



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

**“Elaboración de una cerveza artesanal utilizando como
adjunto camote morado (*Ipomoea batatas*)”**

AMPLIACIÓN Y PROFUNDIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

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

**PRESENTA:
MUÑOZ GONZÁLEZ LUIS GERARDO**

**ASESOR
AGUSTÍN REYO HERRERA**



Ciudad Universitaria, CD. MX. 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Índice

Resumen	4
Introducción	5
1 Antecedentes	9
1.1 Industria Cervecera Nacional e Internacional	9
1.2 Cerveza artesanal en México	12
1.3 Proceso general de elaboración de cerveza.	13
1.3.1 Malteo	14
1.3.2 Molienda de la malta	15
1.3.2.1 Molienda seca	16
1.3.2.2 Molienda húmeda	16
1.3.3 Maceración	17
1.3.4 Filtración del mosto	21
1.3.5 Cocción	22
1.3.5 Separación de precipitados	24
1.3.6 Enfriamiento y aireación de mosto	25
1.3.7 Fermentación	25
1.3.8 Maduración	30
1.3.9 Filtración	30
1.3.10 Envasado	31
1.4 Materias primas	31
1.4.1 Agua	31
1.4.2 Cebada	32
1.4.3 Lúpulo	35
1.4.4 Levadura	36
1.4.5 Adjuntos cerveceros	38
Objetivo general	39
2 Variedades y producción de camotes en México	39
2.1 Historia	39
2.2 Camote Morado (<i>Ipomoea batatas</i>)	40
2.3 Valor nutricional	42
3 Procedimiento para la elaboración de la cerveza con camote morado (<i>Ipomea batatas</i>)	43

Procedimiento general	43
Recepción de materia prima	44
Molienda de malta y camote	44
Cocción de adjuntos	45
Maceración	45
Filtración del mosto	46
Cocción/lupulado	47
Fermentación	48
Maduración	49
Envasado	49
4. Control de calidad	50
4.1 Color	50
4.1.1 Determinación de color	50
4.2 Grados de alcohol	51
4.2.1 Determinación de grados de alcohol	52
4.3 pH	54
4.4 Turbidez	56
4.5 Densidad	57
4.5.1 Determinación de densidad	58
4.6 Amargor	58
4.6.1 Determinación del amargor	59
4.7 Antocianinas:	60
4.7.1 Cuantificación de antocianinas	61
Resultados	62
Análisis del producto final	63
Estudio de mercado	66
Estructura de un negocio	66
El efecto de la pandemia en el consumo de cerveza	67
Análisis FODA de ideas	67
Conclusiones	68
Bibliografía	69
Anexo	75

Resumen

La cerveza artesanal ha promovido grandes expectativas de desarrollo para quien la produce y como producto diferenciado para quien lo demanda, regidos por criterios de calidad, inocuidad, conveniencia y nutrición. Se puede considerar, que el consumidor de cerveza artesanal es más exigente ya que busca las bondades, creatividad de estilos e innovación del producto.

En la elaboración de cerveza, el uso de adjuntos representa entre otros beneficios reducir los costos de producción. Para seleccionar un adjunto amilaseo y obtener azúcares fermentables resulta necesario pre-cocerlo a una temperatura para que el almidón que contenga pueda ser desdoblado. Otro aspecto para considerar es el contenido de proteína y lípidos en el adjunto ya que un exceso puede generar congénicos, una turbidez y cualidades en el producto final no deseado.

El camote morado (***Ipomoea batatas***), es uno de los cultivos tradicionales con cualidades nutricionales, relevancia económica, crece con pocos requerimientos e insumos, presenta tolerancia al calor y es de fácil propagación.

Debido a su contenido de almidón, se puede emplear en la elaboración de bebidas fermentadas, entre ellas la cerveza. Además, contiene vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como fenoles, antocianinas, carotenoides, ácido ascórbico y tocoferol, compuestos susceptibles de incorporarse al producto final.

Introducción

La cerveza, es una bebida alcohólica producida por la fermentación de cereales malteados, principalmente cebada pero también centeno, trigo y mijo, conocida desde la antigüedad. Fue un elemento importante en la dieta del Egipto de los faraones, y se mencionan diversos tipos de cerveza en los textos sumerios.



Figura 1: Elaboración de cerveza por los egipcios. Museo Británico

Los egipcios, alteraron los métodos de elaboración sumerios para crear una infusión más suave y ligera que se pudiera verter en una taza o vaso para su consumo. La cerveza egipcia, por lo tanto, se cita con mayor frecuencia como la 'primera cerveza' en el mundo porque tiene más en común con la cerveza moderna que la mesopotámica.

La cerveza se servía a los invitados en jarras y se vertía en tazones de cerámica de las que los invitados bebían sin el uso de pajitas o coladores. Strudwick señala

que "la calidad de la cerveza dependía tanto de la habilidad del cervecero como del contenido de azúcar: cuanto más azúcar se agregaba a la fermentación, más fuerte era la cerveza". Por ejemplo, la cerveza que se servía en los funerales habría tenido un contenido de alcohol alto a comparación de una cerveza que se consumía regularmente. La misma cerveza que disfrutaron los invitados se habría depositado antes en la tumba de los difuntos.

La Edad Media

Las técnicas básicas de elaboración de la cerveza llegaron a Europa desde Oriente Medio. Los historiadores romanos Plinio (en el siglo I a. C.) y Tácito (en el siglo I d. C.) informaron que los sajones, celtas y las tribus nórdicas y germánicas bebían cerveza. De hecho, muchos de los términos ingleses utilizados en la elaboración de cerveza son de origen anglosajón. Debido a las fuertes heladas que afectan los cultivos de la vid en la parte central y en el norte del Europa e Inglaterra, la cerveza tomó fuerza reemplazando al vino.

En la Edad Media, existían cerca de 500 claustros alemanes donde se elaboraba y comercializaba cerveza, que era privilegio exclusivo de los monjes y monjas. Por esa época, la elaboración de cerveza se consideraban arte y un misterio, cuyos detalles eran celosamente guardados y se desconocían las razones que justificaban etapas del proceso de elaboración.



Figura 2: consumo de cerveza en los monasterios

Los europeos del norte, utilizaban hierbas aromáticas y plantas silvestres para modificar el sabor y aroma. Se cuenta que Santa Hildegarda, abadesa de *Ruperstberg*, fue quien primero adicionó lúpulo a la cerveza. A raíz de ello, la cerveza se convirtió en importante objeto de comercio.

Los españoles, que tradicionalmente son bebedores de vino, introdujeron la cerveza a nuestro país en los inicios del periodo colonial. Sin embargo, la población autóctona y mestiza prefería sus propias bebidas fermentadas como el pozol (hecha a base de maíz no malteado), pulque, o aguardientes que se hicieron populares en el siglo XVIII (Couyoumidjian, J. R. 2004).

En México la Industria Cervecera se consolidó con el nacimiento de la industria moderna porfiriana (1880-1910). Es decir, fue a finales del siglo XIX que la industria cervecera «moderna» surgió en México junto con el establecimiento de la mayoría de las grandes fábricas con tecnología importada. (Perez. 2012)

Historia de la cerveza en México

En 1845, el suizo Bernhard Bolgard, estableció en la Ciudad de México la primera cervecería de fermentación alta, La Pila Seca. La malta que se producía en esta fábrica era obscura, elaborada a partir de cebada mexicana secada al sol a la que se le añadía piloncillo. Bajo esta técnica, trabajaron los primeros cerveceros de México hasta la octava década del siglo XIX, cuando la Cervecería Toluca y México comenzó a fabricar cerveza.

La apertura entre 1884 y 1885 de la línea ferroviaria que recorría la ruta entre El Paso, Texas y la Ciudad de México trajo como consecuencia un elevado crecimiento de las empresas dedicadas a producir cerveza. El industrial cervecero de este período fue Santiago Graf, quien en 1875 adquirió la “Cervecería Toluca y México”, fundada diez años antes por el suizo Agustín Marendaz. Figura 3



Figura 3. Transporte ferroviario en México siglo XIX

Para 1925 el capital invertido en toda la industria era de aproximadamente 20 millones de pesos, la producción nacional era de alrededor de los 50 mil litros y la rama ocupaba cerca de dos mil 500 personas. Figura 4



Figura 4. Cervecería “Modelo” principios siglo XX

Actualmente la industria cervecera busca cubrir las necesidades del consumidor ofreciendo nuevos productos, creativos, que atraigan a nuevos clientes al sector. El desarrollo de un producto con estas características se logra con innovación, creatividad, calidad y las ventajas que puede ofrecer ante otro.

1 Antecedentes

1.1 Industria Cervecera Nacional e Internacional

En el año 2020 la producción mundial de cerveza fue de 1,275,423 millones de hectolitros (hl). Esta se distribuyó como se muestra en la siguiente tabla:

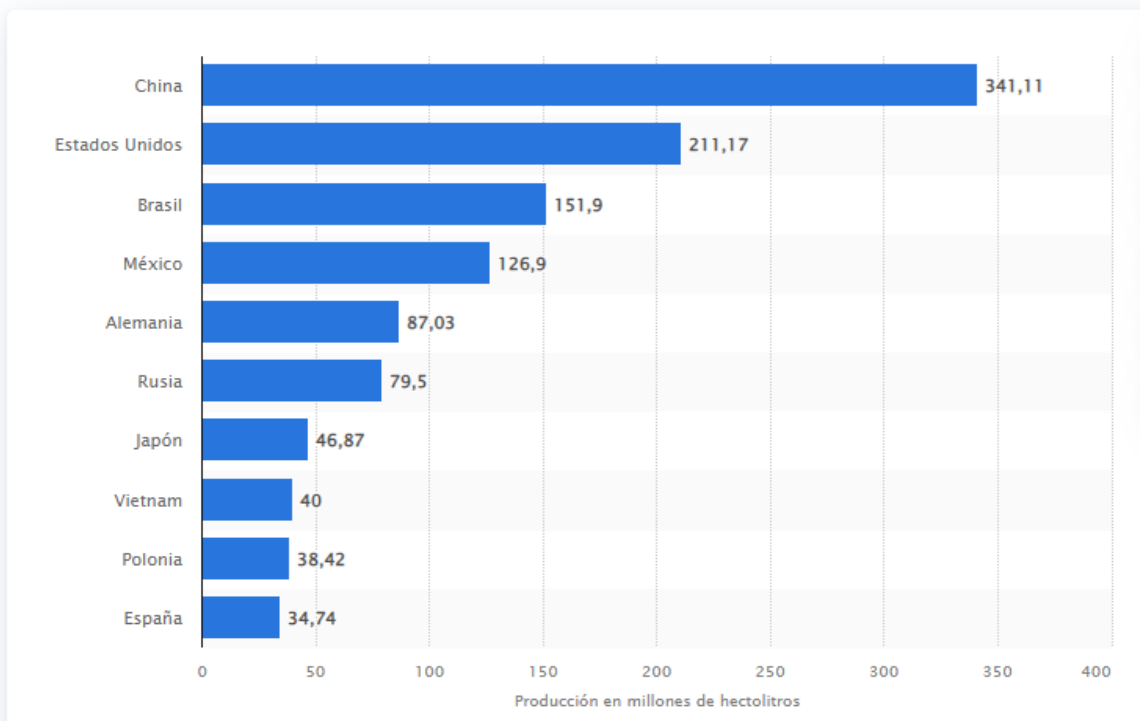


Figura 5: Principales países productores de cerveza

Fuente: (<https://es.statista.com/estadisticas/1147467/lideres-produccion-cerveza-mundial>)

México se coloca en el primer lugar como exportador de cerveza en el mundo, con presencia en más de 180 países, seguido por Holanda y Bélgica; y es el principal proveedor de Estados Unidos; el segundo de Australia, Chile, Guatemala y Argentina; el tercero de Canadá; y el cuarto de China y Japón.

Respecto al mercado nacional, México ha tenido un crecimiento acelerado, con mayor presencia del Grupo Modelo AB-Inbev y Cuauhtémoc-Moctezuma Heineken, que generan el 99% del mercado nacional. (Sánchez. 2015).

La industria cervecera aportó a la economía mexicana poco menos de 2,800 millones de dólares en 2019. Primer lugar en exportación (180 países) del sector de alimentos y bebidas con un monto de 2,022 millones de dólares en el 2019. La industria genera 155,000 empleos directos y 2.5 millones de indirectos. Cada año, la industria cervecera en México aporta aproximadamente 20,000 millones de dólares derivados de las ventas de sus productos y de los ingresos de las actividades empresariales que se le vinculan directamente. Las Industrias Cervecera y de la Malta contribuyen con cerca del 2% del valor que genera la Industria Manufacturera mexicana y le aporta un 1% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional.

La elaboración de cerveza es la más importante dentro de las bebidas alcohólicas ya que representa 49.3% de todos los empleos generados dentro de la industria, y el 65% de la producción bruta o valor de producción. Por cada peso producido de bebidas alcohólicas 65 centavos corresponden a la producción de cerveza.

El consumo en el mercado mexicano en 2018 fue de 80.3 millones de hectolitros y se importaron 2.8 millones de litros, siendo el consumo anual *per capita* de 66 litros colocándonos en el lugar 32 a nivel mundial. (“El economista”.2019)

Estos datos nos revelan que la agroindustria cervecera mexicana es vital para el desarrollo y crecimiento de la economía de nuestro país. (La producción de cerveza en México, 2021)

1.2 Cerveza artesanal en México

A partir de 1995 en México surge el movimiento cervecero artesanal mexicano, con la fundación de las primeras micro cervecerías en el país, obteniendo un reconocimiento regional y aceptación por los consumidores. (Sánchez. 2015).

