



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Elaboración de una cerveza artesanal de amaranto
(*Amaranthus hypochondriacus*) estilo weizen

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:
Cruz Montes Daniel

Asesor: Dr. Enrique Martínez Manrique
Coasesor: I.A. Verónica Jiménez Vera

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Elaboración de una cerveza artesanal de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus*) estilo weizen

Que presenta el pasante: Daniel Cruz Montes

Con número de cuenta: 413085423 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de septiembre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en C. Tais Nopal Guerrero	
VOCAL	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
SECRETARIO	Dr. Enrique Martínez Manrique	
1er. SUPLENTE	M. en C. E. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
2do. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	

NOTA: los sindocales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/javg

Agradecimientos:

En primer lugar, quiero agradecer a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual me brindó la oportunidad de desarrollarme académicamente y permitirme conocer y vivir todo lo que rodea a esta gran institución.

A mis padres:

Por haberme dado la oportunidad de cumplir con mis metas, por haberme brindado sus consejos, su apoyo, su dedicación y todas las sonrisas que me brindaron durante mi estancia en la universidad, aunque pasáramos por los momentos más difíciles.

A mis hermanos:

Alan y Xochitl, ya que siempre he contado con ellos para todo, gracias por la confianza que siempre nos hemos tenido, y sobre todo por el apoyo.

A mi novia:

Bárbara Pavón, por haberme apoyado a lo largo de esta etapa de mi vida, brindarme palabras de aliento, su tiempo, así mismo por haber compartido momentos de estrés, frustraciones y sobre todo alegría durante estos años, gracias por confiar y creer en mi.

A mis profesores:

Enrique Martínez y Verónica Jiménez por brindarme sus conocimientos, su apoyo y tiempo para lograr el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos de taller.

Antonio Martínez y Angelica Reyes por haber compartido este momento de mi vida, por el apoyo brindado durante este tiempo, así mismo por haber compartido risas durante el taller.

A mis amigos:

Natalia Valencia, Roberto Cruz, Jorge Antonio, Uriel Hernández, Karla Cristal, Lorena Reséndiz, Jessica Márquez, Jesús Villegas, gracias a todos por haberme compartido y acompañado en esta etapa de mi vida, aprendí muchas cosas de ustedes, algunos momentos fueron agradables otros no tanto pero siempre estuvieron apoyándome y solo se dice que siempre me llevare lo mejor de cada uno de ustedes y siempre los recordare con mucho cariño.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Bioquímica y Fisiología de granos de la Fes Cuautitlán, UNAM, como un proyecto del taller Multidisciplinario de Procesos Tecnológicos de Cereales con el apoyo del programa PIAPI-1841 y PAPIIME-PE200217

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción.....	2
Capítulo I: ANTECEDENTES	
1.1 La cerveza	3
1.1.1 Definición	3
1.1.2 Historia de la cerveza.....	5
1.1.3 Historia de la cerveza en México.....	6
1.1.4 La cerveza artesanal en México.....	7
1.1.5 Producción de cerveza artesanal en México	8
1.2 Materias primas para la elaboración de la cerveza	9
1.2.1 Cebada	10
1.2.2 Malta y tipos de maltas	10
1.3 Lúpulo	15
1.3.1 Componentes del lúpulo.....	16
1.4 Agua	17
1.5 Levadura	17
1.6 Adjuntos	17
1.7 Proceso para la elaboración de cerveza	19
1.7.1 Molturación y molienda	19
1.7.2 Maceración	20
1.7.3 Cocción	21
1.7.4 Enfriamiento	23
1.7.5 Fermentación	24
1.7.6 Fermentación secundaria.....	25
1.7.7 Filtración.....	26
1.7.8 Envasado	26
1.7.9 Pasteurización.....	27
1.8 Tipos de cervezas	28
1.8.1 Ale Fermentación superior	28

1.8.2 Cervezas tipo lager de fermentación inferior	31
1.8.3 Fermentación espontánea.....	32
1.9 Amaranto	33
1.9.1 Variedades	34
1.9.2 Valor Nutricional	34
1.9.3 Problemática en las formas de empleo del amaranto	35
1.10 Producción nacional	35
Capítulo II: DESARROLLO EXPERIMENTAL	
2.1 Objetivos	36
2.1.1 General	36
2.1.2 Particulares	36
2.3 Cuadro metodológico	37
2.3.1 Material biológico	38
2.4 Diagrama de procesos de una cerveza tipo weizen	40
2.5 Proceso de elaboración de una cerveza tipo weizen	41
2.5.1 Molienda	41
2.5.2 Maceración	41
2.5.3 Filtración	42
2.5.4 Lixiviación	42
2.5.5 Cocción	42
2.5.6 Filtración	43
2.5.7 Enfriamiento	43
2.5.8 Fermentación	43
2.5.9 Maduración	43
2.6 Calidad cervecera	
2.6.1 Determinación del porcentaje de alcohol en volumen	44
2.6.2 Determinación de color por espectrofotometría	45
2.6.3 Determinación de amargor por espectrofotometría	46

