, lo cual se conoce como efecto Pasteur. Por otra parte, si las levaduras disponen de exceso de oxígeno y glucosa, producen etanol, porque las mitocondrias no alcanzan pleno desarrollo en presencia de glucosa a este fenómeno se le conoce como efecto Crabtree, el cual se refiere a

que la levadura sólo metaboliza los azúcares por vía fermentativa; incluso en presencia de oxígeno, la respiración es imposible.

Sin embargo, la diferencia fundamental entre las cepas **Ale** y **Lager** se basa en la capacidad de fermentar el azúcar melibiosa: en las cepas **Ale** no ocurre mientras que las cepas **Lager** tienen esa capacidad gracias a **la producción de una enzima (α -galactosidasa)** necesaria para la conversión de melibiosa a glucosa y galactosa. ⁽¹¹⁾

Por otro lado, las levaduras **Ale** son llamadas de fermentación alta por su desplazamiento hacia la zona superior de los recipientes de fermentación abierta. Hasta el 85% del peso seco de la pared celular se atribuye a dos polisacáridos estructurales que están presentes en cantidades aproximadamente iguales y son:

- **B-Glucanos**, polímeros de glucosa que se encuentran en las capas internas de la pared y son responsables de la forma celular y rigidez de la pared.
- **Mano proteínas (α -mananos)**, polímeros de manosa unidos covalentemente a cadenas peptídicas, que forman la parte externa de la pared, responsables de la porosidad y de la recepción ambiental.

La superficie celular de las levaduras de fermentación alta o **Ale** está cubierta de pequeñas protuberancias micro fibrilares de proteína que les confiere una aspereza a las células provocando que asciendan a la superficie durante la fermentación. ⁽³⁴⁾ Por otro lado las levaduras **Lager** descienden al fondo de los fermentadores y son conocidas por levaduras de fermentación baja.

Existe un inusual tipo de cerveza elaborada en Bélgica, con un amplio espectro de sabor. La cerveza **Lámbica** se produce principalmente en pequeñas cervecerías de Bruselas y sus alrededores. En su elaboración

se emplea malta de cebada mezclada con trigo sin maltear (30 a 40%). No se le agrega levadura, ya que recibe por contacto con el aire una micro biota natural existente en la cervecería, lo que da lugar a una fermentación espontánea, semejante a la del vino.

3.11.6 Proceso para Elaboración de Cerveza

3.11.6.1 Malteo

Proceso físico-químico controlado durante el cual los granos de cebada desarrollan y activan sus sistemas enzimáticos modificando sus reservas alimenticias. La finalidad del malteo es la obtención de la malta, esto se puede hacer a partir de cualquier grano que se someta a una germinación controlada, la germinación se detiene durante el proceso de secado.

De las gramíneas, la cebada con cáscara es la materia prima principal para la elaboración de malta. Su preferencia se debe principalmente a que cuenta con las siguientes ventajas: ⁽¹⁷⁾

- Varias capas aleurónicas que desarrollan gran cantidad de enzimas.
- Alto contenido en almidón.
- Bajos niveles de proteína y aceites.
- La cáscara ofrece protección al endospermo amiláceo y a la plúmula durante todo el proceso de malteo.
- La cáscara y granos gastados sirven de lecho filtrante del mosto.

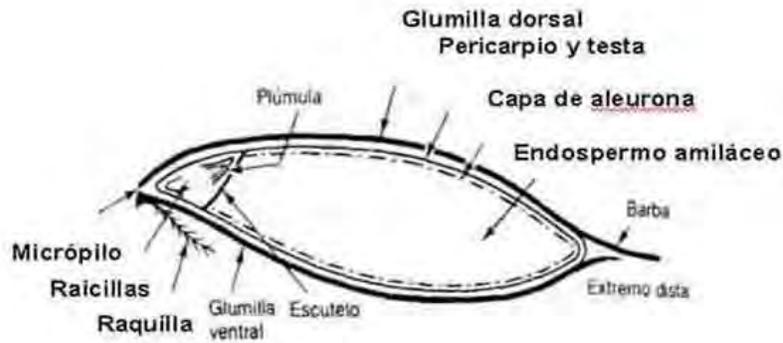


Figura 10. Descripción del Grano de Cebada en Corte Longitudinal.

Este proceso dura aproximadamente 10 días y se divide en 3 pasos importantes que son:

- a) remojo,
- b) germinación controlada y
- c) último el secado o tostado.

Dependiendo de la aplicación, el proceso de malteo puede durar una semana obteniéndose buenos rendimientos. ⁽⁷⁾

3.11.6.2 Remojo

Para la elaboración de la malta el primer paso a seguir es el remojo, en el interior del grano de cebada, las enzimas necesarias para el malteo tienen una actividad muy reducida, se hallan aún inactivas e incluso algunas son inexistentes. Durante el remojo, el agua ingresa al interior del grano y como resultado las enzimas se activan y el proceso germinativo empieza. Mientras transcurre la germinación del grano de cebada, los procesos respiratorios aumentan, así como la necesidad de oxígeno. Es por esto que, para iniciar el proceso lo más rápido posible, se debe proveer a la cebada con las cantidades adecuadas de agua, oxígeno y una temperatura adecuada durante el remojo.

La cebada necesita oxígeno, para la obtención de energía para su crecimiento. Todo proceso de respiración produce CO₂, que debe ser **eliminado para que el grano no se “ahogue”**. Por ello, es que se realiza una aireación en el tanque de agua y se tiene una etapa de descanso. ⁽⁷⁾

3.11.6.3 Germinación

Su objetivo principal es el de activar a las enzimas que están repartidas en el grano de cebada. En cuanto la semilla tiene las condiciones de humedad y temperatura ideales para la germinación comienza la producción de fitohormonas como las giberelinas, ácido indol acético y etileno. Las fitohormonas incrementan el proceso respiratorio y la producción de más fitohormonas de manera cíclica, al producirse, sobre todo las giberelinas, comienza la formación de enzimas. Al comenzar el proceso de malteo, el contenido del endospermo se encuentran en forma estable. Estas sustancias, de elevado peso molecular deben ser degradadas a subproductos que estén formados de moléculas más pequeñas. Las enzimas que participan en la germinación son:

Glucanasas

- **β –glucanasas:** actúan sobre los β-glucanos (polisacáridos de glucosa con enlace β-1,4 β-1,3 β-1,2 alternados que incrementan la viscosidad de los mostos) actúan de manera exo y endo en su sitio de acción, las endoglucanasas son las más importantes y son de gran importancia ya que en cada corte disminuye la viscosidad.

Amilasas

- **β –amilasa:** esta enzima se activa en el inicio de la germinación, se localiza en el endospermo y ya no se sintetiza más enzima durante la germinación. Es una exo amilasa que actúa sobre el

extremo no reductor de la cadena de almidón sobre los enlaces α -1,4.

- **α -amilasa:** esta enzima no se encuentra presente en la cebada, se sintetiza durante la germinación en la aleurona y en el germen en gran cantidad. Es una endo amilasa, es decir, corta por la parte interna de la cadena de almidón, busca los extremos y rompe los enlaces α -1,4 para liberar dextrinas.
- **α -glucosidasa:** enzima localizada en la cebada en poca cantidad y se genera más enzima en la aleurona durante la germinación y es regulada por las giberelinas.
- **Pululanasa o Dextrinasa Límite:** presente en la cebada y se genera más en aleurona durante la germinación, actúa sobre enlaces α -1,6.

Proteasas

Presentes en la cebada, se generan más proteasas durante la germinación y se encuentra en diferentes tejidos y actúan según su prefijo.

- **Endopeptidasas, carboxipeptidasas:** localizadas en endospermo.
- **Aminopeptidasas, oligopeptidasas:** localizadas en embrión.

La producción de enzimas es el propósito primordial del malteo. Éstas son absolutamente necesarias para degradar las moléculas de elevado peso molecular durante la maceración en el proceso de elaboración de cerveza, las enzimas que se encuentran en la malta se activan a diferentes temperaturas para hidrolizar la materia amilácea. (Tabla 11)

(17)

Tabla 11. Temperatura de Activación de Enzimas en Mosto.

| Enzima | T óptima | Sustrato | Principales productos de degradación |
|---|-----------|---|---|
| b-glucanasas | 43-45°C | b-glucanos | Glucosa y oligosacáridos. |
| Proteasas (exopeptidasas) | 40 y 60°C | Enlaces terminales de proteínas | Péptidos y aminoácidos. |
| a-amilasa | 65-75°C | Almidón. 1 α 4 internos alejados de enlaces a 1 α 6. | Dextrinas y oligosacáridos. |
| b-amilasa | 55-65°C | Amilosa y amilopeptina extremos no reductores. Enlaces a 1 α 4. | Maltosa y dextrinas. |
| a-glucosidasa o glucoamilasa | 55-65°C | Oligosacáridos y maltosa. Enlaces a 1 α 4 y a 1 α 6. | Glucosa. |
| Pululanasa, dextrinasa límite o enzima R | 55-60°C | Amilopeptina a 1 α 6. | Glucosa y maltosa. |
| Pentosanasas | 40-50°C | Polisacáridos no a Imidonosos (pentosanos). Enlaces b 1 α 4 de la cadena central de D-xilosa | Arabinoxilanos parcialmente despolimerizados. Arabinosa y Xilosa. |

3.11.6.4 Secado

Cuando las transformaciones en la malta "verde" (malta verde= grano germinado con elevada humedad) han sido suficientes, la malta se seca. Con el secado el agua se remueve de la malta y ésta se vuelve entonces estable y almacenable. Durante el secado, además de disminuir el contenido de agua, la germinación y la modificación del grano se detienen y se forman componentes de aroma y color. Entre sus objetivos está:

- Interrumpir procesos físico-químicos y biológicos.
- Permitir que la malta se pueda almacenar.
- Producir un aroma y paladar característico de la malta.
- Permitir la separación posterior de las raicillas, que pueden ocasionar un gusto no deseable en mosto y cerveza.