El objetivo de las cervecerías artesanales es ampliar el abanico de opciones de los consumidores, para que así exista una cerveza adecuada para diferentes gustos, climas y/o momentos. Actualmente, estas cervecerías representan el 1% del mercado total en nuestro país, entre las que se encuentran un poco más de 600 proyectos cerveceros. (Las cervezas artesanales en México,2018)

Baja California es la cuna de la cerveza artesanal y esto se debe a la cercanía que tiene con Estados Unidos de donde se importan los ingredientes necesarios para hacer cerveza con mayor facilidad, y además hay un constante intercambio de conocimiento y técnicas con los cerveceros de California. La Ciudad de México, Michoacán, Jalisco y Nuevo León, son los estados que le siguen en cuanto a cantidad de cervecerías artesanales. Jalisco es el estado de mayor producción, seguido de Baja California y Nuevo León, mientras que los estilos que más se venden son Stout, Porter y Pale Ale. (Las cervezas artesanales en México,2018)



La producción en 2019 alcanzó los **111 mil 860 hectolitros** (65% de crecimiento en 2016) con alrededor de 650 productores.

La producción de cerveza artesanal crece en promedio un **30%** cada año desde hace una década.

Jalisco es el principal estado productor con **34%** de la producción nacional, seguido de Nuevo León con 15% y Baja California con el 8%.

En 2013, la COFECE determinó que un productor artesanal es aquel que produce **100 mil hectolitros** (10 millones de litros) anuales o menos.

Figura 6: Distribución de micro cervecerías en México

1.3 Proceso general de elaboración de cerveza.

A continuación, se describirán en términos generales el proceso para la elaboración de cerveza, considerando las principales etapas de su fabricación el cual inicia desde la selección de la malta, hasta el envasado

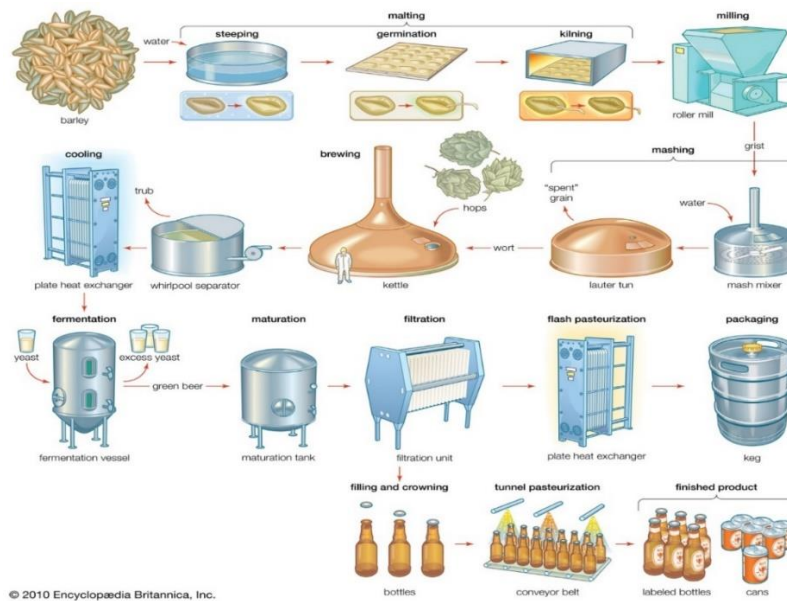


Figura 7. Proceso general para la elaboración de cerveza

1.3.1 Malteo

El malteo es un proceso de germinación controlada, durante el cual los granos desarrollan y activan sus sistemas enzimáticos y modifican suficientemente sus reservas alimenticias. Su finalidad es la obtención de malta, se puede obtener de cualquier grano que se germine controladamente, la cual se suspende con una etapa adecuada de secado. La cebada con cáscara es la principal materia prima para la elaboración de la malta ya que cuenta con las siguientes ventajas.

- Capas aleuronicas que desarrollan gran cantidad de enzimas
- Alto contenido de almidón
- Bajos niveles de proteínas y aceites

Comprende de 3 operaciones: remojo, germinación y tostado, en éstas etapas se controla la humedad, la temperatura y aireación. (Hernández. 2001)

Remojo: El objetivo principal es aumentar el contenido de humedad de la cebada, de 10%-13.5% hasta un 45%, con el propósito de disolver las sustancias solubles presentes en el grano. Permite la captación de oxígeno y que se activen sistemas enzimáticos destinados a hidrolizar sustancias insolubles y convertirlas en solubles.

Germinación: Es la etapa donde el grano de la cebada se transforma en malta. Esto se lleva a cabo por medio del acondicionamiento del grano con agua y con aire húmedo a condiciones controladas de temperatura. Durante la germinación se producen sistemas de enzimas capaces de hidrolizar las proteínas y almidones, formando azúcares simples y aminoácidos. Es conveniente realizar la germinación

a temperaturas bajas, con el fin de evitar el desarrollo de hongos y obtener una mayor cantidad de enzimas.

Secado: La cebada germinada, denominada malta verde, con contenido de agua de hasta 45%, a través del proceso de secado disminuye la humedad a 5%.. Durante este proceso se detiene la actividad enzimática sin destruir las enzimas.

1.3.2 Molienda de la malta

La molienda tiene por objetivo moler la malta. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible y el endospermo se muele hasta un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto. Si se desintegra mucho, la cascarilla no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto. Por otra parte la cascarilla rota libera más sustancias astringentes de las deseables. En cuanto a la trituración del endospermo es preciso que las partículas del mismo se hidraten bien y liberen fácilmente sus enzimas y otros constituyentes celulares para que puedan degradarse rápidamente. Desde este punto de vista, serían ideales partículas de tamaño muy reducido porque incrementa el rendimiento de extracción, pero éstas tienden a empaquetarse apretadamente y a formar un lecho impermeable que libera muy lenta e incompletamente el mosto “efecto talco” (Hernández Magdalena. 2001)

La relevancia de la molienda radica en que de ella depende la eficiencia en la extracción de los azúcares atrapados en el grano. El proceso en sí consiste en reducir el endospermo o interior del grano a partículas más pequeñas tratando de mantener la cáscara intacta. (Fergus G. Priest. 2006)



Figura 8: Malta caramelo molida

1.3.2.1 Molienda seca

Para obtener un buen resultado la malta debe tener un muy bajo contenido de humedad (máximo 5 %), debe estar muy bien desagregada y el tamaño de sus granos debe ser homogéneo. Cuando la malta está seca la cáscara es mucho más quebradiza pero con un correcto calibrado del espacio entre los rodillos del molino se logrará hacerle el menor daño posible. Una ventaja de este sistema de molienda consiste en que las muestras de la malta molida pueden ser fácilmente tomadas y comprobadas, lo que permite poder modificar la regulación del molino en caso de ser necesario. (Fergus. 2006)

1.3.2.2 Molienda húmeda

En el caso de la molienda húmeda, se rocía la malta con agua, o se somete a la acción del vapor, inmediatamente antes de que entre al molino. Este tratamiento flexibiliza la cascarilla y la hace más resistente. La molienda húmeda es ventajosa porque da como resultado una combinación de cáscara entera y partículas más

pequeñas de endospermo que acelera el proceso de macerado y facilita la obtención de extractos más altos (Hernández. 2001)

1.3.3 Maceración

La maceración es el proceso donde una mezcla de malta molida y agua se somete a una curva de tiempo-temperatura con lo cual entre otros propósitos se consigue activar enzimas presentes y cuyo objetivo es transformar los almidones en azúcares fermentables. El extracto obtenido de esta etapa es conocido como mosto, se logra mediante la programación de tiempo/temperaturas activando y desactivando las enzimas, de tal manera que el cervecero controla el proceso para obtener diferentes compuestos. (Hernandez. 2003)

Tabla 1. Sistemas enzimáticos involucrados en la maceración

Enzima	Temperatura óptima	Sustrato	Principales productos de degradación
β -glucanasas	43-45°C	β -glucanos	Glucosa y oligosacáridos.
Proteasas (exopeptidasas)	Entre 40 y 50°C	Enlaces terminales de las proteínas	Péptidos y aminoácidos.
α -amilasa	65-75°C	Almidón. Enlaces α 1 4 internos alejados de enlaces α 1 6.	Dextrinas y oligosacáridos.
β -amilasa	55-65°C	Almidón. Amilosa y amilopectina en los extremos no reductores. Enlaces α 1 4.	Maltosa y dextrinas.
α -glucosidasa o glucoamilasa	55-65°C	Oligosacáridos y maltosa. Enlaces α 1 4 y α 1 6.	Glucosa.
Pentosanasas	40-50°C	Polisacáridos no almidonosos (pentosanos). Enlaces β 1 4 de la cadena central de D-xilasa	Arabinosilanos parcialmente despolimerizados. Arabinosa y Xilosa.

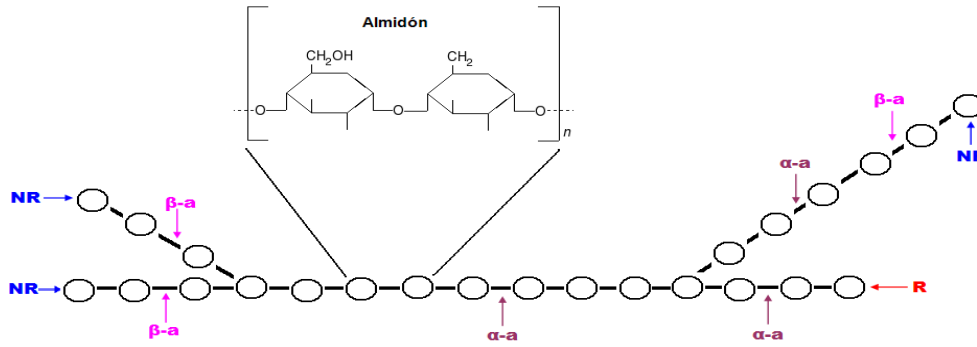
1.3.3.1 Degradación de proteínas

Las proteasas hidrolizan las proteínas de la malta a péptidos y aminoácidos libres, iones amonio. Esta reacción es importante ya que disminuye la posibilidad de que las proteínas precipiten y enturbien el producto final. Ejercen su mayor acción dentro de un rango de 40 a 50°C. Son nutrientes necesarios para la levadura durante la fermentación, asimismo contribuyen al sabor y a la formación y estabilidad de la espuma. (Hernández. 2003).

1.3.3.2 Degradación del almidón.

El almidón es hidrolizado por la acción de 2 enzimas (la α -amilasa y la β -amilasa). La α -amilasa hidroliza los enlaces (1-4) de la amilosa y la amilopectina. No es altamente productora de azúcares fermentables. Sin embargo, degrada el almidón a dextrinas sustancias que contribuyen al cuerpo del producto final. Posee una temperatura óptima de 65 a 75 °C. (González. 2017)

La β -amilasa degrada las cadenas de almidón secuencialmente desde sus extremos libres hasta los puntos de ramificación. En el proceso se liberan grandes cantidades de moléculas de azúcar fermentable. Tiene una temperatura óptima entre 60 y 65 °C. (González. 2017)



β -amilasa: Exoenzima que rompe desde la parte no reductora dando como resultado 2 moléculas de Glucosa unidas por enlaces α -1,4, es decir Maltosa.

α -amilasa: Endoenzima que busca los enlaces más alejados de las ramificaciones y los extremos, rompe los de tipo α -1,4. Da como resultado Dextrinas.

NR: Parte no reductora en donde se encuentra libre el grupo OH.

R: Parte reductora en donde el C de la Glucosa se encuentra libre.

Figura 9: Acción de las amilasas sobre el almidón

1.3.3.3 Degradación de β -glucanos.

Las β -glucanasas hidrolizan los glucanos presentes con lo que se logra disminuir la viscosidad del mosto y así se facilitan las operaciones de bombeo y filtración.

(Hernandez. 2003)

Las reacciones antes mencionadas ocurren a diferentes condiciones de pH, tiempo y temperatura; por lo tanto, la variación de esos parámetros las afecta de manera distinta. Los productos que se formen y la proporción de cada uno son aspectos de gran relevancia en la definición de las características de la cerveza como se resume en la figura 10

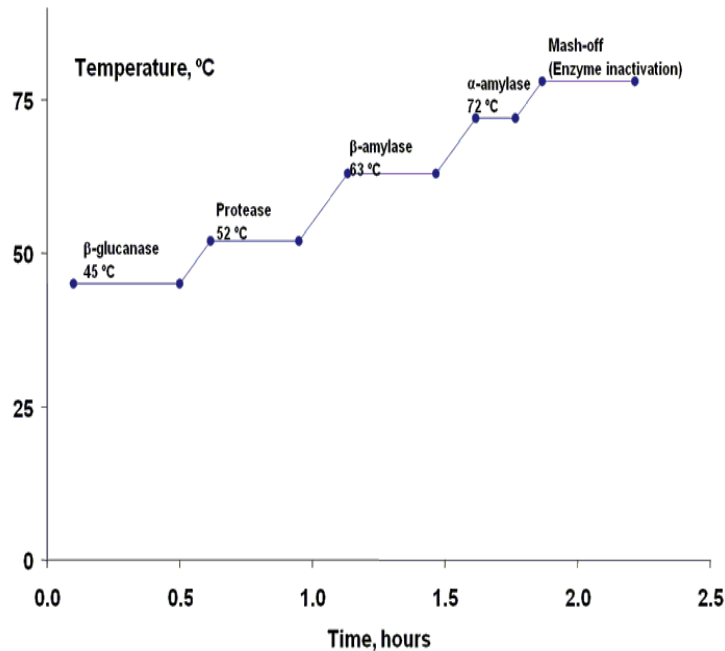


Figura 10. Perfil de hidrolisis de los cambios químicos involucrados durante la maceración

La tabla 2 muestra las condiciones de cada enzima y los cambios químicos involucrados durante la maceración

Tabla 2: Condiciones de enzimas involucradas durante maceración

pH	Temperatura °C	Reacción	Enzima involucrada
4,5-5,0	40-50	Degradación de gomas (β-glucanos)	Glucanasas
4,5-4,7	50-60	Degradación de proteínas	Proteasas
5,3	60-64	Degradación de almidón a maltosa	β-amilasa
5,8	70-74	Degradación de almidón a dextrinas	α-amilasa

Al final del proceso de maceración, se cuenta con una mezcla de material insoluble, sedimentable (principalmente cascarilla) material en suspensión y azúcares disueltos en el agua, al que se denomina mosto. (Hernández. 2001)

1.3.4 Filtración del mosto

El mosto tiene muchas partículas en suspensión y debe de ser filtrado para estar libre de impurezas que puedan perjudicar la fermentación (Castillo. 2009)

El producto se transfiere a un tanque clarificador llamado *lauter*, el cual es un recipiente cilíndrico con un falso fondo en el que los constituyentes insolubles se depositan y forman una capa filtrante natural para separar el mosto líquido. Posteriormente se realizan lavados con agua caliente para una extracción eficiente del mosto al grano agotado.