2.6.4 Determinación de pH por potenciómetro	46
2.6.6 Determinación de densidad final por hidrómetro	47
2.6.5 Determinación de estabilidad de espuma	47
2.6.7 Evaluación sensorial	48
2.6.8 Análisis estadístico	48
Capítulo III: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
3.1 Resultados de la variable estabilidad de espuma	50
3.1.1 Análisis de la variable estabilidad de espuma	51
3.2. Resultados de la variable Grado alcohólico	52
3.2.1 Análisis de la variable Grado alcohólico	52
3.3 Resultados de la variable pH	51
3.3.1 Análisis de la variable pH	52
3.4 Resultados de la variable color por espectrofotometría	53
3.4.1 Análisis de la variable color por espectrofotometría	53
3.5 Resultados de la variable amargor por espectrofotometría	54
3.5.1 Análisis de la variable amargor por espectrofotometría	54
3.6 Resultados de la variable densidad	55
3.6.1 Análisis de la variable densidad	55
3.7 Resultados de la evaluación sensorial (prueba de nivel de agrado)	56
3.7.1 Análisis de la evaluación sensorial (prueba de nivel de agrado)	56
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	57
Capítulo V: Bibliografía.....	58
Anexo 1	62
Anexo 2	62

Índice de tablas

Tabla 1. Composición Nutrimental de la malta.....	11
Tabla 2. Valor nutritivo de la semilla cruda de amaranto comparado con cereales comunes	34
Tabla 3. Valores de estabilidad de espuma	50
Tabla 4. Valores de grado alcohólico	51
Tabla 5. Resultados de pH	52
Tabla 6. Valores de color en unidades °EBC	53
Tabla 7. Valores de amargor en unidades °IBU	54
Tabla 8. valores de densidad final	55
Tabla 9. Prueba de nivel de agrado de cerveza de amaranto 30%	56

Índice de figuras

Figura 1: cerveza en Egipto.....	4
Figura 2: primer establecimiento cervecero en nueva España.....	6
Figura 3: Grano de cebada.....	9
Figura 4: Malta Pilsen.....	12
Figura 5: Malta Pale Ale	12
Figura 6: Malta Múnich.....	13
Figura 7: Malta Viena	14
Figura 8: Malta Múnich.....	14
Figura 9: Malta Múnich.....	15
Figura 10: <i>saccharomyces cerevisiae</i>	18
Figura 11: Malta molida.....	20
Figura 12: proceso de Maceración de malta de cebada.....	21
Figura 13: Proceso de cocción de mosto	23
Figura 14: Proceso de enfriamiento de mosto.....	24
Figura 15: proceso de fermentación de mosto	25
Figura 16: envasado de cerveza	26
Figura 17: Pasteurización de cerveza artesanal.....	27
Figura 18: Micrografía del grano de amaranto	33
Figura 19: Malta esperanza 6 hileras	38
Figura 20: Trigo HRW	38
Figura 21: Amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>) variedad Tulyehualco	39
Figura 22: Lúpulo hallertau.....	39
Figura 23: Levadura safbrew Wb-06	39
Figura 24: cribado de amaranto	41
Figura 25. Proceso de maceración.....	41
Figura 26: filtrado de mosto.....	42
Figura 27: Proceso de cocción del mosto	42

Figura 28: Proceso de fermentación	43
Figura 29: Proceso de elaboración de cerveza de amaranto estilo weizen.....	50

Resumen

El presente proyecto consistió en la utilización del grano de amaranto como un adjunto en la elaboración de cerveza, usando como base una cerveza comercial estilo weizen. Previo a realizar las formulaciones de la cerveza con el grano de amaranto, se elaboraron cervezas artesanales bajo condiciones de laboratorio. Una vez establecidas las condiciones, se procedió a realizar las cervezas con las diferentes concentraciones de amaranto (10,20 y 30%), así como a la cerveza comercial se realizaron análisis químicos para determinar el amargor, el contenido de alcohol, el pH, la densidad y el color. Los resultados se encontraron cercanos entre las cervezas elaboradas bajo condiciones de laboratorio en cuanto a los resultados obtenidos de la cerveza comercial se encontraron diferencias significativas. Posteriormente a la obtención de los resultados de análisis químico se eligió la mejor formulación de las cervezas con amaranto la cual fue 30-70 amaranto-cebada a la cual se le realizó una prueba de nivel de agrado a 95 jueces no entrenados, de los cuales tuvo una aceptabilidad del 76% a la cual le otorgaron una calificación de 7.1. Finalmente se demostró que la cerveza elaborada artesanalmente utilizando como adjunto una porción de amaranto tiene una gran aceptabilidad entre los consumidores. En esta investigación se pretende incrementar la demanda del cultivo de amaranto, y no sea destinada su producción de forma exclusiva para el área de reventado, sino también para otra clase de productos como es el caso de la cerveza. Se aprovecharía así la producción existente en Tulyehualco que es de 250 hectáreas el área de la montaña ubicada en las faldas del volcán extinto Teuhtli.