La temperatura se incrementa de forma gradual con el fin de que la malta pierda humedad sin llegar al punto de desnaturalizar las enzimas sensibles a temperatura, en especial cuando aún se tiene una cantidad considerable de agua en los granos. ⁽¹⁷⁾

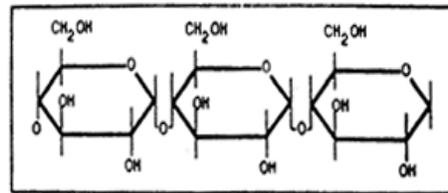
3.11.6.5 Molienda

La malta debe ser molida antes de poder ser extraída y si la molienda es más fina, el potencial de extracción de materiales aumenta. Sin embargo, en la mayoría de sistemas de separación del mosto, la cáscara es importante como medio de filtrado. Cuanto más intacta esté la cáscara, mejor será el filtrado. Así pues, la molienda debe conseguir moler al máximo el endospermo, pero dejando la cáscara, lo más entera posible evitando el **"efecto talco" o taponamiento de los filtros**. ⁽¹¹⁾

3.11.6.6 Macerado

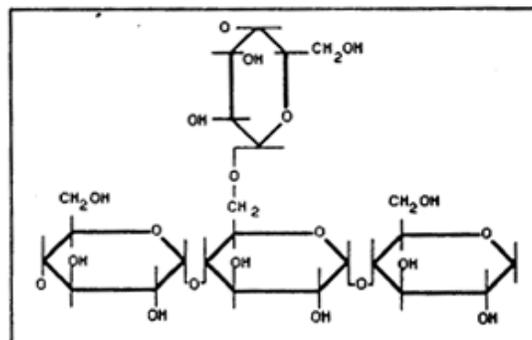
Con esto se consigue hidrolizar el almidón de la malta hasta azúcares más simples y fermentables. El almidón presente en los gránulos está altamente ordenado, haciendo difícil su digestión. El calentamiento de los gránulos rompe el orden molecular, en un proceso conocido como gelatinización. Una vez que las interacciones dentro del almidón se han roto, las moléculas de almidón son susceptibles a la hidrólisis enzimática. En la elaboración de cerveza, el proceso de macerado implica calentamiento con el propósito de conseguir la gelatinización y posterior hidrólisis enzimática de tal forma que se obtengan azúcares fermentables.

El almidón de la cebada se presenta en dos formas moleculares: amilosa (Figura 11), formada por largas cadenas lineales de unidades de glucosa, y amilopectina (Figura 12), compuesta de cadenas más cortas de unidades de glucosa unidas mediante cadenas laterales.



AMILOSA

Figura 11. Moléculas de Glucosa Unidas por enlaces α 1-4 de la cadena de amilosa.



AMILOPECTINA

Figura 12. Moléculas de Glucosa Unidas por enlaces α 1-4 y α 1-6 de la cadena de amilopectina.

La hidrólisis enzimática de la amilosa es llevada a cabo primero por la β – amilasa cortando por el extremo no reductor dando como producto maltosa, después la α – amilasa hidroliza por el extremo no reductor dejando como producto glucosa. (Figura 13)

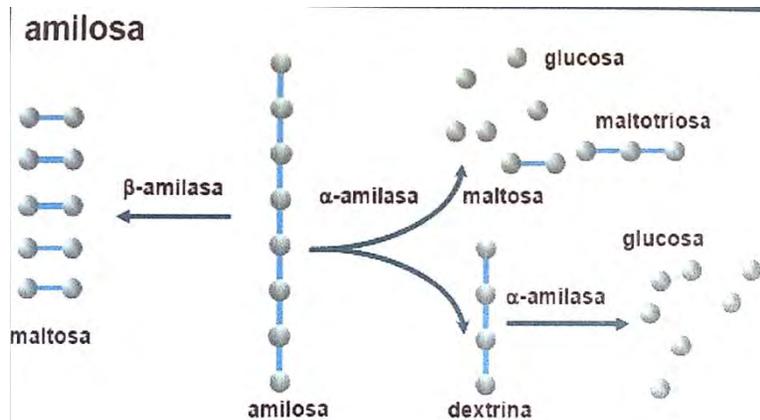


Figura 13. Degradación enzimática de amilosa.

La hidrólisis de la amilopectina es muy similar. La β -amilasa hidroliza el extremo no reductor dando como productos maltosa y dextrinas límite. La α -amilasa corta en los enlaces α 1,4 y α 1,6 y algunas veces en α -1,3. La hidrólisis enzimática de la amilopectina genera como producto una mayor concentración de dextrinas y esto se ve reflejado en mostos con mayor viscosidad o “mayor cuerpo”. (Figura 14) ⁽¹¹⁾

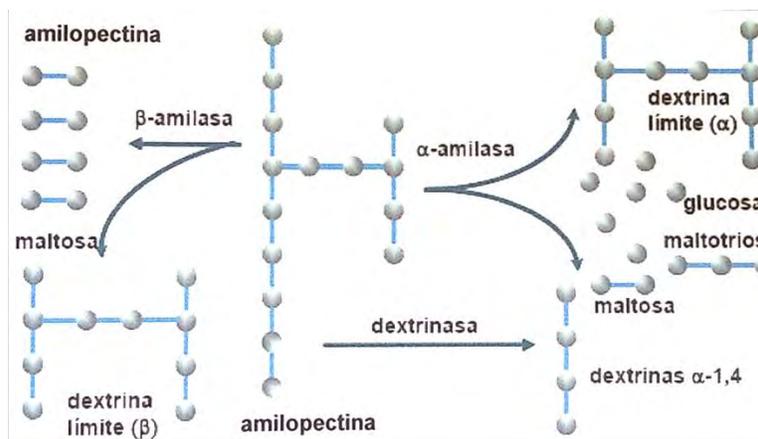


Figura 14. Degradación enzimática de amilopectina.

3.11.6.7 Filtración de Mosto

La recuperación del mosto de los granos residuales es quizás la parte en la elaboración de cerveza que tradicionalmente requería más destreza.

No solamente se pretende producir mosto con la máxima cantidad posible de extracto, sino que muchos cerveceros prefieren que el mosto no contenga demasiadas partículas insolubles que puedan crear dificultades posteriormente. Todo esto debe realizarse en un tiempo determinado ya que el tanque de macerado debe vaciarse y prepararse para el siguiente proceso.

El tamaño de partículas en el bagazo de granos depende de ciertos factores como el tamaño de partícula de la molienda original y hasta qué punto la cáscara se ha mantenido íntegra durante la molienda. Durante el macerado se forma un complejo de algunas macromoléculas que incluyen proteínas, lípidos y polisacáridos de pared celular. Aunque ésta capa tiene una distribución muy fina el tamaño de las partículas también depende de la temperatura durante la separación del mosto. Las temperaturas en las que se realiza esta separación (alrededor de 78°C) se da una aglomeración de las partículas más finas formando partículas mayores y el mosto puede fluir más rápidamente.

3.11.6.8 Hervido del Mosto ⁽¹¹⁾

El mosto dulce se pasa a tanques de acero inoxidable donde se le adiciona lúpulo y se somete a ebullición durante 30-90 minutos a presión atmosférica. Los objetivos de esta operación son:

- Inactivar las enzimas para detener la conversión excesiva del mosto y cerveza.
- Extraer las resinas y aceites esenciales del lúpulo.
- Coagular proteínas y favorecer las reacciones entre taninos y proteínas para la formación de compuestos insolubles que precipitan clarificando así el producto.
- Pasteurizar el mosto para disminuir la carga microbiana indeseable que pueda competir con la levadura durante la fermentación.

- Promover reacciones de caramelización, de **Maillard** y de oxidación de compuestos fenólicos para la formación de melanoidinas que contribuyen al color y sabor de la cerveza.
- Volatilizar y remover compuestos que confieren aromas indeseables.
- Disminuir el pH por precipitación de fosfato de calcio y otros iones.
- Eliminar agua (aproximadamente un 10% del volumen) para concentrar el mosto.

Al final de la operación se obtiene el mosto lupulado/ aromatizado y colateralmente como subproducto el lúpulo agotado. Este último junto con los precipitados que se obtienen del mosto se separan mediante tanques cónicos donde precipitan y por centrifugación. El mosto lupulado/ aromatizado se enfría a temperaturas entre 6 y 15°C lo cual provoca la precipitación de proteínas y taninos insolubles en partículas más finas que se separan por filtración o centrifugación. El mosto lupulado normalmente se oxigena mediante la inyección de aire estéril a la salida del enfriador, aunque algunos diseños de enfriadores permiten el enfriamiento y aireación simultáneos. El mosto lupulado, clarificado, frío y aireado se pasa al fermentador.

3.11.6.9 Fermentación

Este proceso se inicia con la inoculación del mosto lupulado con un cultivo de levaduras. Aunque existen procesos donde no se utilizan inóculos seleccionados, la mayoría de los procesos se efectúa con cepas aisladas y relativamente puras propagadas en la cervecería. Las levaduras se propagan iniciándose con pequeños volúmenes en 2 ó 3 pasos de laboratorio y de ahí se pasan a fermentadores de pequeña escala llamados propagadores, en los cuales se utiliza mosto estéril y se cultiva en condiciones aeróbicas.