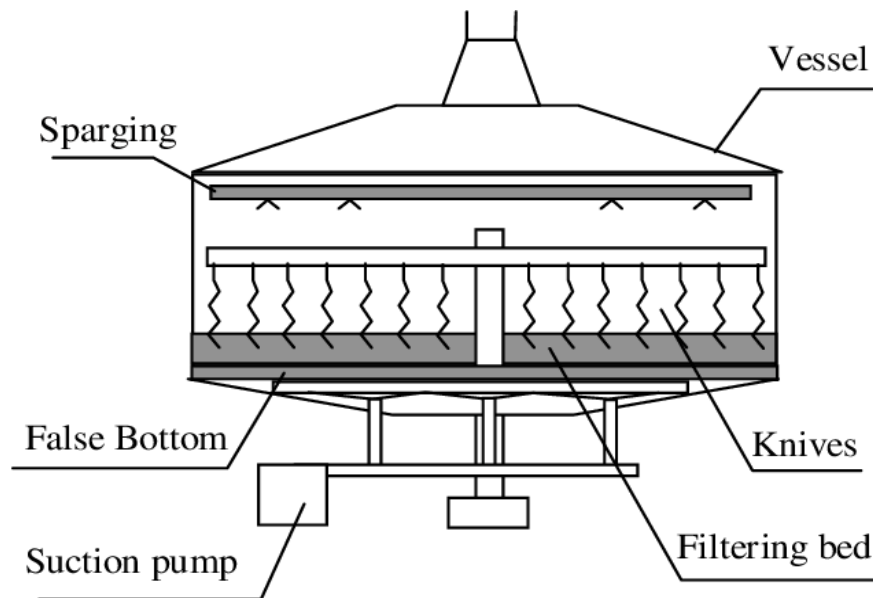


Figura 11: Esquema simplificado de Filtro lauter

1.3.5 Cocción

Después de que el mosto ha sido filtrado, es transferido al tanque de ebullición



Figura 12: Olla de ebullición

Los principales objetivos que se pretende en esta etapa son:

- Inactivación de las enzimas. Es indeseable cualquier actividad enzimática ya que puede modificar las características del producto.
- Coagular las proteínas presentes en el mosto. Estas precipitan con el calor por desnaturalización.
- Disolución e isomerización de α -ácidos presentes en el lúpulo. Convertir α -ácidos en iso- α -ácidos, estos compuestos son más solubles y se encargan de dar amargor
- Dar aroma y color. Se producen reacciones de azúcares reductores con los aminoácidos presentes en el mosto conocidas como reacciones de Maillard.
- Disminuir carga microbiana del mosto que pueda causar deterioro durante el proceso.
- Proporciona sustancias antisépticas (alfa resinas, humulona, cohumulona y adhumulona) Estas resinas son efectivas contra bacterias.

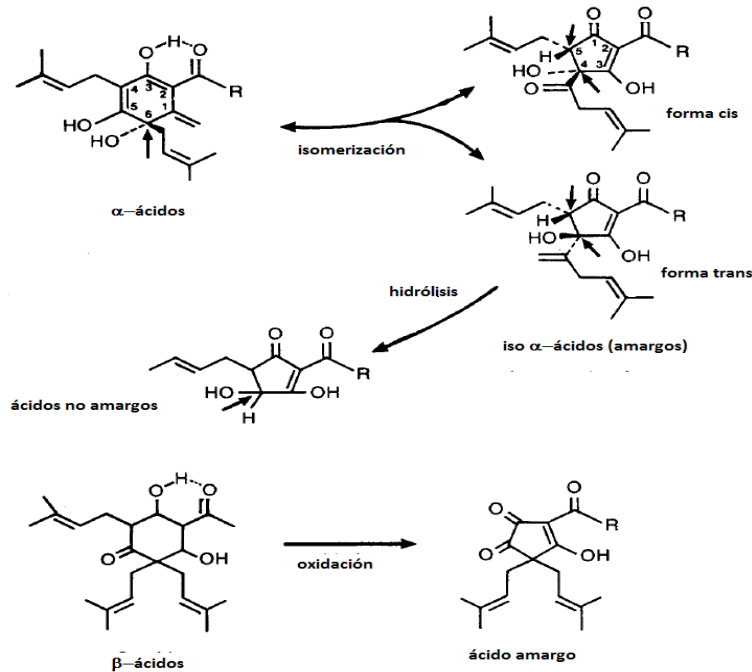


Figura 13. Isomerización de los α -ácidos del lúpulo

La isomerización de los alfa ácidos se verá afectada por factores como el tiempo y el pH: cuanto más corta sea la cocción menos amargor impartirán los alfa ácidos del lúpulo, cuanto mayor sea el pH más fácil será la isomerización. (Montes.2018)

Durante la cocción a los componentes del lúpulo les ocurre:

- Polifenoles que contribuyen a la formación de “trub” (precipitado de proteínas).
- Los compuestos volátiles del lúpulo son evaporados (estos podrían contribuir a la astringencia o sabor amargo)
- Ácidos α y β (resinas del lúpulo y sustancias amargas) son solubilizados

1.3.5 Separación de precipitados

Cuando finaliza la ebullición se obtiene el mosto lupulado (parte líquida) y como subproducto los precipitados, principalmente proteínas agotadas. Este precipitado se debe a que el calentamiento conduce a la pérdida de la estructura de las proteínas; se desenrollan y sufren ruptura de puentes moleculares, para dar derivados más pequeños a los que se les denomina polipéptidos. (Hough 1990)

Los sólidos se separan por centrifugación o mediante tanques clarificadores.

En la Figura 14 se aprecia los componentes de un sistema whirlpool para concentrar los sólidos insolubles.

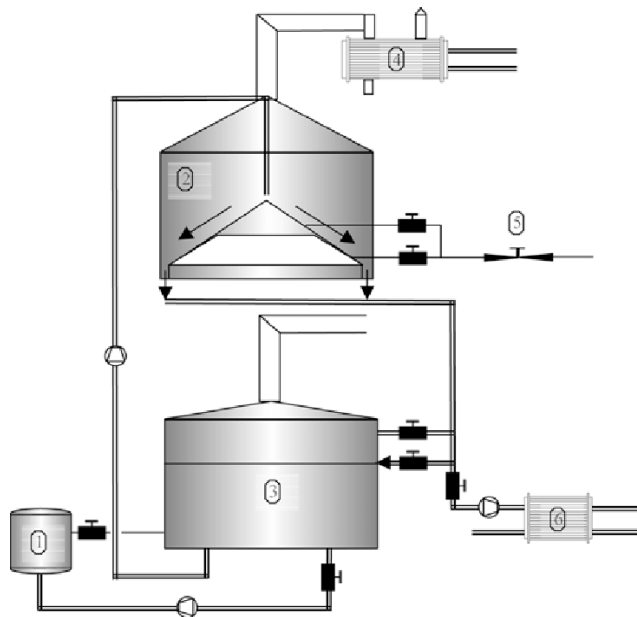


Figura 14. Esquema sistema Whirlpool

La presencia de proteínas desnaturalizadas “coagulo de proteínas” en el producto puede causar mala estabilidad en la espuma y propiciar la decarbonatación al romper la estabilidad de gas/líquido.

1.3.6 Enfriamiento y aireación de mosto

Consiste en hacer un enfriamiento rápido y radical del mosto justo después de la ebullición. El mosto debe pasar lo más rápido posible de temperatura de ebullición a una temperatura ideal para poder añadir la levadura. (Montes.2018)

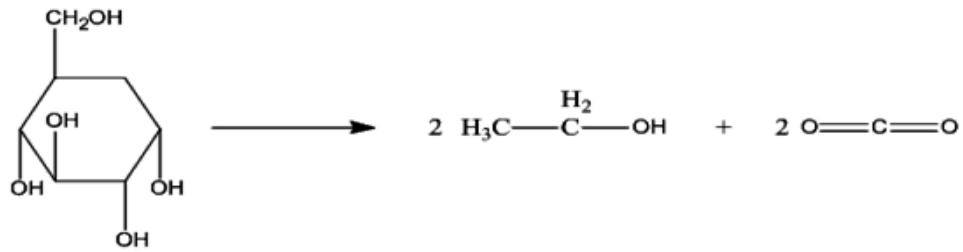
Dentro de los motivos de enfriamiento rápido se encuentran evitar el crecimiento de microorganismos que puedan contaminar el mosto. El enfriamiento provoca la coagulación y precipitación de algunas proteínas, que en el mosto caliente están disueltas.

Durante el enfriamiento se necesita airear el mosto ya que se proporciona el oxígeno necesario para activar el metabolismo de la levadura y darle resistencia durante la fermentación debido a las cantidades de alcohol producidas. Durante la aireación es importante el orden de adición de la levadura, una aeración antes de inoculación crea mostos más oscuros por la reacción del oxígeno con los componentes del mosto.

(Enfriamiento del mosto. 2021)

1.3.7 Fermentación

En este proceso la levadura convierte el azúcar presente y produce alcohol y CO₂ originando lo que se conoce como cerveza. (Hernández. 2003)


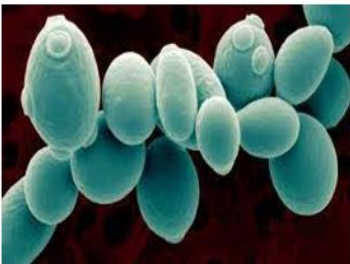


Esquema 1. Reacción general fermentación de glucosa

El mosto en el que se inocula la levadura es un medio rico en nutrientes. Que contiene una amplia gama de aminoácidos, péptidos y oligopéptidos utilizados en procesos biosintéticos de proteínas y vitaminas involucrados en papeles metabólicos (Hough. 1990)

De acuerdo con el tipo de fermentación se obtendrán cervezas de diferentes clases, o también conocida como clasificación primaria de las cervezas.

Tabla 3. Clasificación primaria de las cervezas de acuerdo con las condiciones de fermentación empleadas.

<i>Lager</i>	<i>Ale</i>	<i>Lambic</i>
<i>S. pastorianus (carlsbergensis)</i>	<i>S. cerevisiae</i>	Levaduras silvestres de la zona o <i>Lámbricas</i>
		
Menos aroma	Más aromática	Muy seca
Más cuerpo	Temperatura más alta	Baja presión de CO ₂
Predomina en todo el mundo	Se encuentra en Inglaterra y Norte de Europa	Principalmente Bélgica, Bruselas y sus alrededores
Fermentación 10-12º C	Fermentación 15-18º C	
Tiempo fermentación	Tiempo de fermentación	
3-10 días	3-5 días	
Tiempo de maduración	Tiempo de maduración	
10-30 días	5-10 días	

Fermentación alta: se emplea la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que actúa a temperaturas entre 18 y 24º C. Esta fermentación suele tardar de cuatro a seis días. Tras la fermentación, las levaduras suben a la superficie del mosto junto a las burbujas del dióxido de carbono. (Sosa. 2019) Las cervezas de fermentación alta suelen tener tonos oscuros, más cuerpo y mayor graduación alcohólica.

Fermentación baja: se emplea la levadura *Saccharomyces pastorianus o carbengensis*, actúa a temperaturas más bajas que la fermentación alta; entre 7 y 14º C. En este caso el proceso de fermentación es mucho más lento; puede durar

entre 7 y 10 días. Cuando la fermentación termina, las levaduras tienden a depositarse en el fondo. (Sosa. 2019) Se obtienen cervezas rubias, de cuerpo ligero, amargas y con una graduación alcohólica entre 4° y 6°.

Durante la fermentación dependiendo de las temperaturas, tiempos y productos contenidos en el mosto también se producirán alcoholes superiores (Cadenas de más de un carbono.) y otros subproductos que afectarán en gran medida al sabor, aroma y calidad de la cerveza que este elaborando.