Introducción

La cerveza es una de las bebidas más antiguas que existen, su origen se remonta a la prehistoria y se relaciona con la aparición de grupos sociales sedentarios, el cultivo de cereales y la elaboración de pan. La cerveza tuvo gran importancia social hasta hace poco. La nutrición de un babilonio estaba constituida principalmente por cerveza, grano, frutas y verduras, dieta poco diferente de la mayoría de la gente modesta de la antigüedad. Muchos salarios se cobraban en grano o directamente en cerveza (García,2002). a lo largo de la historia se fueron desarrollando diferentes estilos de cerveza, así surgieron distintas clasificaciones, las más aceptadas dentro de los conocedores son la clasificación de acuerdo al tipo de fermentación que se clasifican en fermentación a bajas temperaturas lager y a alta temperatura ale dentro de esta destaca un estilo de cerveza desarrollado en Bélgica que utiliza una porción de trigo el cual imparte ciertas características (Yubero, 2015). En general son cervezas turbias, esto porque conservan levadura disuelta sin filtrar que, al ser poco floculante, es decir, que no decanta con facilidad, le otorgan aroma y sabor característico a la cerveza (Gordon,2015). Su característica: ácida, espumosa, ligera y de bajo contenido alcohólico le hacen que sea la cerveza perfecta para calmar la sed. Durante la fermentación se producen fenoles que otorgan sabores parecidos a la especia, clavo de olor y banana o frutas. Se le conoce indistintamente como weizenbier; cerveza de trigo; o weissbier: cerveza blanca, por su apariencia turbia (Berger, 1998). Teniendo como modelo este tipo de cerveza, en este proyecto se pretende impulsar la implementación de grano de amaranto en la elaboración de una cerveza artesanal de estilo weizen, ya que el amaranto al ser un pseudocereal de tamaño pequeño genera harinas que dan turbidez a la cerveza dando un aspecto lechoso, parecido a las características que da el trigo a la cerveza Weizen, y con esto se pretende apoyar a los productores de amaranto como una nueva forma de empleo del grano, ya que este cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades en condiciones de escasez, no sólo de recursos naturales como lo es el agua, sino también de tecnología en la producción y transformación en las regiones donde se produce, ya que la tecnología utilizada es tradicional, lo cual implica el uso limitado o nulo de maquinaria e insumos que permitan explotar el potencial del cultivo y poder incrementar la producción por hectárea, debido básicamente a que en general es un cultivo de temporal con un manejo laborioso; además de que el empleo es solo a través del reventado de este, sin poder tener diferentes formas de empleo y explotar su potencial (Garay, 2013), además, es un producto mexicano con elevado valor nutritivo y con un gran potencial tanto agronómico e industrial, así como lo es la cerveza artesanal en México (Hernández, 1998). Por lo tanto, en este trabajo se determinarán las mejores proporciones de amaranto en sustitución del trigo en la elaboración de una cerveza artesanal estilo weizen.

Capítulo I: ANTECEDENTES

1.1 LA CERVEZA

1.1.1 Definición

Se denomina cerveza a una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo que se fabrica con granos de cebada u otros cereales cuyo almidón, una vez modificado, es fermentado en agua y frecuentemente aromatizado con lúpulo (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2017)

1.1.2 Historia de la cerveza

Al parecer, la primera bebida fermentada que conoció el hombre fue la cerveza, y se cree que apareció junto con el pan de cebada. Es posible que alguien hubiese dejado el pan olvidado a la intemperie; la humedad y la flora bacteriana provocaron una fermentación natural. Al recogerlo, observó que el pan había segregado un líquido que le supo tan bien, que sucesivamente trató de reproducir el proceso (Yubero, 2016)

Es sabido que hace más de 6.000 años, en la tierra entre los ríos Tigris y Éufrates, los sumerios elaboraban y consumían la cerveza. Un grabado de esa época representa a unos bebedores de cerveza junto a los cuales se reprodujeron algunas canciones dedicadas a la diosa de la cerveza, Ninkasi. Además, los sumerios conocieron varios tipos de cerveza, entre ellos una variedad conocida como superior. Numerosas tabletas de arcilla hacen mención, de una bebida que se obtiene de la fermentación de granos y se llama sikaru (Berger, 1988)

Los babilonios heredaron de los sumerios el arte del cultivo de la tierra y la elaboración de la cerveza. El rey Hammurabi dispuso en un decreto normas sobre la fabricación de la cerveza, en el cual también se establecían severos castigos a quienes adulteraran la bebida. La elaboración tenía carácter religioso y era realizada sólo por las sacerdotisas. Los babilonios preparaban la cerveza a partir de los panecillos de harina de cebada y la llamaban pan líquido (Fonseca, 2007).

En Egipto los arqueólogos que estudian las pirámides, durante años han sabido que la cantidad de obreros utilizados en la construcción de las mismas sobrepasaba las 20.000 personas, pero la gran duda que tenían era, en donde vivían esas personas, dónde descansaban, dónde se alimentaban. Se suponía que para construir semejantes monumentos debía existir cerca de las pirámides un campamento que pudiera albergar a tanta gente para darles dicho descanso y comida. Durante años buscaron ese campamento hasta que finalmente lo hallaron y grande fue su sorpresa al descubrir que, en este lugar, además de albergues, había panaderías y fábricas de cerveza. Así los egipcios daban a sus obreros pan y cerveza, para alimentarlos y que tuvieran la energía suficiente para poder mover los enormes bloques de piedra que forman las pirámides. Este era un buen alimento para los obreros ya que el pan que por un lado era económico, aportaba carbohidratos y la cerveza, nutrientes para generar energía. La cerveza era considerada como el Pan Líquido, por lo que se podría afirmar que las majestuosas pirámides de Egipto fueron construidas gracias a este maravilloso elixir que los egipcios llamaron Zythum (Fonseca, 2007).