La aireación del mosto lupulado antes de la fermentación es importante para que la levadura pueda desarrollarse y reutilizarse. Sin embargo, el oxígeno se encuentra en cantidades muy bajas por lo que es inevitable que la levadura pierda finalmente su capacidad de propagarse y que el ciclo tenga que iniciarse a partir de levadura propagada aeróbicamente.

Las fermentaciones se inician generalmente a temperaturas entre 7 a 11°C en cervezas *Lager* (*cepas de Saccharomyces pastorianus*) la cual se incrementa a 10-15°C en un tiempo de 3 a 5 días para finalmente descender a las temperaturas iniciales. El tiempo total de la fermentación se lleva a cabo entre 8 y 10 días. Para fermentaciones Ale (*Saccharomyces cerevisiae*) la temperatura inicial es de 15-16°C se incrementa hasta 21-22°C a las 36 horas y finalmente desciende a los valores iniciales; la duración del proceso es de 72 horas.

Los principales azúcares fermentables en el mosto son la maltosa y la malto triosa, generados durante el proceso de sacarificación. En menores proporciones se encuentran sacarosa y fructosa, componentes naturales de la cebada y la glucosa, proveniente de la cebada y generadas durante el proceso de sacarificación. Otros oligosacáridos presentes en el mosto generados por las amilasas son la maltotriosa, isomaltosa, panosa e isopanosa, los cuales pueden ser fermentados sólo por algunas cepas de cervecera. (Tabla 12)

Tabla 12. Composición del Mosto.

| Componente | % |
|---|----------|
| Glucosa | 4-8 |
| Maltosa | 43-46 |
| Maltotriosa | 10-13 |
| Otros oligosacáridos y dextrinas | 22-25 |
| Sacarosa | 1-3 |
| Fructosa | 1-2 |
| Aminoácidos libres | 1-1.5 |
| Péptidos y proteínas | 1.5-3 |

La levadura durante la fermentación crece con un incremento de biomasa de 2 a 3 veces. Los nutrientes limitantes para el crecimiento son el oxígeno y la fuente de nitrógeno, aunque algunos aminoácidos y péptidos estimulan su crecimiento. Durante el crecimiento se sintetizan enzimas que permiten a la levadura utilizar una amplia variedad de constituyentes del mosto. Por ejemplo, en la fase de latencia, se sintetiza una permeasa de maltosa y se produce simultáneamente una maltasa (glucosidasa) que permite que la maltosa sea hidrolizada a glucosa. En gran medida las diferencias entre cervezas *Ale* y *Lager* se deben a los perfiles de temperatura. Mientras más alta, más rápida la fermentación, pero se obtienen mayores contenidos de aceite de *Fusel* y ésteres.

3.11.6.10 Maduración

Este proceso se realiza a temperaturas entre 0 – 6°C por periodos de 3-4 días a 4 semanas, aunque algunas cervezas se maduran por 3-4 meses. Tiene como objetivos:

- Permitir la precipitación lenta de proteínas y complejos proteína taninos, así como levadura residual confiriendo estabilidad a la claridad de la cerveza.
- Permitir reacciones de maduración del sabor, que hasta este momento son muy poco entendidas, aunque han sido reportados moderados incrementos en la concentración de algunos congenéricos, reacciones de esterificación y reducción de potencial *redox*.

En algunos procesos, durante la maduración se efectúa una fermentación alcohólica secundaria, que es una prolongación de la fermentación principal. En esta fermentación en ocasiones incluso la adiciona azúcares y tiene como principal objetivo lograr la carbonatación de la cerveza. Algunos aditivos utilizados en esta etapa pueden ser: extractos isomerizados de lúpulo, conservadores bacteriostáticos, alginatos u otras gomas para mejorar la estabilidad de la espuma. ⁽¹⁾

4 Objetivo

4.1 Objetivo General

- Estudiar la incorporación de miel de abeja como adjunto para la elaboración de cerveza artesanal.

4.2 Objetivos Particulares

- Conocer en qué cantidad se incrementa el grado alcohólico del producto terminado debido a la incorporación de la miel.
- Conocer si la adición de miel de abeja realza los nutrientes del producto terminado y en qué medida.

5 Metodología

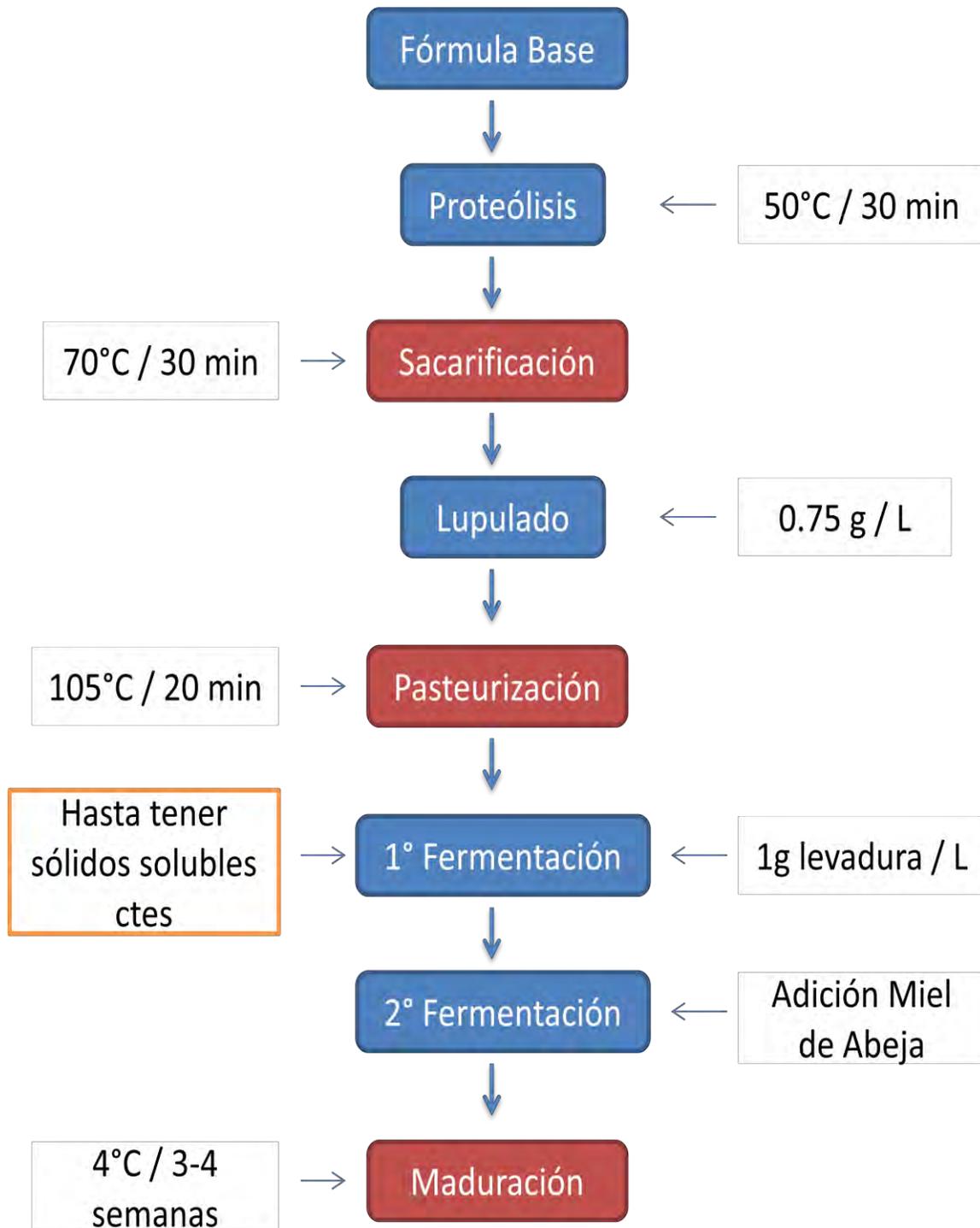


Figura 15. Diagrama General de Trabajo para Elaboración de Cerveza.

5.1 Preparación de Fórmula Base

Se utilizó malta blanca o base sometida a una molienda mediana en una relación 1:5 o 20% de grano con agua purificada. Al agua utilizada se le ajustó pH=5-6 con ácido fosfórico con la intención de mejorar la vía glucolítica de la levadura. ⁽¹⁾⁽³²⁾

5.2 Proteólisis

Se realizó a 50° C durante 30 minutos con la intención de que las proteínas provenientes del grano se fraccionaran en unidades más pequeñas ayudando a estabilizar la espuma del producto final. ⁽¹⁾⁽¹¹⁾⁽³²⁾

5.3 Sacarificación

Se seleccionó lo que se conoce como sacarificación simple. Dicha selección se hizo con el fin de lograr un producto final con mayor cuerpo lo cual se debe a la hidrólisis parcial del almidón. ⁽³²⁾ Al término de proteólisis se incrementó la temperatura hasta 80°C de nuestra mezcla, evitando que cambie la temperatura de igual manera que en el paso anterior y se mantiene agitación por 30 minutos. Al término de esta etapa se filtraron los sólidos y se conservó el mosto preparado. Se consideró como punto crítico ya que el exceso de calor llevaría a inhibir la actividad enzimática y llevaría a formar un producto de baja calidad. ⁽¹⁾⁽³²⁾

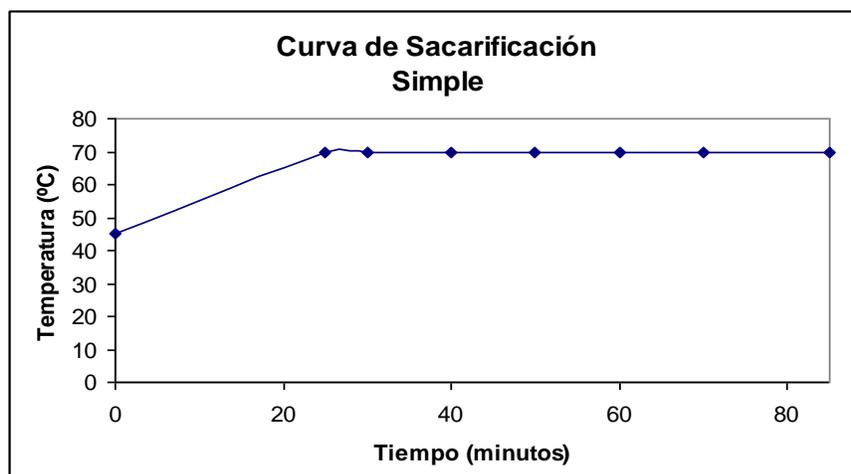


Figura 16. Curva de Sacarificación.