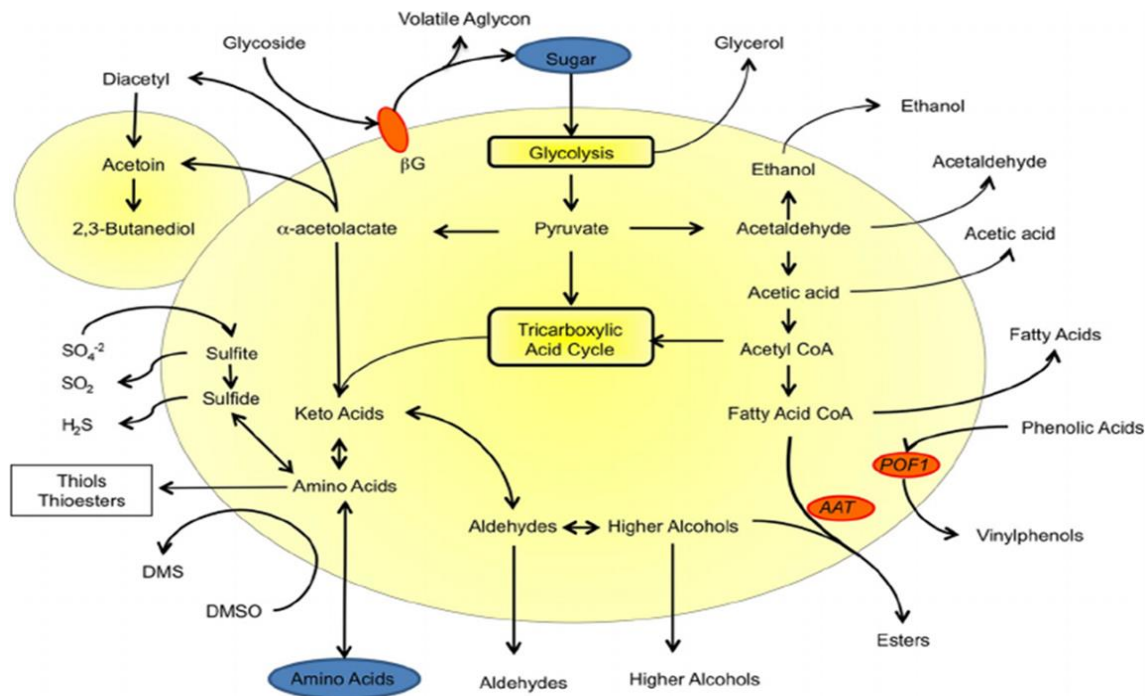


Figura 15. Esquema simplificado de las principales rutas metabólicas de *Saccharomyces cerevisiae*.

Dentro de los subproductos de fermentación los más característicos son los ésteres, son esenciales en la configuración del aroma final de la cerveza. Son afrutados que en exceso pueden conferir sabores demasiado pronunciados e incluso impartir amargor seco a la cerveza.

Los esteres son el resultado de la esterilización de ácidos grasos y de alcoholes superiores que se realiza fundamentalmente durante la fermentación principal. (Montes. 2018)

Cerveza Lámbica

Las cervezas lámbicas, son producidas a partir de una fermentación espontánea y una maduración en barriles de madera en regiones específicas de Bélgica. La producción de las cervezas lámbicas, es diferente a las cervezas tipo Ale o Lagers en cuanto al proceso, parámetros ambientales. Cada cerveza lámbica tiene un proceso único en términos microbiológicos y de formación de sabor debido a la inoculación de microorganismos provenientes del ambiente.

Este proceso puede durar hasta 3 años y da como resultado una cerveza ácida y afrutada. La cerveza lámbica es una cerveza, de fermentación espontánea, en cuya elaboración se añade un 30% de trigo, es una cerveza amarga, que experimenta un largo proceso de maduración en roble, como se mencionó. (Bongaerts. 2021)

Se puede adquirir endulzada, mezclada o preparada con fruta, denominada *Gueuze* y es simplemente una cerveza lámbica a la que se le ha añadido azúcar para endulzarla. Las frutas más frecuentes utilizadas en este tipo de cerveza son cerezas y frambuesas, aunque pueden utilizarse manzanas, plátanos y moras. Como resultado se obtienen sabores muy variados (Montes. 2018)

1.3.8 Maduración

Una vez terminada la fermentación se tiene una cerveza turbia, verde y con levadura, con bajo contenido de CO₂ y su sabor y aroma se encuentra incompleto.

Durante la maduración, la cerveza sufre un reposo prolongado con la finalidad de clarificarla, mediante un proceso físico de separación y precipitación de las aglomeraciones proteínicas residuales de la malta, los adjuntos, lúpulo y la levadura. El tiempo de maduración dependerá del tipo de cerveza a procesar y servirá para mejorar las condiciones organolépticas del producto que será entregado al consumidor final. Esta etapa del proceso también sirve para la fermentación del extracto residual. Las sustancias volátiles como los aldehídos y los compuestos de azufre se eliminan mediante un lavado con CO₂. La degradación del diacetilo en la medida de lo posible fija el final de la maduración. (Sosa. 2019)

1.3.9 Filtración

La filtración consiste en hacer pasar el producto a través de un material poroso o algún otro medio filtrante para lograr que las partículas sólidas queden retenidas en la superficie de este, mientras que el líquido lo atraviesa totalmente y es colocado en otro recipiente por separado.

Al realizar este procedimiento se tiene que escoger un tamaño de filtro. Una micra es lo ideal para retener células de levadura, otro factor es que tan rápido se puede tapar el filtro. Algunas cervecerías utilizan un filtro de 2 etapas. Empezando un filtro de 5 micras para eliminar partículas de tamaño grande, y luego un filtro de 1 micra para levadura. (Beersmith.2020)

1.3.10 Envasado

Al final de la maduración y filtración de aglomeraciones se obtiene un producto transparente que carece de precipitados. Durante esta etapa se introduce la cerveza en el envase con el fin de generar gas y desarrolle plenamente sus sabores antes de ser consumida. Durante este proceso se debe evitar en lo posible que quede aire en el espacio libre que pueda llegar a oxidar la cerveza. (Envasado y acondicionamiento. 2022)

La mayoría de las cervezas artesanales no se encuentran pasteurizadas, por lo que la temperatura y la luz afectan mucho más que a las cervezas industriales. Es recomendable utilizar una botella de color oscuro; si se elige como envase una lata dentro de sus ventajas se encuentran un producto impermeable, económico, reciclable, no se expone a luz UV previniendo defectos como mercaptanos y H₂S. (Envasado y acondicionamiento. 2022)

1.4 Materias primas

1.4.1 Agua

El agua constituye el 95% de la cerveza. Esta es utilizada en la industria cervecera para preparar los mostos y el control de su composición resulta crítico para la calidad y características del producto final.

La NOM-127-SSA1-2021 Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano- Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a los que debe someterse el Agua para su Potabilización establece que el agua para uso y consumo humano es

aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no cause efectos nocivos al ser humano.

Las sales del agua modifican sobre todo el pH de la malta y el mosto. El bicarbonato aumenta el pH, mientras que los iones Ca y Mg lo disminuyen. Las aguas destinadas a la elaboración de cerveza tienen un pH ligeramente ácido, o son tratadas antes de entrar al proceso, el cual permite la disolución de azúcares del cereal para formar mostos que no contribuyan en sabores astringentes al producto terminado. (Belitz y Grosch. 1997).

Dentro de la composición del agua la concentración de iones calcio presentan un efecto estabilizador de la α amilasa y β amilasa. Tanto las levaduras como las proteínas floculan mejor en presencia de iones calcio facilitando la clarificación del mosto y de la cerveza. (Hernández. 2001)

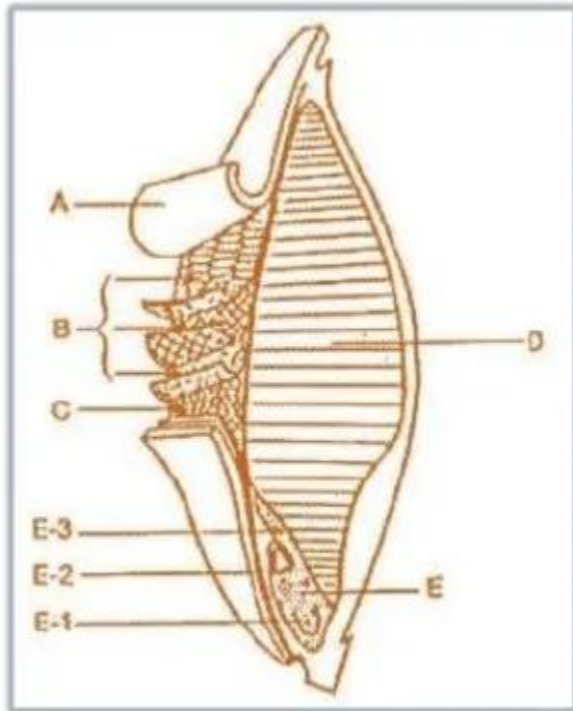
1.4.2 Malta

La cebada (*Hordeum Vulgare*) es una planta originaria de Asia occidental. Hay dos variedades de cebada: cebada cervecera o de 2 hileras (*Hordeum distichum*) y la cebada de 6 hileras (*Hordeum hexastichum*). La variedad de 2 hileras es más apta para la elaboración de cerveza porque produce más azúcares fermentables y contiene menos proteína. La ventaja de la variedad de 6 hileras para grandes fabricantes cerveceros es que convierte más que su propio peso de grano sin maltar. (Suárez.2013)



Figura 16: Cebada de 2 y 6 hileras

El grano de cebada es de forma ahusada, más grueso en el centro y disminuyendo hacia los extremos. La cáscara representa un 13 % del peso del grano, variando de acuerdo con el tipo y variedad del grano. El embrión se halla situado en la parte dorsal del grano. El endospermo está constituido en su mayor parte por células de gran tamaño provistas de gránulos de almidón grandes y pequeños. Los gránulos de almidón se encuentran recubiertos de proteína y algo de grasa. Las paredes celulares delgadas contienen hemicelulosa y glucanos. En la periferia del endospermo se encuentra una capa constituida por células de tamaño pequeño ricas en proteína y exentas de los gránulos de almidón, llamada aleurona. (Gutiérrez. 2019)



Estructura del Grano de Cebada

A: Cáscara

B: Capa del fruto (Pericarpio). Capa de semilla con superficie culinizada interior y exterior (Testa), Pericarpio.

C: Capa de aleurona. Fuente de enzimas.

D: Endospermo.

E: Embrión.

E-1: Raicillas.

E-2: Plúmula.

E-3: Escudillo.

Figura 17: Estructura del grano de cebada

El grano está compuesto en promedio por un 3.5% de germen, un 18% de pericarpio y un 78.5% de endospermo (incluyendo la aleurona). Figura 17. El germen es rico en azúcares (sacarosa, rafinosa y fructanasas), la capa de la aleurona es rica en fibra, proteína, triglicéridos y azúcares. La cebada tiene una baja proporción de grasa (<2%) y de ácido linoleico (0,7%), dando lugar por tanto a canales de calidad. También tiene un bajo contenido en pigmentos, vitaminas liposolubles y vitamina B12. En cambio, es una fuente excelente de algunas vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico) y de niacina. (FEDNA. 2022)

Tabla 4: Composición química media de la materia seca de cebada

Componente	g/100g
• Humedad	10 – 12
• Proteína cruda	9-10
• Albúmina	11 %
• Globulina (edestina)	15 %
• Prolamina (hordeina)	37 %
• Glutelina	30 %
• Carbohidratos	55 – 63
• Fibra	15
• Fibra Cruda	3.6 – 5
• Fibra Dietética	15
• Grasa	2 – 3
• Cenizas	2 - 3.5
• Polifenoles	0.3 – 0.8

1.4.3 Lúpulo

El lúpulo (*Humulus Lupulus L.*) es una planta herbácea, perenne y trepadora. Sus flores masculinas son blancas o blanco verdosa sin valor para el agricultor, las flores femeninas son amarillas, axilares, reunidas en cabezuelas en forma de cono y son usadas como saborizante y agente estabilizador en la cerveza. (Hernandez.2014)



Figura 18. Conos de lúpulo fresco

Los conos contienen en su interior unas glándulas de color amarillo, llenas de una resina llamada lupulina. Proporcionan amargor propiedades antibacterianas, contribuye a la formación y retención de espuma, los polifenoles que contienen reaccionan con las proteínas de la malta y las hacen insolubles (*Trub*). Según la clase de lúpulo y el momento del proceso en que se añaden, pueden contribuir en el sabor y aroma de manera muy variada y tienen propiedades beneficiosas para la salud. (Suárez.2013)

Aquellos componentes que tienen impacto en el sabor, aroma y aspecto final son los alfa y beta ácidos, una vez expuestos al calor se isomerizan en iso-alfa ácidos e iso-beta ácidos; Donde a mayor tiempo de hervor los alfa ácidos pasarán a iso-alfa ácidos. Dado que los alfa ácidos aportan amargor a la cerveza, se han desarrollado formas de medir este amargor (unidades internacionales de amargor o IBU por sus siglas en inglés) que permiten predecir el grado de amargor final tendrá la cerveza. (lúpulo y sus componentes.2013)

1.4.4 Levadura

La levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, eucariotas con gran diversidad respecto a su tamaño, forma y color. Son consideradas hongos unicelulares y generalmente sus células pueden ser ovaladas, esféricas, cilíndricas o elípticas. Son mayores que las bacterias, alcanzando un diámetro máximo de entre cuatro y cinco μm . La mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4,5 a 6,5. (Suarez.2016)

Existen 2 tipos de levaduras para la elaboración de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pastorianus*. Dependiendo del tipo de levadura, así como de la temperatura de fermentación, las cervezas se pueden dividir en dos grandes familias: las de alta fermentación, conocidas como “ale”, se fermentan a una temperatura que oscila de entre los 18-21°C. Las de baja fermentación, conocidas como “lager”, suelen fermentarse a temperaturas que van de los 7-13°C. (Cerveceros de México. 2020)

Los términos de fermentación alta y baja se atribuyen a que durante el proceso se da una floculación de la levadura. Durante la fermentación alta la levadura sube a la superficie la cerveza. La concentración de esteres se hace mayor con este tipo de levaduras lo que brinda ciertas características de sabor afrutado. En la fermentación baja, al final de la fermentación la levadura tiende a ir al fondo del recipiente, producen menos espuma, se da una mayor síntesis de compuestos sulfurados estas condiciones influyen en el sabor característico de cada tipo de cerveza (Montes.2018)