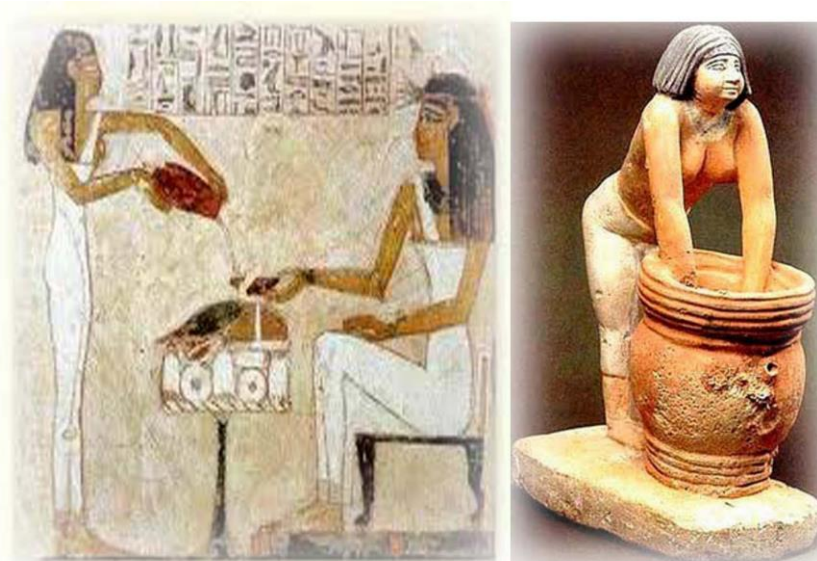


Figura 1: cerveza en Egipto

Fuente: Stanton, 2011

En la Edad Media, los alemanes poseían cerca de 500 claustros en los cuales se elaboraba y comercializaba la cerveza, ya que era privilegio exclusivo de los monjes y monjas, siendo muy famosas, en ello, las monjas de los Prados de Santa Clara. La primera organización gremial de fabricantes de cerveza nació en París en 1258 y 10 años más tarde, el reglamento para producir la bebida se inscribía en el libro de los oficios. Alemania ha influido mucho en fijar las características de la cerveza moderna, al punto que hoy en día aún cuentan con la "Ley de la Pureza" promulgada por el duque bávaro Guillermo IV de Orange en 1516, que obliga a producir la bebida con cebada malteada, agua, lúpulo y levadura (Verhoef, 2002).

En Inglaterra, la cerveza era tan importante que su Carta Magna daba la medida adecuada para la venta y consumo. Además, uno de los oficios más antiguos de ese país es el de degustador de cerveza. Los peregrinos ingleses fueron los que llevaron la cerveza a los Estados Unidos; una de las primeras cervecerías establecidas en Estados Unidos data de 1612 y perteneció a Adrian Brock y Hans Christiansen. En el siglo XIX llegaron a registrarse más de mil novecientos establecimientos en todo el país (Fonseca, 2007).

Numerosos documentos atestiguan la existencia de cervecerías en monasterios a partir del siglo IX uno de los más interesantes es el plano de la abadía de saint-Gall, en la Suiza germánica. Trazado en el año 820, muestra claramente la existencia de tres talleres y una maltería en el recinto del monasterio. Se producían por entonces tres cervezas; la prima melior, destinada a los padres y los huéspedes ilustres; la secunda, un poco más suave reservada a los peregrinos que iban a orar sobre la tumba del santo; y la tercera, que serviría a los peregrinos que pasaban por el camino (Verhoef, 2002).

Hasta el siglo XI la iglesia domina casi todo el comercio de cerveza no será sino hasta la aparición del groyt cuando comience a cobrar por la bebida. Si hasta entonces

muchas hierbas aromáticas habían contribuido a mejorar el producto desde los tiempos sumerios, el gruyt tenía la particularidad de aumentar el lapso de conservación de la cerveza, concediéndole al mismo tiempo un sabor picante, Se trata de una mezcla de plantas de los pantanos; mirto de brabante, ericáceas y romero silvestre, a los cuales en ocasiones se añadían bayas y resinas. Poco a poco la introducción del lúpulo como aromatizante iba privando a la iglesia de una fuente importante de ingresos. La revolución industrial obra en la producción de cerveza un salto adelante. La concentración de industrias crea una nueva clientela, fiel y gran consumidora de bebidas ricas y tónicas (Berger, 1988).

El verdadero detonante es la máquina de vapor, con la irrupción de líneas férreas. Gracias al tren los cerveceros entran en la esfera del gran comercio. El tren permite a los grandes cerveceros hacer frente a la gran demanda. Y por fin permite que la cerveza se extienda a París y a la Nueva Inglaterra. Gracias a las vías férreas las fabricas pueden dejar de preocuparse del problema de distribución y permite instalarse junto a fuentes de agua, con esto las fabricas pueden incrementar su capacidad productiva. Antes de la época de las vías férreas solo se fabricaba durante los meses de invierno, solo las fabricas poseedoras de cavas lo bastante espaciales como para almacenar hielo hasta la época de buen tiempo se permitía funcionar todo el año (tiempos de cerveza, 2012).

La segunda revolución radical en la industria cervecera ha de atribuirse a los descubrimientos de Louis Pasteur. Hacía ya largo tiempo que los fabricantes tenían la costumbre de cambiar las levaduras para renovar el proceso. Pero la introducción de las levaduras mal adaptadas a sus mostos provocaba a veces accidentes; por lo que los cerveceros del norte pidieron a Pasteur que se ocupara de este problema en 1857. Así pues, Pasteur observa la fermentación alcohólica y pone en evidencia dos hechos importantes: ante la ausencia de oxígeno las levaduras dejan de multiplicarse, pero no mueren, alimentándose en cambio de azúcares de mosto que transforman en alcohol. De esta evidencia extrae una conclusión aparentemente simple pero introductora de consecuencias revolucionarias, el descubrimiento explicó el proceso de fermentación por el cual la levadura transforma el azúcar en alcohol, eso significó por primera vez, que la fermentación podía ser controlada. La primera cervecería del continente americano fue construida en 1544 por don Alfonso de Herrera, cerca de Ciudad de México (Vertí, 2002).