5.4 Pasteurización y Lupulado

Se llevaron a cabo de forma simultánea, adicionando el lúpulo (flor, extracto, *pellet*) y se llevó a la temperatura indicada en un recipiente cerrado para evitar gran pérdida del mosto. Transcurrido el tiempo, se dejó enfriar a temperatura ambiente. Esta operación se realizó con el fin de lograr una infusión de lúpulo en el mosto y de esta manera activar el efecto antimicrobiano debido a las resinas del lúpulo, ⁽¹¹⁾ así como por la acción de la alta temperatura, de tal forma que no existan patógenos en el mosto.

5.5 1° Fermentación

Se agregó 1g levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) previamente hidratada por L al mosto (1×10^7 células/mL). Se midieron con un refractómetro de campo los sólidos solubles del mosto al inicio de la fermentación y después por periodos de 12 horas hasta tener un nivel constante. Al observar descenso en los sólidos solubles, esto nos indicó que la levadura comienza a actuar sobre los carbohidratos fermentables del medio y con esto, la formación de etanol, al tener nivel constante de sólidos se entiende que la levadura terminó de actuar y por tanto la fermentación finalizó.

5.6 2° Fermentación

Se adicionó miel de abeja disolviéndola en 100 – 150 mL de cerveza en diferente proporción por lote (1, 2.5, 5, 7.5% v/v. Se envasa el producto y se deja reposar. Este proceso se llevó a cabo a 18°C durante 72 horas. Del mismo modo que en la primera fermentación, al agregar una nueva concentración de azúcares al medio provenientes de la miel, la levadura actuó sobre el carbohidrato de igual manera convirtiéndolo en etanol y CO₂ de este modo se logró un incremento del grado alcohólico, comparando con el obtenido en la primer fermentación.

5.7 Maduración

Se llevó a refrigeración por un periodo de 3 a 4 semanas, esto con el fin de que se mejoraran las características sensoriales como sabor, cuerpo, aroma. ⁽¹⁾⁽¹¹⁾⁽³²⁾ Se consideró como punto crítico ya que el dejar madurar por menos tiempo, influye en la calidad del producto debido a que el dióxido de carbono presente, puede no ser totalmente solubilizado. ⁽¹⁾⁽¹¹⁾⁽³²⁾

5.8 Determinación de Sólidos Solubles.

Esta determinación se hizo mediante índice de refracción.

Se tomaron una o dos gotas de mosto a temperatura que se lleva a cabo la fermentación (17-19°C), se colocaron en refractómetro de campo y se hizo la lectura. Como se menciona anteriormente, esta operación se realizó para monitorear el avance de la fermentación.

5.9 Cuantificación de Azúcares Reductores (Método DNS)

Se construyó una curva patrón de maltosa con las siguientes características:

Tabla 13. Preparación de Curva Patrón de Maltosa.

| Vol. Solución Stock | Vol. H2O | [µg/mL] | Vol. Final |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| 1 | 0 | 2000 | 1mL |
| 0.75 | 0.25 | 1500 | 1mL |
| 0.50 | 0.50 | 1000 | 1mL |
| 0.25 | 0.75 | 500 | 1mL |
| 0.1 | 0.9 | 200 | 1mL |

5.9.1 Preparación de Blanco y Muestra

Se tomó 1mL de muestra, agregó 1mL de reactivo DNS(Sosa: J.T. Baker 99.3%pureza; Tartrato de sodio y Potasio tetra hidratado: Mallinckrod

100%pureza; DNS: Aldrich 98%pureza), se calentaron en baño María por 5 minutos. Después se agregaron 8mL de agua destilada. Se ajustó a cero de absorbancia el espectrofotómetro UV-VIS a $\lambda=540$ nm. La concentración de los azúcares reductores fue proporcional a la intensidad de color presente en cada muestra.

5.10 Cuantificación de Etanol.

Esta determinación se realizó mediante Cromatografía de Gases.

5.10.1 Preparación de Estándares

Estándar etanol 1% v/v: Se tomó 1mL de etanol (J.T. Baker 99.9%pureza) con pipeta graduada, se colocó en matraz volumétrico de 100mL y se aforó con agua destilada. De igual forma que el estándar de etanol 1% v/v se prepararon estándares con 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5% v/v.

5.10.2 Preparación de Muestra

- Se tomaron 50 mL de cerveza y agitaron por 5 minutos para eliminar dióxido de carbono.
- Se centrifugó por 10 minutos y se eliminaron sedimentos.
- Se tomó 1mL de muestra centrifugada en un tubo de ensaye con 10 mL de agua destilada y se agitó.

Condiciones de Trabajo en Cromatógrafo

El equipo utilizado fue: Perkin – Elmer Autosystem

La columna utilizada para la determinación fue: Omegawax 250, 30m x 0.25mm, 0.25 μ m film)

| Cromatógrafo | Gases |
|---------------------|---------------------|
| ➤ T horno: 100°C | ➤ Nitrógeno: 80 psi |
| ➤ T inyector: 120°C | ➤ Aire: 40 psi |
| ➤ T detector: 250°C | ➤ Hidrógeno: 30 psi |

- Flujo Gas Acarreador: 7.5 psi

Teniendo lista la curva estándar y muestras de cerveza, se inyectó 1 μ L de las muestras al cromatógrafo de gases. Se calculó el área de los picos, se hizo una gráfica con los datos de la curva estándar e interpolaron los datos obtenidos para las muestras de cerveza y se calculó la concentración de etanol en muestras.

5.11 Cuantificación de Piridoxina (vitamina B6).

Esta determinación se llevó a cabo mediante Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC).

Se construyó una curva patrón de piridoxina con las siguientes características:

Tabla 14. Preparación de Curva Patrón de Piridoxina.

| Vol. Solución Stock | Vol. H2O | [μ g/mL] | Vol. Final |
|------------------------|----------|---------------|------------|
| 10 | 0 | 10 | 10mL |
| 7.5 | 2.5 | 7.5 | 10mL |
| 5.0 | 5.0 | 5 | 10mL |
| 2.5 | 7.5 | 2.5 | 10mL |
| 0 | 10 | 0 | 10mL |

5.11.1 Preparación de Muestra

- Se tomaron 50 mL de cerveza y agitaron por 5 minutos para eliminar dióxido de carbono.
- Se filtraron para eliminar sedimentos.
- Se tomó 1mL de muestra centrifugada en un tubo de ensaye con 10 mL de agua destilada y se agitaron.

- En caso de ser necesario, se hicieron diluciones decimales para que la muestra entre en el rango de la curva.

Condiciones de Trabajo para Cromatografía de Líquidos

El equipo utilizado para la determinación fue: Perkin – Elmer Binary LC Pump 250

- Fase Móvil: K₂HPO₄ 0.03M (Merck 99.5%pureza), Acetonitrilo (Merck 99.8%pureza) (90:10)
- Columna: μ Bondapak C₁₈ 3.9 X 300mm
- Flujo: 0.8 mL/min
- $\lambda = 283\text{nm}$

Teniendo lista la curva estándar y muestras de cerveza. Se calculó el área de los picos, se trazó una gráfica con los datos de la curva estándar e interpolaron los datos obtenidos para las muestras de cerveza y se calculó concentración de vitamina presente en muestras.

5.12 Cuantificación de Aminoácidos

Esta determinación se realizó por el método de Lowry.

Se construyó una curva de albúmina bovina sérica con las siguientes características:

Tabla 15. Curva Patrón de Proteína Soluble.

| Vol. Sol Stock (mL) | Vol H2O (mL) | [$\mu\text{g/mL}$] |
|---------------------|--------------|----------------------|
| 1 | 0 | 1 |
| 0.75 | 0.25 | 0.75 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 0.25 | 0.75 | 0.25 |
| 0.1 | 0.9 | 0.1 |
| 0 | 1 | 0 |

5.12.1 Preparación de Estándares

Se colocó 1 mL de la solución adecuadamente diluida en tubos de ensaye y adicionaron 3 mL del reactivo C (50 mL de carbonato de sodio 2%(J.T. Baker 100%pureza) y Tartrato de Sodio 0.02%(J.T. Baker 99%pureza) en NaOH (J.T. Baker 99.3%pureza) 1M + 2 mL de sulfato de cobre 0.5% (Merck 99% pureza)) Después de 10 min se adicionaron a la mezcla 0.3 mL del reactivo D (1 parte de reactivo de Folin con 1 parte de agua), agitando inmediatamente. Se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 30 min.

5.12.2 Preparación de Muestra

Se trató de igual forma que los estándares. Se determinó la absorbancia del color azul producido a 750 nm contra un blanco preparado de la misma manera con 1 mL de agua en vez de la solución problema.