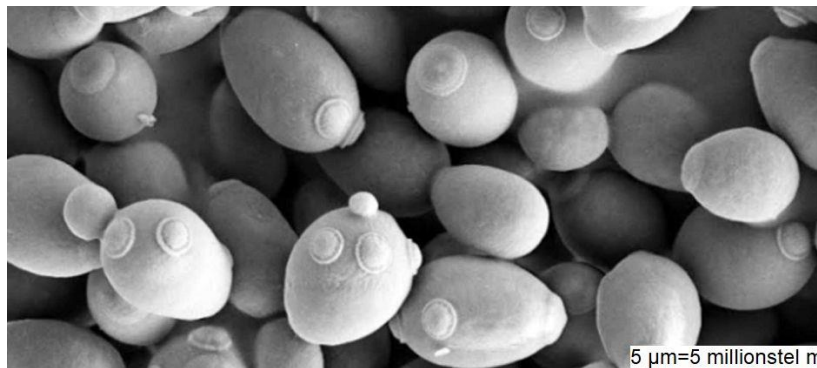


Figura 19: levadura *Saccharomyces cerevisiae*

1.4.5 Adjuntos cerveceros

Se llaman adjuntos a todos los componentes amiláceos que están permitidos para elaborar cerveza. Son fuente económica para la obtención de azúcares fermentables. En Estados Unidos se elaboran cervezas con 40% de malta y 60% de adjuntos. La Comunidad Europea, por otro lado, solo admite el empleo de 40% de adjuntos, mientras otros países impiden su uso en cantidades mayores que la malta. (González. 2017)

Se pueden emplear también adjuntos como avena, arroz quebrado, trigo y maíz desengrasado. Entre los beneficios que trae el uso de otros cereales está la conveniencia en el precio, mayor accesibilidad de la materia prima en la región y el desarrollo de nuevas características organolépticas. (Calvache. 2019)

Arroz: Aporta materia fermentable sin impartir sabor ni olor, produciendo cervezas más alcohólicas, pero con un menor cuerpo. Tiene el contenido de almidón más elevado de todos los cereales, con rendimiento de hasta el 90%. No puede ser malteado, cuando es utilizado requiere una cocción previa debido a la alta temperatura de gelatinización de su almidón (68-78 °C). Su proporción máxima recomendada es de 25% respecto al total de granos empleado.

Maíz: Ofrece un espectro de azúcares fermentables y dextrinas similares a los de la malta. Sus propiedades son similares a las del arroz, atenúa el color y cuerpo, produce bebidas más transparentes gracias a su bajo contenido de proteínas. Se puede emplear en forma de harina, pero se requiere una cocción previa o en forma de hojuelas pregelatinizadas que se pueden agregar directamente al macerado y puede ser utilizado hasta en un 40% como máximo.

Trigo: El almidón del trigo gelatiniza a temperaturas entre 52-64°C, por lo que no requiere precocción. Contiene una cantidad de cáscara bastante reducida por lo que los taninos no son un mayor problema. La máxima proporción de trigo recomendado es del 40%.

(González. 2017)

Objetivo general

Establecer una propuesta de proceso donde el camote morado (*Ipomoea batatas*) pueda ser utilizado en la industria cervecera como adjunto, para así darle otro canal de comercialización ya que se consume principalmente de manera directa y limitada.

2 Variedades y producción de camotes en México

2.1 Historia

El camote (*Ipomoea batatas*) es un tubérculo que se cultiva alrededor del mundo con una producción mundial de 150 millones de toneladas. Es un cultivo de fácil propagación y pocos requerimientos nutricionales por lo tanto sus costos de producción son bajos. En México se cultiva desde tiempos ancestrales y en la actualidad se producen variedades de pulpa blanca, amarilla, naranja, rosada o morada en 26 estados de la república, con dos ciclos anuales de producción: primavera- verano (de riego) y otoño-invierno (temporal). (Vidal. 2018)

El camote se cultivaba en el Continente Americano desde antes de la llegada de los españoles. Su extensión por el mundo fue posible debido al comercio que llegó a África por portugueses en el siglo XVI, luego se extendió hacia la India y China.

A nivel mundial hay más de 600 especies de género *Ipomea*; 13 de ellas se encuentran en la sección Batatas. De estas especies el camote es el único que se cultiva en todas son nativas de América, en su forma doméstica es una planta comestible. (Quetzalli. 2017)

En México se siembran cerca de 3000 hectáreas y se cosechan alrededor de 50,000 toneladas por año. Se produce principalmente en la zona centro sur de la costa del Golfo, en la Península de Yucatán, Chiapas y Oaxaca la región del Bajío y en algunos puntos de la vertiente del Pacífico en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa. Es un cultivo tradicional de gran importancia económica, crece con pocos requerimientos e insumos, presenta tolerancia al calor, es de fácil propagación por lo que se puede sembrar en suelos marginales. (Torres.2016)

2.2 Camote Morado (*Ipomoea batatas*)

El camote es una planta herbácea, perenne que se propaga vegetativamente y se cultiva como planta anual. La planta es por lo general de hábito rastrero con tallos que se extienden horizontalmente sobre el suelo desarrollando un follaje relativamente bajo. (Torres. 2016)

Sus tallos son de longitud variable (6 a 10 cm), cilíndricos y sus hojas varían ampliamente en tamaño y forma, existiendo de elípticas, ovales, de color verde a moradas, de 5 a 12 cm de largo y ancho. Se caracteriza por estar compuesto de raíces produciendo falsos tubérculos de formas y colores variados. Estos son el órgano de consumo y de importancia económica. Se originan normalmente en los

nudos del tallo subterráneo, adquieren una longitud de unos 30 cm largo y un diámetro de 20 cm. (Pino. 2017)



Figura 20: Camote morado *Ipomea batatas*

El camote contiene una gran cantidad de compuestos con actividad biológica, tales como: alcaloides, triterpenos, cumarinas, glicolípidos, furanoterpenoides, ácidos fenólicos y antocianinas. (Torres. 2016).

Los compuestos fenólicos son moléculas que funcionan como antioxidantes con al menos un anillo aromático y uno o más grupos hidroxilo, donde la presencia de más de un grupo hidroxilo y una mayor separación del grupo carbonilo al anillo aromático aumenta la capacidad antioxidante. Los ácidos clorogénicos son compuestos con alta actividad antioxidante, propiedades antiinflamatorias y antibacteriales. Las antocianinas son un grupo de pigmentos presentes en plantas extensamente distribuidas en frutas, vegetales y flores. Son consideradas como flavonoides porque tienen el esqueleto carbonado $C_6C_3C_6$ característico; las

antocianinas presentes en el camote morado son estables a la temperatura de proceso y pueden atrapar radicales libres. (Quetzalli. 2017)

El contenido total de antocianinas del camote morado es de 519 mg/100 g en base húmeda y tiene una mayor estabilidad en comparación con otras fuentes. La estabilidad del pigmento antocianina es influenciado por la luz, la temperatura y el pH.

Los dos componentes de la antocianina son: cianidina 3-O-(2-O-(6-O- (E)-caffaeoli-D-Glucopiranoil-D-Glucopiranoil)-5-OD-Glucopiranoil) y la peonidina 3-O-(2-O-(6-O-(E)-caffaeoli-D-Glucopiranoil-D-Glucopiranoil)-5ODGlucopyranoil) contenidos en el camote morado muestran actividad antioxidante.

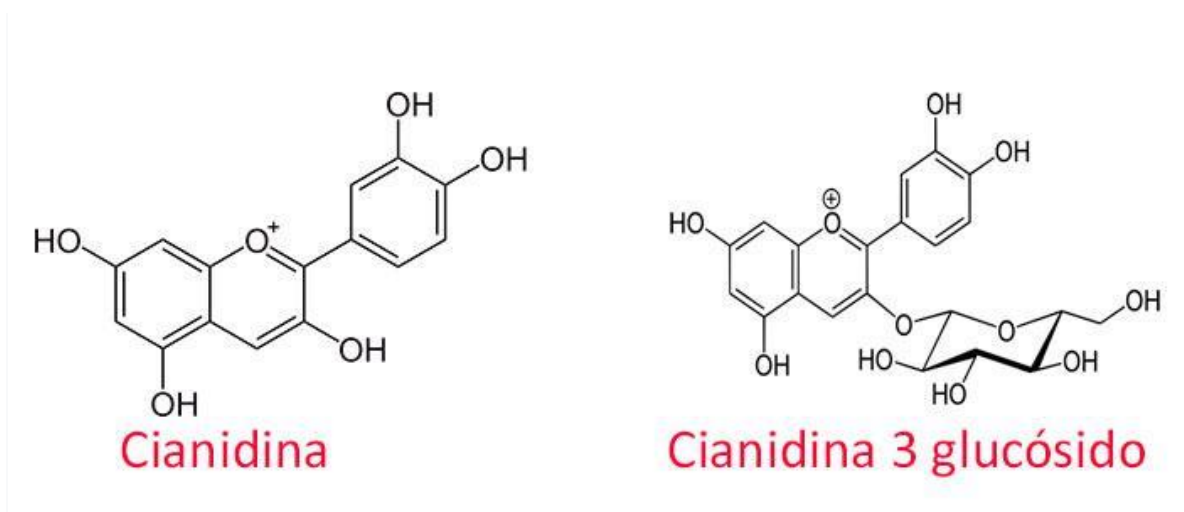


Figura 21. Moléculas de Cianidina aglicón y cianidina glucósido

2.3 Valor nutricional

Es un alimento rico en carbohidratos, proteínas, lípidos, carotenoides, vitamina A, C, riboflavina, niacina, fibra y Agua. Es por lo que se sugiere como un alimento de alto valor nutricional. El sabor dulce del camote es dado por la degradación del

almidón a azúcares simples como sacarosa, siendo este el mayor componente, seguido de la fructosa y glucosa. Entre los carbohidratos indigeribles por los humanos, se encuentra la celulosa y hemicelulosa, que funcionan como fibra acelerando el tránsito intestinal. (Vidal. 2018)

Tabla 5: Contenido nutrimental del camote

Contenido	Unidad/100g
Agua	64 -74 gr
Fibra	1.2-3.5 gr
Lípidos	0.5-2.1 gr
Proteína	1.2-7.2 gr
Grasas	0.4-3 gr
Carbohidratos	20.19-27.3 gr
Azúcar	4.18 - 9.7 gr
Glucosa	2.37 - 4.68 mg
Sacarosa	56.94 - 59.97 mg
Fructosa	1.43 - 4 mg
Almidones	11.8gr

3 Procedimiento para la elaboración de la cerveza con camote morado (*Ipomea batatas*)

Procedimiento general

El proceso que se describe a continuación, de una cerveza Munich Helles: alemana, maltosa de color dorado (puede variar debido a la presencia de antocianinas presentes en el camote morado), con un sabor a malta ligeramente dulce. Lúpulos sutiles especiados, florales o herbales de contenido amargo que da un balance, siendo una cerveza refrescante.

Recepción de materia prima

Esta primera etapa consta de la recepción de materias primas que serán malta (6 hileras y munich), lúpulo, agua y camote morado. Durante esta etapa del proceso será ideal que los proveedores proporcionen la documentación pertinente sobre los controles que ellos realicen a sus productos y un certificado (para la malta y lúpulo) que contenga la apariencia, color, olor y estado del producto.

Por otro lado, una toma de muestra para la comprobación y análisis de las materias primas en aspectos visuales, fisicoquímicos y sensoriales permitirá una toma de decisión de aceptación o rechazo. De no haber aprobación de las materias primas se procede a un rechazo de la mercancía y devolución al proveedor.

Maltas por usarse

Malta base 6 hileras y malta munich: Para este proyecto se optó por un estilo de cerveza utilizando malta base pale ale y malta munich en un 40% y 60% respectivamente. Conocer las maltas nos ayuda a predecir las posibles características finales del producto terminado.

Molienda de malta y camote

Para la molienda de la malta se utilizará un molino de rodillos. Para el caso de la malta una molienda semigruesa. El camote será rebanado, secado en estufa a una temperatura de 70°C y licuado hasta obtener una harina fina con el fin de hacer una cocción más sencilla que permita una hidrólisis adecuada del almidón.

Cocción de adjuntos

Este proceso se realiza en una olla de cocción donde se introducirá harina de camote morado (*Ipomoea Batatas*) hasta llegar a una temperatura de ebullición, manteniendo la temperatura en un rango de 75 y 80°C con el fin de permitir la gelatinización y licuefacción. Durante este proceso se mantiene una agitación evitando la aglomeración de los carbohidratos obtenidos del almidón **retrogradación del almidón (formación de engrudo).**

Es importante mencionar que durante este proceso las antocianinas presentes en el camote morado presentan una estabilidad a temperaturas de proceso debido a la presencia de 2 grupos aromáticos y de un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. (Chavez.2014)

Maceración

Mientras se realiza el proceso de cocción de adjuntos, en otro tanque la malta molida se mezcla con agua a un ciclo de tiempo/temperatura para iniciar la activación de las enzimas presentes en la malta (proteasas, α -amilasa, β -amilasa) con el fin de obtener péptidos, aminoácidos, dextrinas y azúcares fermentables.

Con base en la temperatura óptima de cada enzima, sus principales productos de degradación y las características que se desean obtener en el producto se construye la curva de maceración.