A tan solo dos décadas de la caída de Tenochtitlan y ya considerado el territorio nacional como la nueva España, se concede el permiso a Alonso Herrera para la construcción del primer establecimiento cervecero con sede en Amecameca (Actual estado de México) en el año de 1544 por el entonces monarca Carlos V y bajo la condición imperante de que un tercio de las ganancias obtenidas o derivadas de la producción y comercialización de esta bebida, serian entregadas a la corona. La nueva e innovadora planta cervecera llevaría el nombre de Brazería (Organización de cerveceros de México, 2017).

1.1.3 Historia de la cerveza en México

A pesar de su futuro prometedor, la introducción de esta bebida a la cultura mexicana no fue una tarea fácil, su aceptación durante la época novohispana no gozó de gran éxito debido a las diferentes bebidas alcohólicas que tenían origen incluso antes de la conquista, como el aguardiente, pulque, mezcal, vinos de caña, tepaches, mezquite, ponches, entre otros. Cabe mencionar que en un principio, beber cerveza era un lujo que solo las clases medias altas podían darse a causa de su elevado costo, se debía a que las materia primas como la malta y la flor de lúpulo que se utilizan para su elaboración, tenían que ser importadas desde el continente europeo sin mencionar que, pagaban a maestros cerveceros del mismo continente para la elaboración y seguimiento de las recetas, cabe mencionar que a estos maestros cerveceros se les pedía firmar contrato de exclusividad para que las recetas permanecieran en total secreto (INAH, 2013).

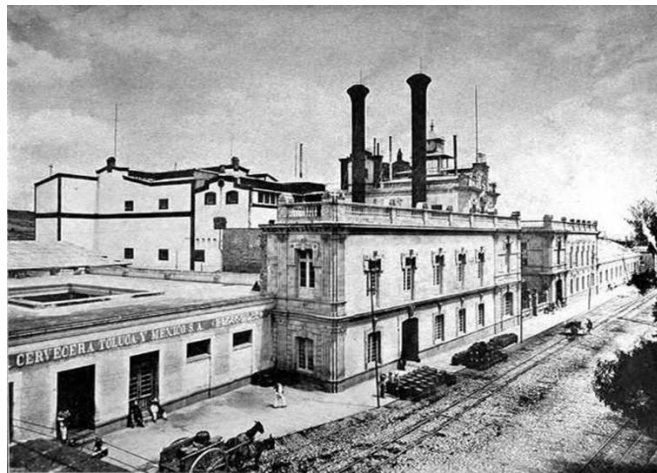


Figura 2: primer establecimiento cervecero en nueva España

Fuente: saludycerveza, 2011

Durante la guerra de independencia, el consumo y gusto de cerveza se había consolidado lo que dio lugar a un marco regulatorio para su producción. En aquel entonces los ingleses Gillions y Mairet, Justino Tuallion y Miguel Ramos Arizpe reclamaban la concesión de exclusividad para la producción de cerveza en México. Una vez terminada la guerra de independencia, la cerveza de Tuallion era la más popular y reconocida de entonces, la nombraron “del hospicio de pobres” el motivo de este nombre era porque la fábrica se encontraba muy cerca de un albergue para indígenas que así se denominaba (Explorando México, 2016).

A mediados del siglo XIX, ingresaron inmigrantes de nacionalidad alemana en el breve reinado de Maximiliano de Habsburgo y quienes contribuyeron en gran manera al mejoramiento en el arte de producir cerveza. De ahí surgieron dos famosas variedades de cerveza mexicana: La negra Modelo y Dos Equis Ámbar de estilo lager oscuras que, aunque no eran tan pesadas como las inglesas, tenían más cuerpo y sabores pronunciados con maltas más acarameladas que las pilsner claras. Gracias a la llegada de los inmigrantes alemanes, la industria cervecera en México dio un gran salto y pronto se colocó la primera productora de cerveza lager llamada “pila

seca” de la mano de su fundador suizo Bernhandad era que produce cerveza oscura en base a piloncillo y malta de cebada que se seca al sol (De Mauleon, 2012).

Fue en la época porfirista cuando la industria cervecera comenzó a consolidarse gracias al desarrollo económico que se dio a raíz de las vías ferroviarias como canales de distribución. Industrias como la del tabaco, jabón y cerveza, rápidamente sacaron provecho del progreso que México estaba experimentando y con capitales cuantiosos, comenzaron a surgir nuevas empresas que utilizaron la sociedad anónima para constituirse legalmente y que pronto producirían sus bienes se consumió a gran escala (FISAC, 2014).

La última y sin embargo feliz, consecuencia de esta evolución será el nacimiento de la cerveza tradicional hecha por manos artesanales. Las producciones industriales, demasiado estandarizadas, han provocado ciertas reacciones: en primer lugar, la de los pequeños fabricantes, cuyos días estarían contados si no hicieran el esfuerzo de desarrollar líquidos de gran calidad gustativa. El ejemplo provino de Bélgica, pequeño país de grandes cervezas, rico en tradición, enseguida tuvo reacción de los aficionados de la Cámara Inglaterra, e de la Cht'i Vert en Francia, demuestran sobradamente que la defensa de las cervezas artesanales pasa por el reconocimiento de la diferencia existente entre las especies refrescantes y las del sabores y aroma fuertes y característicos (Berger,).

1.1.4 La cerveza artesanal en México

Antes de los primeros pasos a la industrialización, en México se producía cerveza artesanalmente y ninguna de estas pequeñas empresas contaba con canales de distribución para vender sus productos fuera de su región. En aquellos años, la cerveza era muy distinta a lo hoy se conoce, se elaboraba hirviendo la cebada, limón, tamarindo y en ocasiones, trigo con azúcar. También se utilizaba pimienta, clavo, cilantro y hasta cascara de piña fermentada para después dejar fermentar el brebaje con adición de lúpulo (FISAC, 2014).