5.13 Cuantificación de Potasio

Esta determinación se realizó mediante espectroscopia de Absorción Atómica. La cuantificación se realizó con ayuda de una curva patrón del analito con las siguientes características:

Tabla 16. Datos de Curva Patrón de Potasio.

| [K] ppm | Abs | Desv. Std |
|------------|-------|-----------|
| 200 | 0.150 | ± 0.0004 |
| 300 | 0.226 | ± 0.0005 |
| 400 | 0.296 | ± 0.0007 |

Condiciones de Trabajo

Energía de Lámpara: 41 mA

$\lambda = 404$ nm

5.13.1 Preparación de Muestra

Se hicieron diluciones de la muestra de tal forma que su lectura estuviera dentro del rango de la curva patrón. Teniendo las lecturas se calculó la concentración del analito en muestras interpolando el valor obtenido para cada muestra en la ecuación obtenida y considerando las diluciones realizadas.

6 Resultados

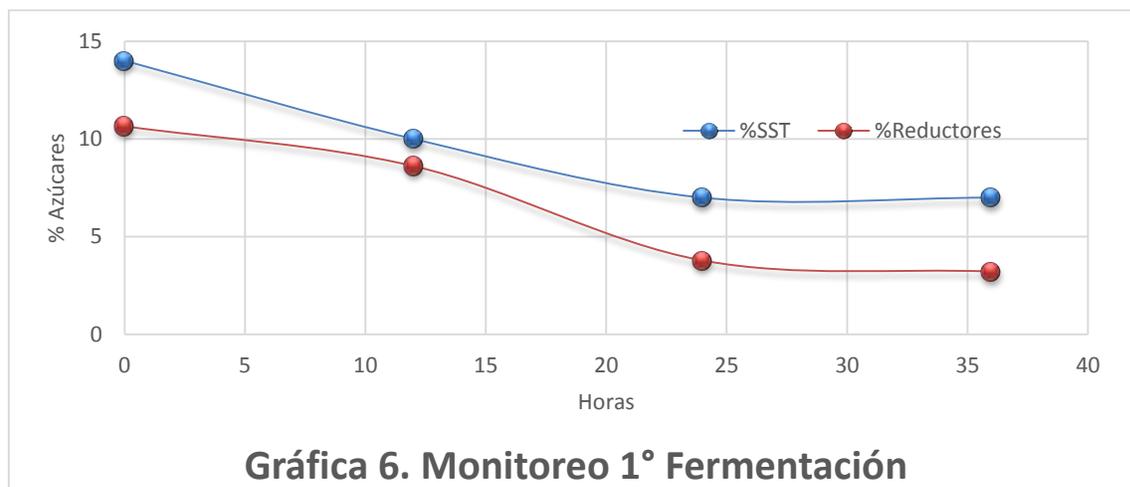
6.1 Cuantificación de Sólidos Solubles y Azúcares Reductores

Tomando como base la curva de calibración o patrón de maltosa (2000-200 µg/mL) (Gráfica 9)

La primera fermentación se monitoreó hasta que cesara la actividad o bien cuando la concentración de sólidos solubles permaneciera constante. (Tabla 17 y Gráfica 6)

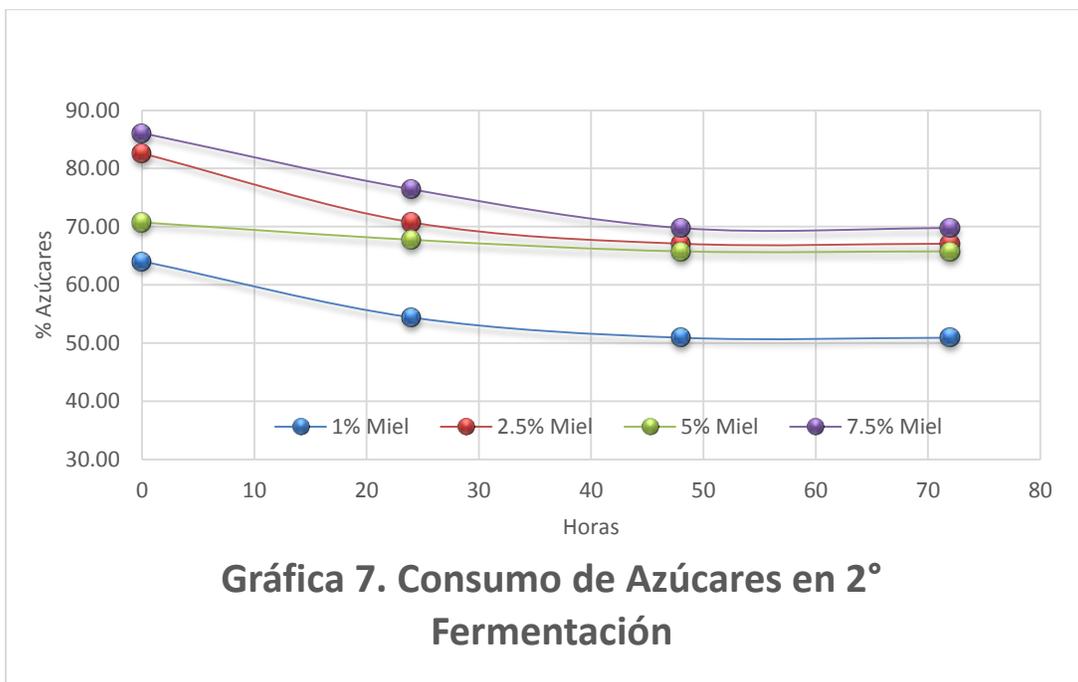
Tabla 17. Datos de monitoreo de 1° Fermentación.

| Muestras | %SST | %Reductores |
|----------|------|-------------|
| t0 | 14 | 10.65 |
| t1 | 10 | 8.61 |
| t2 | 7 | 3.77 |
| t3 | 7 | 3.20 |



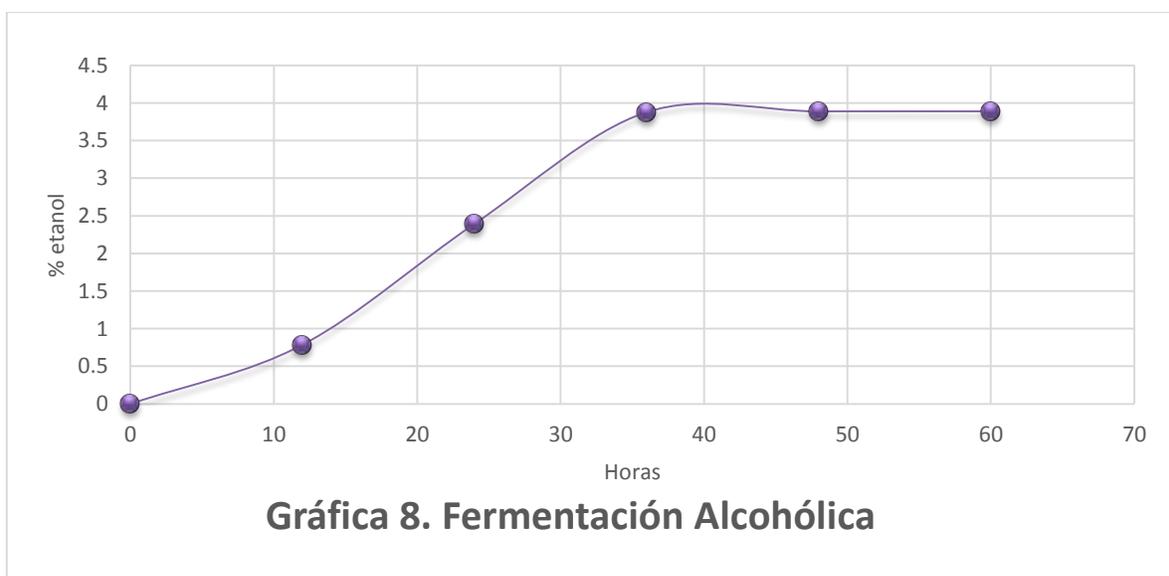
Una vez que se consiguió la primera fermentación, a un volumen conocido de muestra se agregaron las diferentes concentraciones de miel. Se sometieron a una segunda fermentación las muestras y se

siguió el progreso de la fermentación mediante la concentración de sólidos solubles (Gráfica 7)



6.2 Cuantificación de Grado Alcohólico

Como consecuencia del consumo de azúcares en las fermentaciones, la conversión de los mismos en etanol, llevó a lo siguiente:



Teniendo la cerveza “verde” como producto de la primera fermentación, se procedió a la adición de la miel de abeja en las diferentes concentraciones. Se dejó que la levadura actuara sobre la nueva proporción de carbohidratos en una segunda fermentación logrando así un incremento en la concentración de etanol. (Tabla 18)

Tabla 18. Grado Alcohólico Obtenido en Producto Terminado.

| % Miel | % Etanol |
|-------------------|-----------------|
| 1 | 5.76 |
| 2.5 | 6.55 |
| 5 | 9.72 |
| 7.5 | 11.54 |
| 100% Malta | 3.89 |

En la Tabla 19 se muestran los rendimientos de la fermentación considerando los parámetros fisicoquímicos evaluados.