Este proceso es más eficiente a baja concentración de agua, lo que permite que las enzimas puedan interactuar mejor con los carbohidratos

- Elevación de la temperatura de 35 a 45 °C por 10 min, se inicia la desnaturalización de proteínas
- Pausa en 45°C por 20 min para mantener la desnaturalización.
- Elevación de temperatura de 45 a 50 °C activación de β -glucanasas, reduce la viscosidad del mosto.
- Pausa en 50°C durante 30 min, la actividad de enzimas continua
- Elevación de temperatura de 50 a 70°C (actividad de enzimas α -amilas y β -amilasa) en 15- 20 min. Para una mayor actividad enzimática y mayor cantidad azúcares fermentables y menor no fermentables (dextrinas). Se espera como resultado mayor contenido de alcohol, menor dulzor y mayor contenido de CO₂.
- Mantener Temperatura 71 °C por 20 min
- Elevación de Temperatura de 71-77 °C por 5 min (desacelerar acción enzimática)

La cocción de adjuntos y maceración se llevan simultáneamente. Es importante que durante la cocción de adjuntos no se disminuya la temperatura, ya que de enfriarse se dará una retrogradación de carbohidratos impidiendo una buena fermentación. Incorporar el contenido del tanque de cocción al macerador con el fin de aumentar la temperatura y activar enzimas de este último.

Filtración del mosto

Una vez que se encuentra nuestra muestra con azúcares disponibles, dextrinas (si se desean), péptidos y aminoácidos la denominaremos mosto.

El producto se transfiere a un tanque clarificador “lauter” en el cual se depositarán en el fondo componentes insolubles, principalmente cascarilla, con el fin de obtener un extracto claro que se enviará a la olla de cocimiento.

Mantener una adecuada velocidad de circulación, temperatura alrededor de 70-75°C para evitar la viscosidad, control de ingreso de aire (evita oxidación) y lavados del lauter con mínima cantidad de agua nos ayudará a obtener un mosto con rendimiento y más claro.

Cocción/lupulado

Durante esta etapa del proceso evaporaremos el exceso de agua que se obtuvo durante los lavados de la maceración, inactivaremos enzimas presentes, eliminaremos microorganismos presentes, se eliminan sustancias que puedan dar un sabor no deseado (DMS, volátiles indeseables) proporcionaremos características de sabor y aroma a nuestro producto.

Llevaremos nuestro mosto a ebullición por 1 hora a temperatura de ebullición. Se formará el trub, exceso de proteínas que forman un velo blanco no deseado. Debido a las características de la cerveza no deseamos tanto amargor del producto es por ello que el lúpulo se agregará en forma de pellets únicamente por 15 min con el fin de aportar únicamente aroma y un ligero amargor. Una vez formado el trub se eliminará (utilizando un tanque Whirlpool).

El enfriamiento no debe tardar más de 40 min debido a una posible contaminación microbiológica y un descenso de pH no deseado.

Fermentación

La cerveza Munich Helles pertenece a Pale Lager. Conociendo esto y la infraestructura con la que contamos para controlar el proceso de fermentación escogemos una levadura *Saccharomices cerevisiae*, tipo Ale.

Etapas de fermentación

- Fase de adaptación: Antes de hacer el inoculo de levadura al tanque de mosto esta se introduce a un pequeño matraz que contiene mosto para activarla. Esto se realiza ya que la levadura viene de un medio con bajo alimento y en estado de latencia, si se introduce al mosto directamente entrara en un medio osmótico estresante por alta concentración de azucares.
- Fase log: las levaduras que activaron su metabolismo y sobrevivieron a la concentración de azucares comenzara a reproducirse.
- Fase exponencial: El medio provee condiciones de crecimiento adecuadas para el crecimiento de la levadura. Empieza fermentarse el mosto y liberar CO₂. Esta etapa dura 5 días en promedio.
- Eliminación se subproductos: compuestos sulfurados que provocan deterioro en la cerveza son eliminados.

Tabla 6: Etapas del proceso de fermentación

Tiempo (horas)	Etapa
0	levadura añadida
24	actividad en trampa de aire, incremento de temperatura (15-18)°C
24-48	formación de espuma en la parte superior (crecimiento de levadura)
48	Fermentación e incremento en la formación de CO ₂
72	Empieza la última etapa de fermentación, la formación de CO ₂ empieza a disminuir y la actividad en la trampa de aire disminuye
más de 72	Absorción de diacetilo y eliminación de compuestos sulfurados. Se monitorea la gravedad del mosto, de no haber variaciones se termina la fermentación

Maduración

Durante esta etapa la levadura se encuentra floculada, lo que permite una adecuada filtración de esta, se separa para evitar sabores no deseados. Nuestro producto aún tiene bajo contenido de CO₂ y su sabor y aroma no está desarrollado por completo por lo que se procede a una maduración.

El producto es decantado, separando la levadura de la cerveza, se almacena a temperatura de refrigeración por un tiempo de 1 a 2 semanas en promedio. Una vez que este tiempo ha transcurrido se procede a regresar la cerveza al fermentador y añadir azúcar en una proporción de 1.5%. Esto permite que la levadura latente pueda aumentar la concentración de CO₂ con el fin de ayudar en la carbonatación.

Envasado

Una vez que la maduración ha terminado y la levadura a floculado se procede a envasar en botellas ámbar, se coloca un atapa y etiqueta.

4. Control de calidad

La calidad de la cerveza es la ausencia de aspectos reconocidos generalmente como indeseables. Depende de varios factores que tienen relación con las materias primas, el proceso de elaboración y el consumidor que evalúa el producto. Entre los parámetros de la calidad están el sabor, estabilidad de la espuma, color, grado alcohólico y la presencia de residuos o precipitados. (Cárdenas. 2003)

4.1 Color

Son varios los compuestos responsables del color de la cerveza que dependen de las interacciones que se establecen entre las materias primas y las condiciones de proceso, por ejemplo: melanoidinas, productos de caramelización, carotenoides, antocianinas. De estos la fuente primaria de color son las melanoidinas, poseen un espectro de color que va desde el amarillo al ambar y se generan por reacciones de pardeamiento no enzimático (Reacciones de Maillard) durante el tratamiento de malteado y cocción.

Durante el malteado también se producen pirazinas que son compuestos muy aromáticos. Por lo tanto, el color de la cerveza está estrechamente relacionado con su aroma y sabor. (Ademola.2017).

4.1.1 Determinación de color

El color de las cervezas se evalúa de acuerdo con 2 escalas: la SRM (*Standard Reference Method*) utilizada principalmente en los Estados Unidos y la EBC (*European Brewing Convention*) en el resto del mundo. Ambas técnicas se basan

en medidas espectrofotométricas midiendo la absorbancia de la muestra de cerveza a 430 nm frente a un blanco de agua destilada.

La absorbancia SRM se multiplica por 10 para obtener el valor SRM (grados Lovibond, °L), mientras que la absorbancia EBC se multiplica por 25 para obtener su resultado. Es posible hacer una conversión de valores, en la práctica, el color EBC es aproximadamente 1.97 veces el color SRM ($EBC = 1.97 * SRM$ o $SRM = EBC/1.97$) (Suárez. 2013)

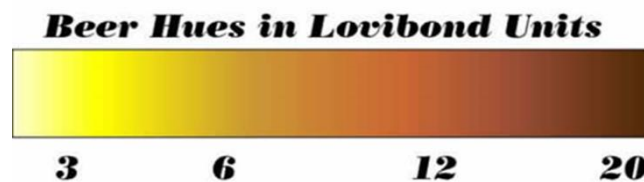


Figura 22: Escala de color en grados Lovibond

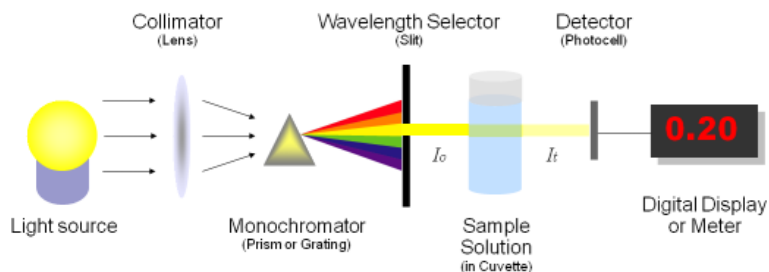
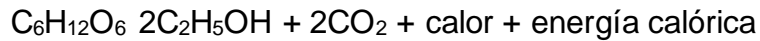


Figura 23: Esquema de funcionamiento de espectrofotometro

4.2 Grados de alcohol

Se forma durante la etapa de fermentación del mosto, mediante el cual la levadura convierte la glucosa en etanol y dióxido de carbono. Donde los principales productos obtenidos son etanol y CO_2 , aunque también se forman subproductos

del crecimiento de levaduras que contribuyen con el aroma (ácidos orgánicos, esteroides). (Cárdenas. 2003)



El alcohol es el producto resultante de la fermentación principalmente alcohólica de materias primas. El producto puede adicionarse de ingredientes y aditivos permitidos en el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud (Ver 2.32). Su contenido alcohólico es de 2% a 20% Alc. Vol. (NOM-199-SCFI-2017. 2017)

4.2.1 Determinación de grados de alcohol

La NMX-V-013-NORMEX-2013 Bebidas alcohólicas-Determinación del contenido alcohólico (por ciento de alcohol en volumen a 20 °C (% Alc. Vol.) señala 2 métodos para la determinación de contenido alcohólico.

- Método volumétrico (Alcoholímetro). Se mide el contenido alcohólico a través de un alcoholímetro y de un termómetro.
- Método por densímetro digital. A través de un densímetro digital se obtiene el resultado en % Alc. Vol



Figura 24: Equipo digital para determinación de alcohol.

ESPECIFICACIONES	LÍMITES	
	Mínimo	Máximo
Contenido de alcohol a 20 °C (% Alc. Vol.)	2	20
Metanol (mg/100 ml de alcohol anhidro)	-	300
Acidez Total (como ácido láctico en g/l)	-	10

Fuente (NOM-199-SCFI-2017. 2017)

- Cromatografía de gases

En la técnica analítica instrumental para la cuantificación de bebidas alcohólicas destiladas y no destiladas como la cerveza y el vino es la Cromatografía de Gases. Los componentes de la muestra son vaporizados y separados cuando interaccionan con la fase móvil que la mayoría de las ocasiones es un gas inerte y un líquido de punto de ebullición alto inmerso en la columna de separación.

Mientras que muchos cerveceros calculaban el contenido de etanol en la cerveza por midiendo su peso específico antes y después de la fermentación, La Sociedad

Estadounidense de Químicos Cerveceros (ASBC) creó un método estándar de cromatografía de gases para el análisis cuantitativo de etanol en cerveza (Beer Method 4- D). Este método requiere el uso de un estándar interno con n-propanol (solución acuosa al 5 % v/v) empleando un detector de ionización de flama. (Hunter.2021)

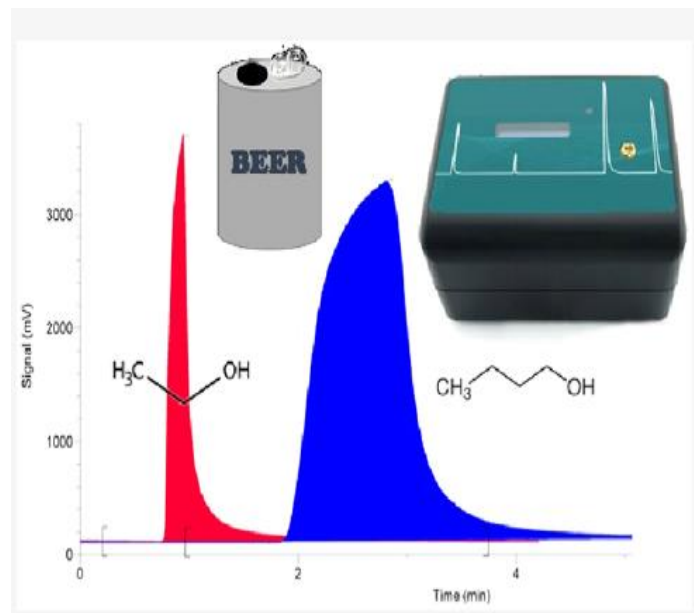


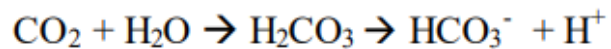
Figura 25: Determinación de etanol en cerveza por cromatografía

4.3 pH

El agua desempeña un rol importante, ya que no solamente es el ingrediente principal de la cerveza, sino que también sirve de lavado de equipo, utensilios y uso en general. Un pH muy elevado es desfavorable para reacciones como la sacarificación ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente por mayor extracción de taninos

(polifenoles) desde la cáscara del grano en el proceso de maceración y filtración. Además un elevado pH conlleva un mayor riesgo desde el punto de vista microbiológico. (Suárez.2013)

El pH es un factor importante en la fermentación, la variación del pH durante este proceso se debe a la transformación de aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH en el medio. Otro factor que da el cambio es la producción de dióxido de carbono que en disolución da lugar a ácido carbónico.