El proceso de elaboración de las cervezas artesanales es llevado a cabo de forma manual desde el molido de las maltas utilizadas hasta el embotellamiento para su consumo, esto es debido a las cantidades que manejan. Otra diferencia entre la cerveza artesanal y la industrial es su sabor, por no tener ningún aditivo artificial y ser elaborada con más dedicación posee un mejor sabor y presentación. Al ser elaborada artesanalmente cada maestro cervecero crea una receta diferente que la hace especial y la diferencia de las otras, por ello su costo es superior al de la cerveza industrial. Las cervezas son elaboradas con cuatro ingredientes esenciales: lúpulo, agua, levadura y cebada, las diferencias más marcadas entre la cerveza producida de forma industrial en grandes cantidades y la artesanal se encuentra precisamente en las reducidas cantidades o proporciones, otro factor a considerar es el tratamiento que se le da a la materia prima o ingredientes y el proceso de creación como tal. Las cantidades de materia prima o ingredientes usados en la cerveza artesanal son reducidas en comparación con los usados en la creación de la cerveza industrial, en la que utilizan conservantes artificiales, las cervezas artesanales no llevan entre sus ingredientes ninguno de tipo artificial (Hough, 2002).

A mediados de los años 90 nació en el centro del país, la primera cervecera mexicana artesanal, al tiempo que los grandes corporativos industriales nacionales se encargaban de conquistar el mercado internacional. En 1995 surge la primera cervecera tipo ale (de fermentación alta) en la ciudad de México, inspira en las cervezas estadounidenses. La cerveza artesanal Cosaco comenzó la llamada “revolución cervecera” en el país, dominado hasta la fecha por Grupo Modelo y Cuauhtémoc-Moctezuma. El gremio artesanal estima representar 0.5% de la producción nacional y calcula el número de productores, ventas, ganancias y empleos. Prácticamente es imposible conocer su participación en la economía nacional porque en esta industria no hay más que eso, aproximaciones. Los establecimientos cervecería-restaurante, que naturalmente requerían de una buena inversión más fuerte aparecieron en Monterrey y en la ciudad de México en 1996 y 1997, respectivamente (Revista Deloitte, 2017).

Con la entrada del nuevo milenio surgieron más emprendedores que funcionaron y crearon algunos otros que fusionaron estilo y crearon algunos otros ellos con ambiciosos planes de expansión. Algunos de ellos son ahora de las cervecerías independientes más importantes en términos de capital y distribución (Revista Deloitte, 2017).

Es a partir de 2011 que la industria comienza a mostrar un crecimiento sostenido, que ha llevado a nuestro país a ser el principal exportador a nivel mundial de cerveza artesanal. El verdadero auge de esta industria sucedió a partir de 2013 con la resolución de la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) sobre la no exclusividad en la distribución de cerveza (Rebolledo, 2017).

1.1.5 Producción de cerveza artesanal en México

En noviembre de 2017, Acermex reportó 635 productores formales de cerveza artesanal en México. El 21% de las cervecerías formales se concentra en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Producción

La producción en 2016 habría alcanzado 104 mil 446 hectolitros, 62% de crecimiento vs 2015, y para 2017 se estima que tenga un crecimiento del 59% para un total de 166 mil 069 hectolitros. La producción de cerveza artesanal crece en promedio un 30% cada año desde hace una década, alrededor de 35% en 2015. Jalisco es el principal estado productor con 34% de la producción nacional, seguido de Nuevo León con 15% y Baja California con el 8%. La capacidad de producción de las cervecerías artesanales oscila entre los 2,000 y 20,000 hectolitros al año

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

Exportaciones

Sólo 5% de las cervecerías artesanales de México exporta sus productos. El 90% de las cervecerías que exportan lo hacen a EU, 50% a Europa, 30% a Centroamérica, 10% a Asia y 10% a Oceanía (Forbes, 2016).

En 2016, la cerveza alcanzara el 0.1% del mercado de cerveza

Consumo

El costo promedio de producción de una cerveza artesanal es de \$25 pesos, para producir una caja de cerveza artesanal se invierten \$120 pesos en promedio, mientras que para producir una caja de cerveza industrial se invierten \$30 pesos. En México, las cervezas industriales pagan cerca de \$400 pesos en impuestos por hectolitro, mientras que las artesanales pagan entre \$1,000 y \$1,200 pesos por hectolitro (El financiero, 2016).

1.2 Materias primas para la elaboración de la cerveza

1.2.1 CEBADA

Es una planta autógama que pertenece a la familia de las gramíneas. Las espiguillas se encuentran unidas al raquis, dispuestas de forma que se recubren unas a otras; las glumas son alargadas en su vértice y las glumillas están adheridas al grano.

Es una planta de hojas estrechas y de color verde claro; en el punto en que el limbo se separa del tallo, al terminar la zona envainadora de la hoja, se desarrollan dos estipulas que se entrecruzan por delante del tallo y una corta lígula dentada aplicada contra este.

El fruto es una cariósipide con las glumillas adheridas (figura 3). El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente y sus dimensiones varían de una longitud máxima de 9.5 mm a una mínima de 6 mm de ancho mide entre 1.5 y 4mm (Sagarpa, 2017).

La cebada es un grano vestido, altamente resistente a la degradación química. Esto determina que sea necesaria una molienda muy controlada, que asegure por un lado la rotura de la totalidad de los granos, pero sin que llegue a un producto harinoso, que podría tener importantes mermas y ser peligroso de manejar en la alimentación de animales.