Tabla 19. Rendimiento Obtenido en las Fermentaciones de los diferentes Lotes Producidos.

| Muestra | Etanol Inicial | Etanol Final | Reductores Iniciales | Reductores Finales | Rendimiento |
|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| 100% Malta | 0 | 3.89 | 11.56 | 6.38 | 75.10 |
| 1% Miel | 3.89 | 5.76 | 64.08 | 50.92 | 14.20 |
| 2.5% Miel | 3.89 | 6.55 | 82.58 | 67.08 | 17.16 |
| 5% Miel | 3.89 | 9.72 | 75.75 | 64.75 | 53.00 |
| 7.5% Miel | 3.89 | 11.54 | 86.08 | 69.75 | 46.84 |

Las concentraciones obtenidas para cada caso fueron calculadas con ayuda de una curva de calibración de etanol utilizando butanol como estándar externo. (Gráfica 10)

6.3 Cuantificación de Piridoxina (vitamina B6)

Este compuesto se cuantificó mediante Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución con ayuda de una curva de del analito de interés (piridoxina) (Gráfica 11).

Partiendo de la ecuación de la recta obtenida, tomamos los datos obtenidos para cada muestra, se interpolan en la curva estándar de vitamina B6, se consideran las diluciones hechas y así obtenemos la concentración de vitamina en la muestra. (Tabla 20)

Tabla 20. Concentración de Vitamina B6 en Muestra.

| Muestra | [$\mu\text{g}/\text{mL}$] |
|-----------------|-----------------------------|
| 1% miel | 274.74 |
| 2.5%miel | 406.33 |
| 5%miel | 167.60 |
| 7.5%miel | 175.14 |

6.4 Cuantificación de Aminoácidos.

La fracción aminada de la miel de abeja puede deberse principalmente a proteínas solubles pero principalmente a la presencia de aminoácidos solubles. Por ello se determinó su concentración considerando que mediante la metodología de Lowry es posible medir la concentración de aminoácidos libres. (Gráfica 12)

Debido a que existen en el mercado cervezas nacionales e importadas en cuya etiqueta se declara que contienen miel de abeja, se cuantificó

también la presencia de aminoácidos para poderlas comparar con los productos propuestos.

Tabla 21. Concentración de Proteína Soluble en Producto Terminado y Muestras

| Muestra | [mg/mL] |
|---------------------|----------------|
| 1% Miel | 8.60 |
| 2.5% Miel | 8.70 |
| 5% Miel | 8.88 |
| 7.5% Miel | 9.32 |
| Honey Dew | 5.20 |
| Waggle Dance | 5.16 |
| St. Peters | 10.85 |
| Cucapá | 6.91 |
| Tecate | 4.58 |

6.5 Cuantificación de Potasio.

Debido a que uno de los principales aportes de las formulaciones propuestas es la presencia de potasio, mediante la técnica de Absorción Atómica se pudo cuantificar la concentración de éste elemento tanto de los desarrollos propuestos como de las bebidas comerciales. (Gráfica 13 y Tabla 22)

Tabla 22. Concentración de Potasio en Muestra.

| Muestra | ppm | mg/100 mL |
|---------------------|------------|------------------|
| Cucapá | 313 | 31.3 |
| Honey Dew | 614 | 61.4 |
| Waggle Dance | 332 | 33.2 |
| St. Peters | 634 | 63.4 |
| 1% Miel | 768 | 76.8 |
| 2.5% Miel | 728 | 72.8 |
| 5% Miel | 716 | 71.6 |
| 7.5% Miel | 708 | 70.8 |
| 100% Malta | 656 | 65.6 |

7 Análisis de Resultados

7.1 Cuantificación de Sólidos Solubles y Azúcares Reductores

Teniendo el modelo del comportamiento de sólidos solubles totales y carbohidratos reductores expuestos en las gráficas 6 y 7 se puede observar que no se agotan en su totalidad ya que nuestra levadura solo toma los necesarios para nutrirse. Con base en la gráfica correspondiente a la primera fermentación se puede decir que el consumo de carbohidratos por acción de la levadura es del 50% de la cantidad inicial.

Tras las adiciones de miel a la cerveza obtenida de la primera fermentación, se monitoreó el consumo de las cantidades añadidas por la misma acción de la levadura y como se menciona anteriormente, lograr incremento del grado alcohólico en el producto final. En el caso de la segunda fermentación (gráfica 7), el consumo de azúcares disminuye en forma considerable debido a la cantidad de carbohidratos adicionados (miel) al medio, mostrándose que entre más carbohidratos fueron añadidos al medio, mayor fue su conversión a etanol.

7.2 Cuantificación de Grado Alcohólico

Con base en el monitoreo de conversión de azúcares a etanol a lo largo de la primera fermentación, se presentó prácticamente el mismo comportamiento para los diferentes lotes a los que se adicionaría miel de abeja, pues la base del producto fue un mosto elaborado 100% de malta.

Como se observa en la gráfica 8, tenemos la acción de la levadura desde el momento de su adición al mosto, donde la concentración de azúcares es el 100% y por tanto la de etanol es 0%. La acción de la levadura fue monitoreada cada 12 horas, la formación de alcohol fue aumentando gradualmente hasta llegar a un valor constante, (3.9% etanol) el cual se

logró al llegar a las 60 horas de fermentación del mosto, lo cual nos dice que la levadura terminó de alimentarse haciendo la conversión de carbohidratos fermentables y por tanto, el fin de la fermentación.

Para el caso de la segunda fermentación, donde se consiguió incrementar el grado alcohólico del producto tras la adición de miel por la conversión de los azúcares presentes en ella. Se puede ver en la gráfica 9 el consumo de las nuevas concentraciones añadidas por parte de la levadura, lo cual se ve en los resultados expuestos en la tabla 17, los cuales siendo comparados con el grado alcohólico obtenido en la cerveza que solo fue sometida a una fermentación comprueban que la adición de miel logra el incremento que se busca en el producto.

7.3 Cuantificación de Piridoxina (vitamina B6)

En la cerveza de manera natural se encuentra ésta vitamina y también en la miel de abeja lo cual se ve reflejado en el incremento de la concentración de vitamina con las diferentes concentraciones de miel que se añadieron por lote. (Tabla 20)

Un problema que se presentó es que en el lotes adicionados con 1 y 2.5% miel del volumen total del lote, presentan una mayor concentración de vitamina que los lotes adicionados con 5% y 7.5% de miel. Esto puede ser atribuido a que los lotes con mayor cantidad de miel añadida, a pesar de que deberían presentar mayor cantidad de la vitamina, ésta no solubiliza en su totalidad y por tanto su concentración disminuyó. ⁽⁴⁶⁾ A pesar de la pérdida de vitamina por las condiciones mencionadas, se comprueba que al adicionar miel de abeja a la cerveza, la concentración de vitamina B6 aumenta.

7.4 Cuantificación de Aminoácidos

Considerando otro aporte nutricional de la miel, como fuente de tirosina y triptófano (10% presente en miel), con base a lo obtenido se

comprueba la presencia de los aminoácidos y conforme se incrementó la cantidad por lote, sucedió de igual forma con los aminoácidos cuantificados. (Tabla 21)

Teniendo lo anterior, se comparó con muestras comerciales que contienen miel (cantidades no especificadas) y ver que tanto aportó en el producto, viéndose que todas las muestras tienen menor cantidad de aminoácidos, lo cual puede decir que la cantidad de miel que utilizan en dichas muestras es mínima o en su defecto, la añaden al final de la cocción del mosto y; por contraparte la muestra St. Peters estuvo por encima del lote añadido con 7.5% miel del volumen total, lo cual indica que la miel se adicionó en mayores cantidades entre las diferentes formulaciones.

Por otro lado, una cerveza comercial **"100% malta"** (Tecate), se obtuvo que el valor de aminoácidos es la mitad aproximadamente comparando con el lote adicionado con cantidad mínima de miel (1% del volumen total) con lo cual se comprueba que se enriquece el producto al adicionar miel.

7.5 Cuantificación de Potasio

Para esta determinación se contempló la presencia de potasio en las formulaciones desarrolladas, lo cual enriqueció el producto y con base a los resultados obtenidos (Tabla 22) se puede corroborar al comparar los lotes producidos contra muestra 100% malta. La tendencia que presentaron los lotes formulados es una mayor concentración en el lote con 1% de miel añadida, lote donde se presentó la máxima concentración de potasio respecto al 100% malta. Conforme se incrementó la miel por lote, la concentración disminuyó. Lo anterior se debió a que la levadura consumió los carbohidratos de la miel así como las trazas de potasio presentes en la misma para alimentarse y por ende

se reflejó en el producto lográndose mayor concentración de etanol y disminución concentración de potasio o en su defecto, el potasio solubilizó en menor proporción respecto a la cantidad de miel añadida.

Por otro lado, comparando la cerveza producida con las muestras comerciales que contienen miel, las muestras comerciales mostraron valores por debajo de la cerveza 100% malta (Tabla 22) así como de las elaboradas en el proyecto. Teniendo esto, no se puede decir en qué momento adicionan la miel ni una concentración aproximada.

8 Conclusiones

Se incorporó miel de abeja en la elaboración de cerveza como adjunto de forma satisfactoria para lograr una cerveza artesanal.

La adición de miel de abeja en una segunda fermentación logró un incremento del grado alcohólico del producto final de forma considerable.