El pH influye en la actividad de la levadura. Así se ha podido comprobar que el pH más favorable para el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* se encuentra entre 4.4 - 5.0, siendo 4.5 el adecuado para crecimiento óptimo (Cárdenas. 2003)



Figura 26: medidor digital de pH

Como se mencionó anteriormente, la mayoría el agua potable tiene un pH de alrededor de 7. Sin embargo, regularmente, las cervezas Lager tienen un pH entre 4.0 a 5.0 mientras que el pH de las cervezas Ales varían entre pH 3.0 a 6.0 y las cervezas tipo sour pueden tener un pH tan bajo como 3.3 (Cárdenas Héctor. 2003)

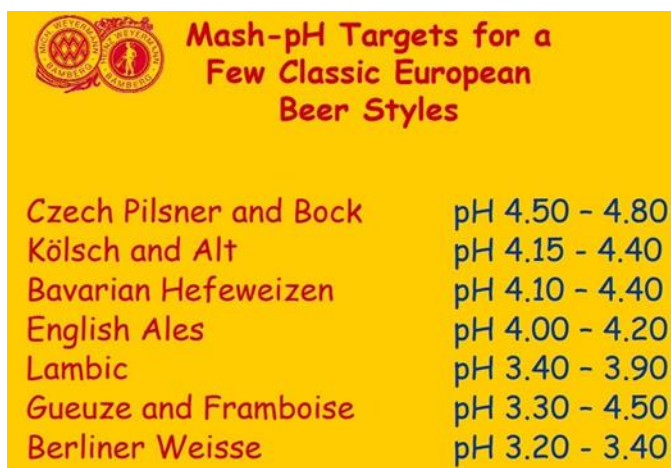


Figura 27: pH de cervezas clásicas europeas según su estilo

Tabla 7: Especificaciones pH en cerveza tipo Ale

Fuente (NOM-199-SCFI-2017. 2017)

Especificaciones	limites	
	mínimo	Máximo
pH	2.5	5

4.4 Turbidez

La pérdida de brillo, el descenso de la transparencia, el grado de enturbiamiento, son las sucesivas manifestaciones visuales de la inestabilidad de la cerveza. Esta turbidez se debe principalmente a la formación de complejos coloidales de proteínas-polifenoles.

Durante la ebullición del mosto y el enfriamiento se presenta una asociación donde las proteínas poseen un número determinado de sitios de unión que interaccionan con polifenoles; dando la formación de coloides proteínas-polifenoles. Estos coloides presentes en la cerveza tienden a coagular formando estructuras más grandes, hasta que se forma una turbidez visible que precipita. El tiempo que se tarda en hacerse visible esta reacción depende del contenido y tipo de proteínas, taninos (compuestos polifenólicos), pH, temperatura, oxígeno disuelto, sales y metales que actúan como catalizadores. Por lo tanto, con un control en la concentración de proteína no se podrán establecer los puentes de unión entre las proteínas y polifenoles, quedando los complejos de menor tamaño, no evidenciándose turbidez. (Cárdenas. 2003)

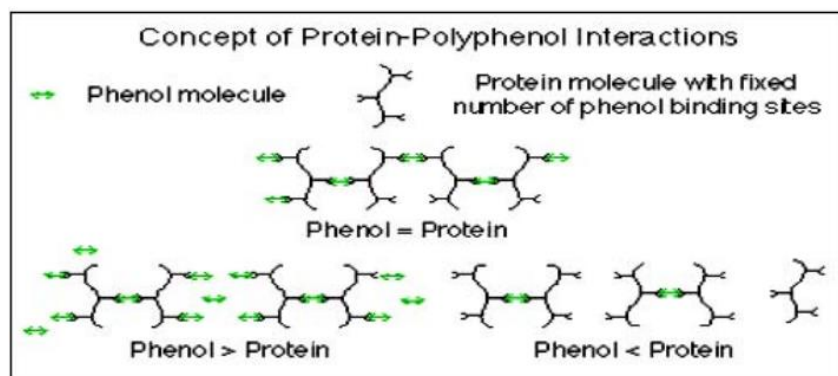


Figura 28: Interacciones de proteína-polifenol

4.5 Densidad

Lo que se entiende por densidad cuando se habla de cerveza, es la densidad relativa. Es decir, la densidad entre la masa volumétrica del mosto o cerveza final y la del agua bajo las mismas condiciones presión y temperatura.

Durante la elaboración de la cerveza se toma en cuenta la densidad original objetivo, la cual se trata de un valor dado por el estilo de cerveza que se desea realizar. Es importante controlar el proceso, ya que la densidad objetivo puede desviarse dando un producto no deseado. Si no se alcanza la densidad objetivo se pueden realizar ajustes para llegar a alcanzarla, como prolongar la cocción o diluir mosto en agua. (Valverde.2020)

4.5.1 Determinación de densidad

La determinación de la densidad relativa se determina con un densímetro para cerveza. Su fundamento se basa en el principio de Arquímedes, siendo un método fácil de realizar y rápido. El procedimiento es simple, únicamente se debe verter el destilado en una probeta de volumen suficiente para el densímetro e introducirlo, finalmente tomar nota de la medición a temperatura controlada. (Valverde.2020)



Figura 29: Densímetro para cerveza

4.6 Amargor

El amargor principal de la cerveza viene proporcionado por la adición del lúpulo, dando amargor y aroma característico. El lúpulo proporciona su amargor a partir

de los α -ácidos que mediante la cocción cambian de estructura generando compuestos responsables del amargor llamados iso- α -ácidos. (Suárez. 2013)

Hay que tener en cuenta que el amargor de la cerveza no proviene exclusivamente del lúpulo, ya que puede venir de otros componentes en la cerveza, por ejemplo, maltas muy tostadas o adición de determinadas frutas y especias. (Valverde.2020)

4.6.1 Determinación del amargor

El amargor en la cerveza se mide por el sistema IBUs (*International Bitterness Units*). Es una medida de concentración de los iso- α -ácidos en la cerveza terminada en partes por millón. Es decir, un IBU es una ppm de iso- α -ácidos. (Valverde.2020)

El método de la ASBC y el de la EBC sigue un protocolo donde un volumen de cerveza se acidula con HCl y se agita durante 15 minutos con un volumen doble de 2,2,4-trimetilpentano (iso-octano). Se separa el extracto orgánico y se mide espectrofotométricamente a 275 nm, longitud de onda a la cual absorben varias especies que dan amargor a la cerveza. Las lecturas obtenidas se sustituyen en la siguiente ecuación.

$$\text{IBU} = 50 \times \text{ABS}_{275 \text{ nm}}$$

Donde $\text{ABS}_{275\text{nm}}$ es la absorbancia del extracto a 275 nm. El coeficiente 50 relaciona la pendiente de correlación y la relación del disolvente utilizado. (Suárez. 2013)

Tabla 8: Unidades de IBUs en diferentes estilos de cerveza



STYLE	IBU
Berliner Weisse	4 - 6
New England IPA	25 - 60
Bohemian Pilsner	30 - 40
India Pale Ale	40 - 60
American Pale Ale	20 - 40
English Pale Ale	20 - 40
ESB	30 - 55
Mild	10 - 24
Brown Ale (English)	15 - 25
Brown Ale (American)	25 - 60
Porter	20 - 30
Black IPA	50 - 90
Dry Stout	30 - 50
Imperial Stout	50 - 80

4.7 Antocianinas:

Las antocianinas son un grupo de pigmentos de color rojo, hidrosolubles, visibles al ojo humano, ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Su estructura está constituida por una molécula de antocianidina, que consta de 2 grupos aromáticos: un benzopirililio (A) y un anillo fenólico (B), a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico.

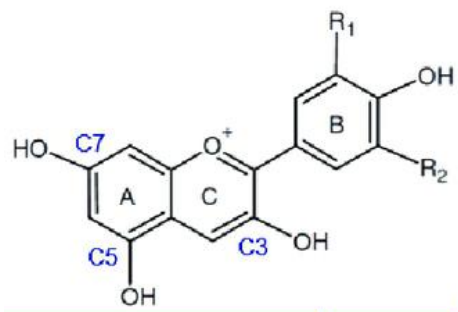


Figura 30: Estructura básica de antocianidina

La combinación de la estructura base con diferentes azúcares (monosacáridos, disacáridos, trisacáridos) genera aproximadamente 150 antocianinas. (Ortiz. 2011)

Los azúcares de las antocianinas están unidos normalmente a las antocianinas a través de enlaces con el oxígeno. La glicosilación de la antocianina provoca una O-acilación, siendo una adición de un grupo acilo a la antocianina. Esta modificación es importante ya que permite la formación a estructuras estabilizantes, se ha observado que la presencia de estos grupos acilo confieren estabilidad a condiciones extremas de pH y temperatura. (Chavez.2014)

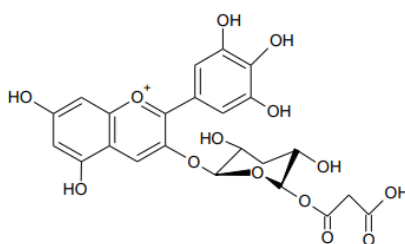


Figura 31: Antocianina acilada delfinidina-3-malonilglucosido.

4.7.1 Cuantificación de antocianinas

Las antocianinas son moléculas polares por lo que los disolventes más usados para su extracción son combinaciones acuosas de etanol, metanol. A pesar de que la extracción con metanol es más eficiente, debido a su toxicidad, en la industria alimentaria se usa preferentemente etanol. Si se usa un medio con ácido débil, etanol acidificado, es posible extraer más y diferentes antocianinas.

Un total de 20 antocianinas, incluida la peonidina acilada y no acilada, los glucósidos de cianidina y la pelargonidina presentes en el camote morado han sido identificadas mediante Cromatografía de Líquidos de Ultra Alta Resolución UHPLC acoplada a Espectroscopia de Masas y cuantificadas por Cromatografía

de Líquidos de Alta Resolución (HPLC) utilizando un Detector de UV/vis con arreglo de diodos. (Yeong Ran.2021)

Actualmente la espectrofotometría es la técnica más utilizada para obtener información cuantitativa y cualitativa de las antocianinas. La espectrofotometría de masas y la resonancia magnética nuclear se han convertido en las técnicas más utilizadas para su identificación. (Chavez.2014)

- Espectrometría de masas: Su principio consiste en ionizar compuestos químicos para generar moléculas cargadas y medir la proporción de masa. Recientemente se combinan técnicas de HPLC con espectrometría de masas para la identificación de antocianinas evitando la volatilización y subsecuente ionización.
- Resonancia magnética nuclear: Si se desea identificar la estructura de las moléculas se requiere una extracción y purificación por otras técnicas analíticas y en otros las muestras pueden usarse tal y como son.

Resultados

Al finalizar el proceso de elaboración de cerveza se espera obtener un producto con un aroma, sabor, apariencia y sensación en boca característicos. Estos cuatro parámetros serán los elementos perceptivos que definen al producto.

- Apariencia: Debido al tipo de malta utilizada se espera un producto de color amarillo-rojizo palido, la presencia de las antocianinas en el producto aporta un color ligeramente rojizo. Espuma blanca y estable.

- Sabor: Moderado sabor a dulzor, nivel bajo-medio de amargor por presencia de antocianinas y ebullición de lúpulo. Contenido alcohólico ligero pero perceptible.
- Sensación: ligeramente astringente, pero no desagradable producido por los polifenoles (taninos) presentes en el camote.

Análisis del producto final

Si bien se habló en un capítulo de las pruebas de calidad a realizarse al producto terminado, comparar lo que se esperaba obtener con lo que realmente se obtuvo de una manera rápida y confiable. Donde los principales puntos a evaluar serán vol alcohólico, densidad inicial y final, color y °Bx.

De acuerdo con el Beer Judge Certification Program (BJCP) sus características son

- Densidad inicial: 1.044 – 1.048 g/cm³ (antes de fermentar)
- Densidad final: 1.006 – 1.012 g/cm³ (después de fermentar)
- IBUs: 16-22
- Color (SRM): 3-5 (variable por la presencia de antocianinas)
- Vol. Alcohólico: 4.5-6.5%

Densidad: Para el caso de densidad inicial y final se tomará muestra del mosto antes de ser inoculado y después de la maduración del producto. En ambos casos se transfiere muestra a una probeta de 1 L se coloca el densímetro y se registra el valor.

Color: Para agilizar el análisis del color y comparar el producto obtenido con el producto deseado nos apoyaremos de un Pantone especial para cerveza (Beertone) el cual además de proporcionar el color da el nombre de la cerveza y % de alcohol.



Figura 32: Beertone

IBUS: El amargor es un tema que debe analizarse, si bien las antocianinas pueden provocar un amargor su concentración en el producto final no representa un gran cambio.

Se utilizará una ecuación básica para la estimación de IBUs, la cual es:

$$IBU = \frac{\text{Gramos} \times TA \times \%AA \times 1000}{\text{Litros} \times CrD}$$

Donde:

- Gramos: peso del lúpulo añadido

- TA: factor de aprovechamiento del lúpulo y se expresa como decimal (un factor de 9% se expresa como 0.09)
- %AA: contenido de alfa-ácidos del lúpulo, este lo proporciona el proveedor.
- Litros: volumen de mosto final (volumen que ira al tanque fermentador)
- CrD “Corrector de densidad”: cuando el mosto antes del hervido tiene una densidad de 1.050 o menos, el factor de corrección es igual a 1

$$CrD = 1 + \frac{\text{Densidad antes de hervido} - 1.050}{0.2}$$

% alcohol: Para la determinación del volumen de alcohol se utilizará una fórmula donde necesitaremos las densidades del mosto antes de la fermentación y después de que la fermentación a concluido.

$$\% \text{ vol de alcohol} = (\text{Densidad antes de fermentación} - \text{Densidad fermentación concluida}) \times 105$$

pH: La determinación del pH debe ser realizada de preferencia con ayuda de un potenciómetro, pero debido al presupuesto con el que se cuenta para el proyecto se utilizaran tiras indicadoras de pH.

Un análisis sensorial por pares entre una muestra comercial de cerveza Helles y el producto obtenido permitirá ver si se encuentra una diferencia entre la muestra y un control

Estudio de mercado

Estructura de un negocio

Es importante tener un análisis, creatividad y valoración para decidir correctamente el negocio que se desea tener

1) Análisis:

- Observación: Identificar los recursos, habilidades y herramientas con potencial para poder generar una empresa
- Entender o simpatizar: Pensar en el cliente que desea, necesidades y que busca al adquirir un producto en específico. Esto permite ver el potencial de una idea.