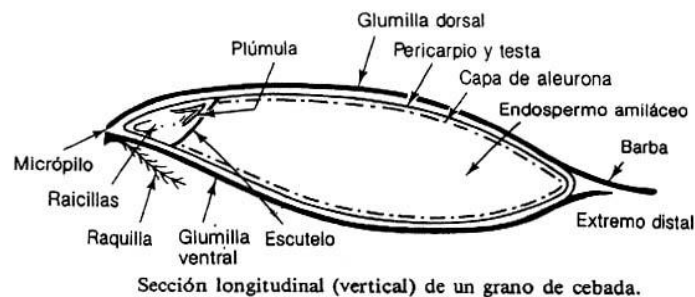


Figura 3: Grano de cebada

Fuente: Mayer, 2016

Pueden observarse las glumilla dorsal y glumilla inferior, la primera se prolonga en una barba. En su base se encuentra la antigua unión de la flor a la planta madre, y, próxima a ella, una región llamada micrópilo a través del cual puede permear el aire y el agua a la planta embrionaria. El embrión se halla situado principalmente en la

parte redondeada o dorsal del grano; su vaina radicular se encuentra próxima al micrópilo, de manera que pueda fácilmente atravesar esta región cuando se inicie la germinación (INAH,2013).

En contraste con esto, el tallo embrionario apunta hacia extremo distal del grano. Separando el embrión del depósito de nutrientes o endospermo se encuentra una estructura, a modo de escudo, denominada escutelo, considerado por algunos como la embrionaria de esta planta monocotiledónea. La mayor parte del endospermo está constituido por células de gran tamaño, desvitalizadas, provistas de granos de almidón grande y pequeño

Los granos de almidón se encuentran recubiertos de proteína; también contienen algo de grasa. Las paredes celulares, delgadas, contienen hemicelulosa y gomas (glucanos). En la periferia del endospermo encuentra una capa constituida por células de pequeño tamaño, ricas en proteína y exentas de granos de almidón. A esta capa se denomina aleurona; tiene un grosor de tres células y no alcanza escutelo; en su lugar se sitúa una capa de células aplanadas y vacías (Chapman, 1982).

Es bien sabido que por los cerveceros que el grano de cebada tiene asociado un paquete de enzimas capas de hidrolizar todo su almidón y el de hasta 40% de otros cereales (adjuntos) sin el agregado d enzimas exógenas (Wagner, 2005).

1.2.1 Malta y tipos de malta

La materia prima fundamental para la fermentación de la cerveza es la malta, la malta corresponde a cebada parcialmente germinada detenida en su proceso por deshidratación, el proceso de malteado (Greloux, 2004), este es asociado a la acción del ácido giberélico Las giberelinas son sintetizadas por el coleoptilo y el escutelo del embrión y liberadas en el endospermo; las giberelinas difunden hacia la capa de aleurona; las células de la capa de aleurona son inducidas a sintetizar y segregar enzimas (α -amilasas y β -amilasas) en el endospermo amiláceo.el almidón y otros polímeros son degradados a pequeñas moléculas; los solutos liberados (monómeros) son transportados hacia el embrión donde son absorbidos y utilizados para el desarrollo del embrión (Jordan, 2006). Proporciona sustratos y enzimas apropiados para obtener un extracto soluble o mosto (Tabla.1). La malta debe proporcionar este extracto de forma barata, también debe proporcionar cascarilla, que forma un eficaz lecho filtrante para la clarificación del mosto. La composición del extracto, o mosto, es un factor fundamental para el éxito de la fermentación por la levadura y juega un importante papel en el desarrollo del aroma, el color y la estabilidad del producto final, la cerveza (Greloux, 2002.).

Tabla 1: Composición Nutricional de la malta

GRUPO	Porción comestible
Azúcares	1.00
Agua (ml)	8.00
Energía (Kcal)	300.00
Carbohidratos (gr)	84.80
Proteínas (gr)	5.20
Lípidos (gr)	0.10
Colesterol (mg)	0.00
Sodio (mg)	0.00
Potasio (mg)	20.00
Calcio (mg)	0.00
Fósforo (mg)	0.00
Hierro (mg)	0,00
Riboflavina (B2)	0.18
Ácido ascórbico (C)	0.00
Ácido Linoleico (gr)	0.00
Ácido Linolénico (gr)	0,00

Fuente: Zamora,2002

Existe una vasta selección de maltas, y estos diversos tipos son: Maltas básicas, especiales y mixtas.

Maltas Básicas

Son las maltas más claras de todas. Esto se debe a que los granos son horneados a temperaturas más bajas y durante un menor tiempo que el resto de maltas. En este proceso la actividad enzimática no se ve afectada, por lo que cuentan con el mayor poder diastásico de todas. Entre ellas encontraremos la malta Pale Ale, Pilsen (Cerveza artesana, 2014)

La malta Pilsen (fig. 4) es la que más se utiliza en todo el mundo para elaboración de cerveza, debido a que su color es muy claro y su sabor suave, dándonos como resultado cervezas rubias o doradas con sabores muy suaves. El Grano es germinado y secado a bajas temperaturas lo que le da la característica de colores claros a la cerveza elaborada a base de este (Hough, 2002).



Figura 4: Malta Pilsen

Fuente: cocinista Marzo (2018).

Malta pale ale

La malta Pale Ale es la base de las cervezas del mismo nombre, y la precursora de la mayoría del resto de maltas británicas. Su secado se realiza a temperaturas bajas para que conserven las enzimas del grano (fig. 5).