Al final del proceso de elaboración de cerveza; la concentración de carbohidratos que permaneció intacta en el medio, como dextrinas, trazas de almidón, maltotriosa, maltosa y hasta glucosa fueron responsables de algunas características del producto tales como: apariencia, cuerpo, frescura, sequedad, dulzor y aroma

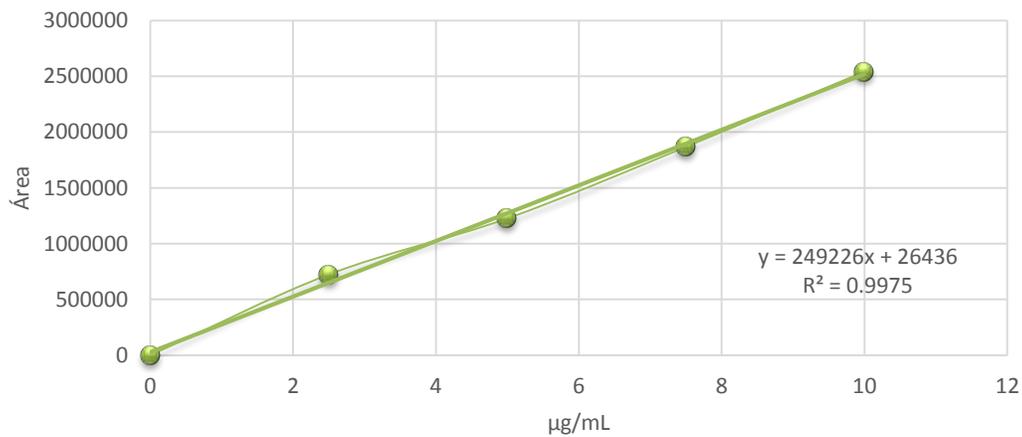
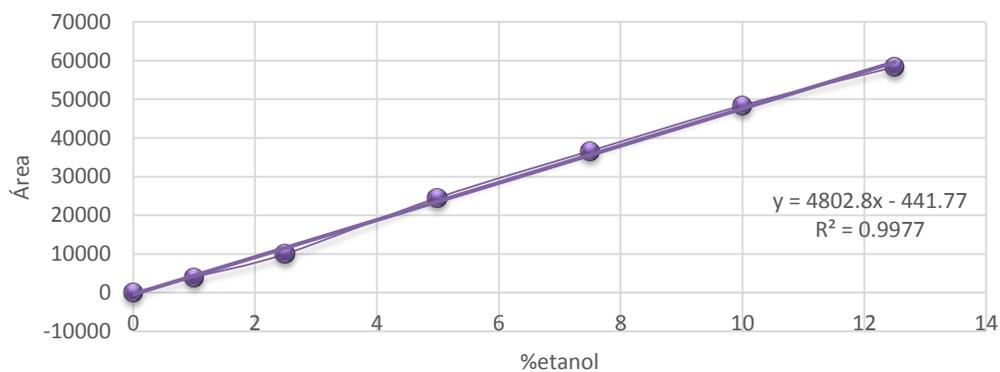
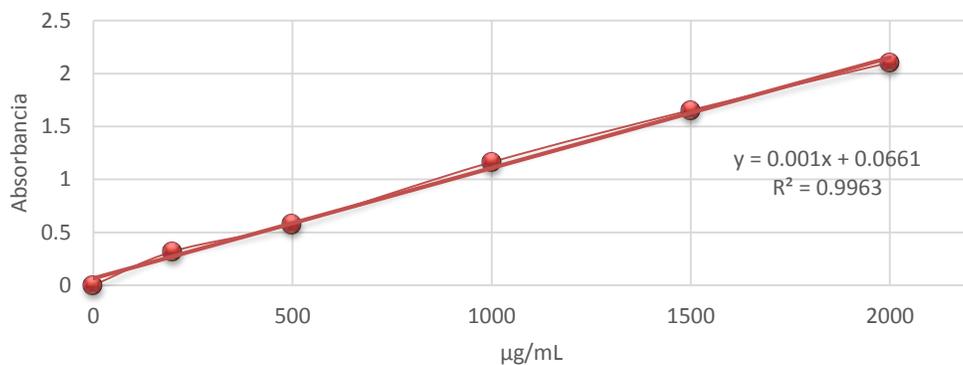
El producto final fue enriquecido nutrimentalmente en cuanto a vitamina B6, potasio, aminoácidos; aspectos que pueden ser de ayuda para el organismo.

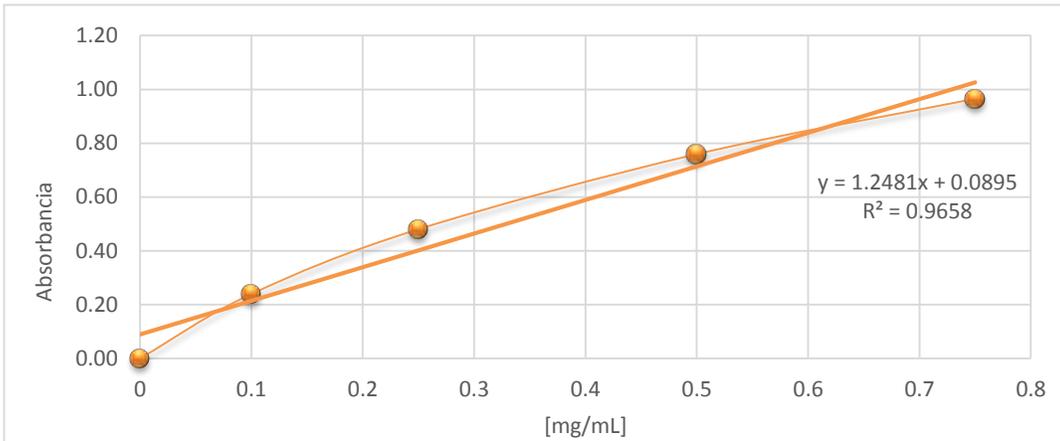
La proporción de adición de miel no es directamente proporcional al grado de enriquecimiento del producto terminado.

Con base a los parámetros determinados, las formulaciones desarrolladas presentaron mayores valores respecto a las muestras comerciales, lo cual demostró que podrían competir de buena forma a nivel comercial en cuanto al grado alcohólico y potasio.

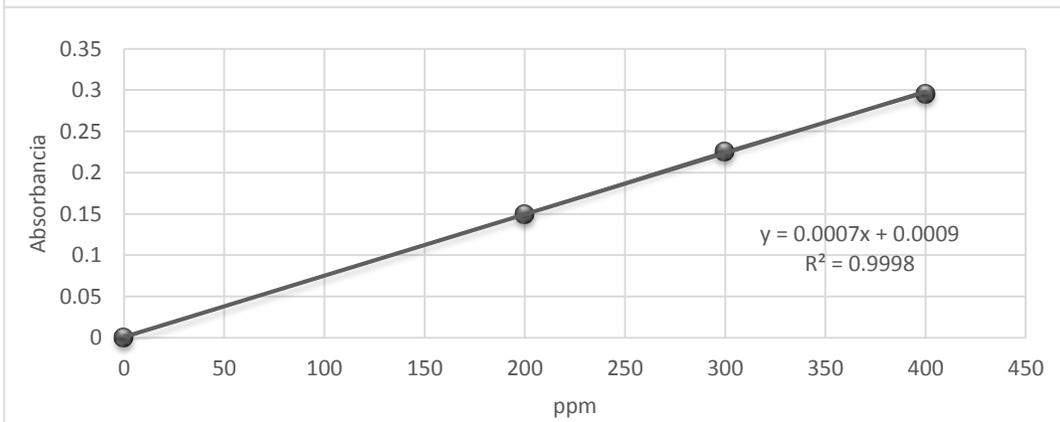
La miel de abeja es una buena alternativa como adjunto cervecero, sin embargo, no es un alimento exento de provocar alergias. Por tanto personas que sufran de alergias de hipersensibilidad inmediata, así como aquellos que sufran de diabetes no deben consumir el alimento, y en este caso, tampoco el producto adicionado con miel.

9 Anexo Gráficas





Gráfica 12. Curva Std de Proteína Soluble



Gráfica 13. Curva Std Potasio

10 Fundamentos de Metodologías Empleadas

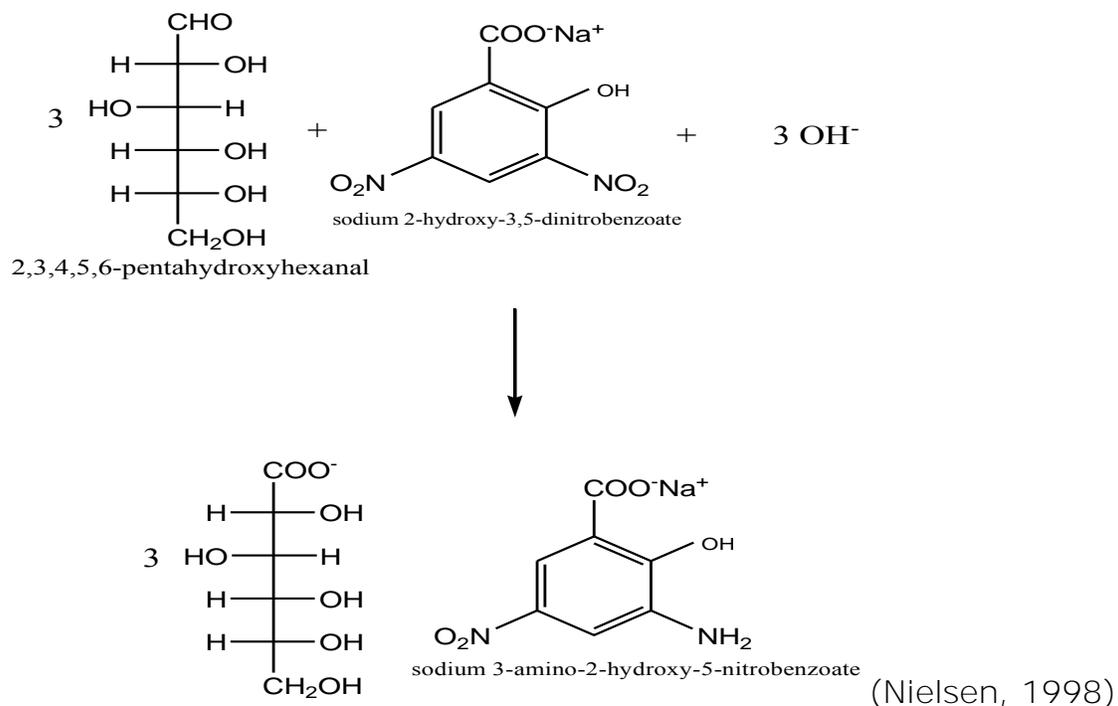
10.1 Índice de Refracción (Sólidos Solubles Totales)