2) Solución:

- Definir: Determinar los sectores con mayor potencial QUE PERMITAN GENERAR GANANCIAS
- Idear: Generar una empresa que responda a necesidades específicas y ofrezca un producto que haga sobresalir dentro de la competencia

3) Valoración

- Moldear: Realizar prototipos del producto con el fin de saber: Diseño, material, costos, tiempo de producción de un producto para saber que tan RENTABLE ES LA IDEA.
- Medir: Hacer pruebas piloto para evaluar reacciones, opiniones y recibimiento que tendrá el producto en el mercado. Satisfacción y mejoras

(Capacitate para el empleo, Evaluación de ideas de negocio. 2022)

El efecto de la pandemia en el consumo de cerveza

A lo largo del 2020 hasta la fecha se han presentado múltiples desafíos para todas las industrias derivados de la pandemia Covid-19. Para el mercado de la cerveza no es la excepción, se potenciaron nuevos intereses, necesidades y hábitos de consumo de este sector.

Los actuales consumidores se enfocan en los ingredientes de la cerveza, lo cual les permite experimentar y combinar nuevos sabores, ponen atención en los ingredientes y experiencias que puede ofrecer un producto. Así la cerveza da una oportunidad en el mercado para conquistar a consumidores que buscan cosas nuevas (García. 2020)

Los consumidores cerveceros que priorizan la experiencia son a quienes más les gusta experimentar con sabores y variedades de cerveza sin descuidar lo natural de los ingredientes y el proceso.

Por ello es importante considerar:

- La innovación en la naturalidad de los ingredientes tiene un alto potencial
- Los sabores naturales son bienvenidos por los consumidores, sobre todo por las generaciones más modernas.

Análisis FODA de ideas

Para una mejor toma de decisiones de emprendimiento un análisis FODA puede ayudar. El cual permite visualizar: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) de cada una de las ideas para determinar cual es la más factible.

- **FORTALEZAS:** todas las ventajas de mi proyecto con relación a beneficios hacia el cliente y ventajas sobre la competencia
- **DEBILIDADES:** Desventajas de mi proyecto hacia otros similares.
- **OPORTUNIDADES:** Observar el entorno y ver los aspectos que pueden traer beneficios al negocio
- **AMENZAS:** Que puede afectar al largo plazo del proyecto en su funcionamiento o desarrollo.

(Análisis FODA de ideas. 2022)



Figura 33: Diagrama de análisis FODA

Conclusiones

•Mediante ésta propuesta se puede obtener una cerveza novedosa y con cualidades sensoriales y nutrimentales atractivas. Además, se daría una alternativa tecnológica a un material que únicamente se consume de forma directa logrando beneficios a los productores directos.

•Por sus propiedades, el camote morado (*Ipomoea batatas*) puede ser viable como adjunto cervecero solo o mezclado con otros materiales como el trigo, maíz, arroz, mijo, sorgo o jarabes.

•La presencia de antioxidante naturales en la cerveza producida potencialmente contribuiría a la benéficamente salud del consumidor de tal manera que se hablaría de una bebida funcional o nutracéutica

Bibliografía

- Adomela, O;Lettisha Hilalal;Mduduzi Mokoena (2017)”Flavol active volatile compouns in beer:production, regulation and control”. Institute of Brewing and Destilling
- Análisis FODA de ideas. Disponible en: <https://capacitateparaeempleo.org/pages.php?r=.tema&tagID=8357&load=8473&brandID=capacitate> Revisado14/06/2022
- Aranzazú Valverde Álvarez. 2020. Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad de Sevilla. Sevilla
- Belitz, H; Grosch W 1997. Química de alimentos. 2da edición Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- Castillo Jeriel. Republica Dominicana. 2009. Revista: Revisiones de la ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos volumen 9.

- Cerveceros de México. 2014. Datos relevantes. Disponible en:<http://www.cervecerosdemexico.org.mx/datos-relevantes/>
- Cerveza: innovación y sabor en la era post pandemia. Disponible en <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/cerveza-innovacion-y-sabor-en-la-era-post-pandemia/> Revisado 21/06/2022
- Cervezas y RTD: qué esperan los millennials. Disponible en <https://unaindustriasaludable.com/cervezas-y-rtd-que-esperan-los-millennials/> Revisado 21/06/2022
- Chávez Miranda Alina María. 2014. Evaluación de la estabilidad de las antocianinas aciladas obtenidas del camote morado, el rábano y la campanilla roja. Facultad de química. México D.F
- Couyoumidjian, J. R. (2004). Una Bebida Moderna: La Cerveza en Chile en El Siglo Xix. Revista Historia, 37(2) Gustos y preferencias del consumo de cerveza artesanal: caso microempresa productora en Texcoco, Estado de México
- Cruz Montes, D., & Martínez Manrique, E. (2018). *Elaboración de una cerveza artesanal de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) estilo weizen.*
- Dries Bongaerts; De Ross Jonas; De Vuyst Luc. 2021. Technological and environmental Features determine the uniqueness of the lambic beer microbiota and production process. American society for microbiology.
- Enfriamiento del mosto obtenido de <https://tresjotasbeerclub.com/enfriamiento-del-mosto/#:~:text=El%20enfriamiento%20del%20mosto%20es,hervor%20a%20una%20temperatura%20ambiente.> (revisado 6 febrero 2022)

- Envasado y acondicionamiento obtenido de <https://www.cervezas.info/proceso-cervezero/elaboracion-en-casa/ensado-y-acondicionamiento> (revisado 9 febrero 2022)
- Evaluación de ideas de negocio. Disponible en <https://capacitateparaeempleo.org/pages.php?r=tema&tagID=8357> Revisado 14/06/2022
- FEDNA. 2022. Cebada 2C nacional 11.3% PB. Obtenido de <http://www.fundacionfedna.org/node/495> (Revisado 17/02/2022)
- Fergus G. Priest y Graham G. Stewart. 2006. Handbook of Brewing (2ª Edición.)
- Ferran J. 1959. Cebada. Variedades cerveceras y cerveza. Manual de cultivo, mejora de cebadas y fabricación de cerveza. Ed. Aedos. Barcelona España.
- González Marcos. Carolina del Norte. 2017. Principios de elaboración de las cervezas artesanales. Lulu press inc.
- Gutiérrez Osnaya Laura Jaqueline. 2019. Influencia del proceso de germinación sobre los cambios microestructurales del almidón de cebada. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Héctor Alejandro Rodríguez Cárdenas. 2003. Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A. Universidad Austral de Chile. (Calidad de cerveza)
- Hernandez Alicia. Costa Rica. 2003. Microbiología industrial 1ª edición. Euned. Pag 120
- Hernandez Franco Lourdes. 2014. Lúpulo (*Humulus Lupulus*) y Cerveza. Efectos sobre los ritmos sueño/ vigilia y ansiedad. Universidad de Extremadura.

- Hough, J.S 1990. Biotecnología de la cerveza y de la malta. Ed Acribia. Zaragoza. España
- Hunter, Rebecca (2021) “Analysis of Ethanol in Beer Using Gas Chromatography: A Side-by-Side Comparison of Calibration Methods” J. Chem. Educ. 2021, 98, 1404–1409
- La producción de cerveza en México Disponible en: <https://cervecerosdemexico.com/2021/05/10/la-produccion-de-cerveza-en-mexico/>
- Las Cervezas artesanales en México Disponible en <https://cervecerosdemexico.com/2018/11/06/las-cervezas-artesanales-en-mexico/> (Revisado 24/02/2022)
- Levadura, el ingrediente vivo de la cerveza. 2020 CERVECEROS DE MÉXICO. Disponible en <https://cervecerosdemexico.com/2020/09/18/levadura-el-ingrediente-vivo-de-la-cerveza/> (Revisado 24/02/2022)
- Lúpulo y sus componentes. 2013 disponible en <https://birrocracia.wordpress.com/2017/07/23/el-lupulo-y-sus-componentes/> (Revisado 22/02/2022)
- Magdalena del carmen Hernandez Hidalgo. 2001. Aprovechamiento de la zanahoria blanca (arracacia xanthorriza) como adjunto de una cerveza tipo Lager. Ecuador.
- María Suárez Díaz. 2013. Cerveza: Componentes y propiedades. Universidad De Oviedo. Oviedo (color)
- María Teresa Pino, Javier Saavedra, Francisco Álvarez, Rodrigo Gutiérrez, Cristián Hernández y Olga Zamora. 2017. Camote: materia prima para colorantes. Universidad de Chile. Chile.

- Martínez Reyes, Natalia. (2018). Análisis de características diferenciales entre antocianinas y betacianinas en extractos de plantas mediante pruebas de color. *Ambiociencias*.
- Melissa Estefanía Lucero Calvache. Estefany Dennis Gordon Luna. 2019. Estudio de las condiciones del pretratamiento de maíz morado (*Zea Mays L.*) para su utilización como adjunto en la elaboración de cerveza. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
- Miguel Aguilera Ortíz*, María del Carmen Reza Vargas, Rodolfo Gerardo Chew Madinaveitia y Jorge Armando Meza Velázquez . (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. Facultad de ciencias químicas. Durango.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- Pérez-Sánchez B., Guzmán-Sala A., Mayo-Castro A. Evolución histórica de la cervecería cuauhtémoc: un grupo económico de capital nacional. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas* 2012;
- pH de las cervezas según su estilo. Disponible en: <https://www.weyer mann.de/in/>
- Quetzalli Dzoara Miranda Melchor. 2017. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CAMOTE MORADO (IPOMOEA BATATA) Y DE UN PANQUÉ ELABORADO A PARTIR DE SU HARINA. Ciudad Universitaria
- Sánchez Romero, L. A., Guajardo Hernández, L. G., Almeraya Quintero, S. X., Pérez Hernández, L. M., & Guajardo Hernández I. (n.d.). *Gustos y preferencias del*

consumo de cerveza artesanal: caso microempresa productora en Texcoco, Estado de México.

- Sosa Cruz, E. E., & Fonseca Larios, R. (2019). *La importancia de la mercadotecnia en el desarrollo y posicionamiento de una cerveza artesanal mexicana*
- Suarez Díaz María. 2013. Cerveza: Componentes y propiedades. Universidad de Ovideo
- Suárez-Machín, Caridad, & Garrido-Carralero, Norge Antonio, & Guevara-Rodríguez, Carmen Amarilys (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50(1),20-28.[fecha de Consulta 24 de Febrero de 2022]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>
- Torres Alcala Andrea. 2016. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN IPOMOEA BATATAS (L.) LAM VARIEDAD MORADA Y EN UN SNACK DE CAMOTE. Universidad Nacional Autónoma De México. México D.F
- Vidal, Adria Renee; Zaucedo-Zuñiga, Alejandra Linaloe; Ramos-García, Margarita de Lorena. Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 19, núm. 2, 2018 Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México.

Anexo

Índice de figuras

Figura 1: Elaboración de cerveza por los egipcios. Museo Británico.....	5
Figura 2: Consumo de cerveza en los monasterios.....	7
Figura 3: Transporte ferroviario en México siglo XIX.....	8
Figura 4: Cervecería “Modelo” principios siglo XX	9
Figura 5: Principales países productores de cerveza.....	10
Figura 6: Distribución de micro cervecerías en México.....	13
Figura 7: Proceso general para la elaboración de cerveza.....	13
Figura 8: Malta caramelo molida.....	16
Figura 9: Acción de las amilasas sobre el almidón.....	19
Figura 10: Perfil de hidrolisis de los cambios químicos involucrados durante la maceración.....	20
Figura 11: Esquema simplificado de Filtro lauter.....	21
Figura 12: Olla de ebullición.....	22
Figura 13: Isomerización de los α - ácidos del lúpulo.....	23
Figura 14: Esquema sistema Whirlpool.....	24
Figura 15: Esquema simplificado de las principales rutas metabólicas de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	28

Figura 16: Cebada de 2 y 6 hileras.....	33
Figura 17: Estructura del grano de cebada.....	34
Figura 18: Conos de lúpulo fresco.....	35
Figura 19: Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	37
Figura 20: Camote morado <i>Ipomea batatas</i>	41
Figura 21: Moléculas de Cianidina aglicón y cianidina glucósido.....	42
Figura 22: Escala de color en grados lovibond.....	51
Figura 23: Esquema de funcionamiento de espectrofotómetro.....	51
Figura 24: Equipo digital para determinación de alcohol.....	53
Figura 25: Determinación de etanol en cerveza por cromatografía.....	54
Figura 26: medidor digital de pH.....	55
Figura 27: pH de cervezas clásicas europeas según su estilo.....	56
Figura 28: Interacciones de proteína-polifenol.....	57
Figura 29: Densímetro para cerveza.....	58
Figura 30: Estructura básica de antocianidina.....	60
Figura 31: Antocianina acilada delfinidina-3-malonilglucosido.....	61
Figura 32: Beertone	64
Figura 33: Diagrama de análisis FODA.....	68

Índice de tablas

Tabla 1: Sistemas enzimáticos involucrados en la maceración.....	17
Tabla 2: Condiciones de enzimas involucradas durante maceración.....	20
Tabla 3: Clasificación primaria de las cervezas de acuerdo con las condiciones de fermentación empleadas.....	27
Tabla 4: Composición química media de la materia seca de cebada.....	35
Tabla 5: Contenido nutrimental del camote.....	43
Tabla 6: Etapas del proceso de fermentación.....	49
Tabla 7: Especificaciones pH en cerveza tipo Ale.....	56
Tabla 8: Unidades de IBUs en diferentes estilos de cerveza.....	60

Índice de esquema

Esquema 1: Reacción general fermentación de glucosa.....	29
--	----