Cuando la radiación electromagnética pasa de un medio a otro, cambia de dirección, se dobla o se refracta. La relación entre el ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción se llama Índice de Refracción (RI). El IR varía con la naturaleza del compuesto, la temperatura, la longitud de onda de la luz y la concentración del compuesto. Si las tres primeras variables se hacen constantes la concentración del compuesto se puede determinar midiendo el IR, de tal forma que el IR se utiliza para determinar sólidos totales en disolución. (Nielsen, 1998)

10.2 Método DNS (Azúcares Reductores)

En disolución alcalina el azúcar produce un compuesto que se reduce a un grupo nitro del DNS, para dar el producto mono amino correspondiente. Esta reacción da un producto colorido en solución alcalina. El original procedimiento de Dahlquist ha sido modificado en un proceso automatizado para análisis de azúcares totales producidos por la hidrólisis de polisacáridos que no contengan almidón. Para este se requiere tener estándares similares a la muestra. (Southgate, 1991)

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



10.3 Cromatografía de Gases

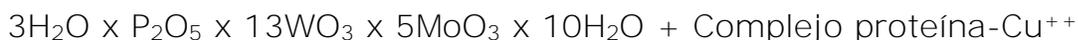
Esta técnica se denomina método de separación físico donde los componentes a separar se distribuyen a lo largo de 2 fases, una estacionaria y otra móvil (dirección definida), normalmente la fase estacionaria es una columna. ⁽³⁵⁾ Conforme cada componente sale de la columna, entra en la celda del detector. ⁽³⁶⁾ En este caso un detector de ionización de flama, el cual es muy sensible. Funciona recogiendo los iones formados en un par de electrodos con carga opuesta. La respuesta obtenida depende del número de átomos de carbono en la muestra y del estado de oxidación del carbono. Los átomos que están completamente oxidados no se ionizan. Debido a su sensibilidad, permite la medición de componentes en el orden de concentraciones de partes por millón. ⁽³⁵⁾

10.4 Cromatografía de Líquidos

Mediante esta técnica se logra una separación en mezclas complejas. A medida que cada componente eluye de la columna cada analito es detectado, se mide la absorción y la información obtenida es procesada mediante un programa especializado, el cual nos traduce la señal obtenida en un cromatograma y a su vez en cifras para así poder ser analizado ⁽³⁶⁾.

10.5 Método de Lowry

Este método se basa en la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu que es una mezcla de ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico por la oxidación de tirosina, triptófano, cisteína, cistina de las cadenas polipeptídicas. El proceso de óxido - reducción se acompaña de la formación de un color azul característico. Quelatos de cobre en la estructura del péptido facilitan la transferencia de electrones de los grupos funcionales amino al cromógeno ácido. Este método es útil para determinar pequeñas cantidades de proteína soluble y aminoácidos libres. (Nollet, 1996)



Especies reducidas de coloración azul

10.6 Espectroscopía de Absorción Atómica

Esta técnica se basa en la generación de átomos mediante una flama o un plasma (gas muy caliente formado por iones y electrones libres). La cantidad de un elemento que hay en esa muestra se determina por la absorción o emisión de la radiación visible o ultravioleta de sus átomos en estado gaseoso. ⁽³⁷⁾

11 Bibliografía

1. López Agustín, García Garibay Mariano, Biotecnología Alimentaria, Limusa, México, 2002.
2. <http://es.scribd.com/doc/60067710/NMX-F-036-1997-NORMEX>
3. Pengfei Jin, Lufeng Xia, Zheng Li, Ning Che, Ding Zou, Xin Hu., Rapid determination of thiamine, riboflavin, niacinamide, pantothenic acid, pyridoxine, folic acid and ascorbic acid in Vitamins with Minerals Tablets by high-performance liquid chromatography with diode array detector., Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis., Volumen 70, November 2012., Págs. 151–157.
4. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sanluispotosi/boletines/Paginas/BOL271011.aspx>
5. NMX-F-036-1997-NORMEX. Alimentos. Miel. Especificaciones y Métodos de Prueba.
6. NMX-F-036-1981. . Dirección General de Normas. Miel de Abeja. Especificaciones.
7. Hough, Biotecnología de la Malta y la Cerveza, Acribia, España, 1990.
8. NMX-FF-043-SCFI-2003. Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano. Cereal. Cebada Maltera (*Hordeum vulgare L.* y *Hordeum districhum L.*) Especificaciones y Métodos de Prueba.
9. Dufour Jean- Pierre, Zapata Sergio., Ascorbic, Dehydroascorbic and Isoascorbic Acid Simultaneous Determinations by Reverse Phase Ion Interaction HPLC., Journal of Food Science., Volumen 57, No. 2, 1992. Págs 506-511.
10. Moreno P., Salvadó V., Determination of eight water and fat soluble vitamins in multi-vitamin pharmaceutical formulations by

- high performance liquid chromatography., Journal of Chromatography A, 870, 2000. Págs 207-215.
11. Bamforth Charles W., Alimentos, fermentación y microorganismos., Acribia, España, 2007. Págs 43-95.
 12. Norma Oficial Mexicana NOM-145-SCFI-2001. Información Comercial, Etiquetado de Miel en sus Diferentes Presentaciones.
 13. Standage Tom, La Historia del Mundo en Seis Tragos, Debate, España, 2006.
 14. J. Lewis M. y W. Young T. Brewing. Gaithersburg, Maryland. Aspen Publishers, Inc.2001.
 15. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S03.htm>
 16. <http://www.gmodelo.mx/historia.jsp>
 17. Ojeda Ballesteros Pablo, Efecto de Dos Temperaturas sobre la Producción de Congenéricos de Importancia en la Fermentación Alcohólica en la Elaboración de Cerveza Lager, UNAM, México, 2012.
 18. Ramos Cuevas Isaac Ismael, Recopilación Bibliográfica para el Estudio del Proceso General de Elaboración de Cerveza, UNAM, México, 2006.
 19. <http://www.canicerm.org.mx/>
 20. Ibañez Baltazar Ana Tania, Determinación de Compuestos Congenéricos en Cerveza Elaborada a partir de Mostos de Malta de Alta Gravedad, UNAM, México, 2013.
 21. http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_01/miel.pdf
 22. <http://beerdepot.com.mx/?p=942>
 23. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe someterse el Agua para su Potabilización.
 24. Hansson, A. Ein Messgerat für die Konsistenzbestimmung des Honigs. Z. Bienenforsch. 1966

25. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaMiel\(Ene11\)vf.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaMiel(Ene11)vf.pdf)
26. <http://www.canicerm.org.mx/consumonal.html>
27. <http://thebeerdaily.com/tag/produccion-mundial-de-cerveza/>
28. Diario Oficial de la Federación, México, 1988.
29. González Vargas María de Lourdes, Determinación de Condiciones para Malteo y Análisis de la Cebada Esmeralda de los Estados de Hidalgo y Puebla, UNAM, México, 2009.
30. <http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/maltas.htm>
31. <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=350>
32. García Garibay Mariano, Apuntes Malta y Cerveza.
33. González Pérez Pavel, Proceso para la Obtención de una Bebida Alcohólica Utilizando Camote (*Ipomoea batatas* (L)) como Fuente de Carbohidratos, UNAM, México, 2012.
34. González Vargas María de Lourdes, Determinación y Cuantificación de Congenéricos en Cerveza Variando el Tipo de Levadura, UNAM, México, 2009.
35. Christian Gary D., Analytical Chemistry, Wiley International, Estados Unidos, 2004.
36. Schenk George H., Química Analítica Cuantitativa, Compañía Editorial Continental, México.
37. Harris Daniel C., Análisis Químico Cuantitativo, Reverté, Barcelona, 2001.
38. CODEX STAN 12-1981, Norma del Codex Alimentarius para la Miel.
(1-4)

39. Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1-1995. Bienes y Servicios. Bebidas Alcohólicas. Especificaciones Sanitarias. Etiquetado Sanitario Y Comercial.
40. Code of Federal Regulations, Título 27 - Alcohol, Productos de Tabaco y Armas de Fuego-, Capítulo I - Alcohol y Tabaco, Impuestos y Comercio. Oficina del Departamento de Hacienda, Subcapítulo A - Alcohol, Parte 7 - Etiquetado y Publicidad de Bebidas de Malta, Estados Unidos.
41. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación. Coordinación General de Ganadería. Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. México, 2012.
42. Official Journal of the European Union. Commission Regulation (EC) No 1967/2005 of 1 December 2005 concerning the classification of certain goods in the Combined Nomenclature.
43. Estándares para Clasificar Miel, Departamento de Agricultura. Estados Unidos, 1985.
44. Ríos Corripio María Antonieta, Quimiometría en Miel de Abeja para la Determinación de Azúcares y Detección de Adulteración Utilizando Espectroscopía Infrarroja, IPN, México, 2010.
45. Taylor Steve L., Hefle Susan L., Food Allergies and Other Food Sensitivities, Institute of Food Technologists, Estados Unidos, 2001.
46. Merck & Co., Inc, Encyclopedia of Chemicals and Drugs, USA, 1976.