Es de color claro y tiene un índice EBC que suele oscilar entre 5 y 7, pero puede llegar a 10. Su alto poder diastático (250) hace que pueda combinarse con otras maltas que aporten poco o ningún azúcar fermentable.

Es en la actualidad de las más baratas debido a su producción masiva, por lo que es también una de las llamadas 'maltas base' en gran variedad de recetas, sobre todo en las llamadas 'cervezas inglesas: Bitter, Pale Ale, Indian Pale Ale y muchas otras (cerveza artesana, 2014).



Figura 5: Malta Pale Ale

Fuente: cocinista Marzo (2018).

Maltas mixtas

Para crear maltas mixtas, la malta verde no se seca, sino que pasa directamente a un tostador al finalizar la germinación. En este tostador, los granos se calientan a una temperatura de 65-70°C, con la finalidad de activar las enzimas diastásicas. Estas enzimas, a su vez, transforman los almidones en azúcares contenidos en el centro del grano, en un estado semilíquido. Posteriormente, los granos se tuestan a temperaturas de entre 100 y 160°C, en función del color y el sabor que se desee. Sin embargo, este proceso provoca tanto la caramelización de los azúcares a formas no tan fácilmente fermentables, como la oscuridad de los granos por reacción de Maillard. Son maltas con un proceso de horneado intenso, pero no lo suficiente como para haber eliminado su capacidad diastática. Son las conocidas como maltas caramelo, maltas Amber, maltas Múnich y Vienna (Cerveza artesana, 2014)

Malta caramelo

Son maltas especiales que ofrecen color, aroma y sabor a las cervezas, se obtienen una vez que se ha secado el grano y se ha obtenido una malta básica, se la deja más tiempo en el horno, se obtiene maltas tostadas, que se llaman Malta Caramelo, y se utiliza para darles más color a la cerveza rubia, y también acentuar el sabor a malta (Hough, 2002).



Figura 6: Malta Múnich

Fuente: Cocinista Marzo (2018).

Las maltas Múnich y Vienna (fig. 6y 7), nos dan como resultado cervezas de tonos un poco más oscuros que pueden llegar al rojo claro y sabores más intensos a malta. Para la obtención del grano utilizado en la malta base Munich el grano es germinado, secado a mediana temperatura. Para la obtención del grano utilizado en la malta base Vienna el grano es germinado, secado a alta temperatura (Uvinum, 2012)



Figura 7: Malta Viena

Fuente: Haztu cheve Marzo (2018)

Maltas especiales

se elaboran a partir de hornear maltas base totalmente secas, a temperaturas superiores a 170°C. Cuanto más alta es la temperatura, más se incrementa la reacción Maillard en detrimento de la caramelización, dando a los granos colores de oscuridad entre media y total, con sabores que recuerdan al mismo tostado, a la nuez o a la galleta. Se usan para dar un color o aroma especial a la cerveza, tienen poco o nulo poder diastático ya que han sido sobre horneadas. Aportan colores, sabores y olores especiales a los diferentes tipos de cervezas que se van a elaborar (Hough, 2002).

Malta chocolate

La malta más oscura es la Malta Negra o Malta Chocolate (fig. 8) que se utiliza para elaborar la cerveza negra, una cerveza 100% oscura, espesa con un sabor fuerte (Hough, 2002).



Figura 8: Malta chocolate

Fuente: cocinista marzo (2018).

Malta cruda

Así es como se denomina al grano -tratado o sin tratar- que se añade al proceso de fermentación. Al igual que las maltas especiales, no se utiliza para fermentar, generalmente, sino para dar un sabor y un aroma específico a cada cerveza, según la intención de elaborador (Uvinum, 2012)

1.3 Lúpulo

El lúpulo pertenece a la familia de las cannabáceas, pero, a pesar de su parentesco con el Cannabis, el lúpulo, *Humulus lúpulus*, no contiene sustancias alucinógenas. El lúpulo se cultiva en climas templados y resiste al invierno, está provisto de raíces largas, penetran profundamente en el suelo (fig.9).



Figura 9: Flores de lúpulo

Fuente: gourmet, 2013

En el lúpulo se han identificado más de 1.000 sustancias entre las que se encuentran múltiples derivados isoméricos (Verzele y Keukeleire, 1991). Todas ellas aportan al lúpulo sus peculiares características que lo convierten en insustituible para la fabricación de la cerveza. Son las resinas, almacenadas en glándulas de lúpulina presentes en varias partes de la planta, pero fundamentalmente en los frutos producidos a partir de las flores femeninas. Estas resinas se clasifican en función de su diferente solubilidad y son una mezcla de compuestos químicos análogos que son los precursores de los alfa y beta ácidos, los cuales al cocer con el mosto se isomerizan y se transforman en sustancias amargas. El contenido de estos alfa y beta ácidos (medido como porcentaje en peso) es una característica varietal, si bien pueden verse influidos de una manera importante por la climatología y otros factores. Otros constituyentes importantes son los aceites esenciales (humuleno, farneseno, mirceno, etc.) y los taninos. Los primeros confieren al lúpulo su aroma característico. Tradicionalmente se ha hablado de variedades aromáticas y de variedades amargas, precisamente en función del nivel de alfa ácidos y de aceites esenciales (Álvarez, 2007). Existen diferentes tipos de lúpulo, los cuales se han clasificado en 3 grupos, lúpulos de amargor, el amargor de los lúpulos proviene de los alfa-ácidos que se

encuentran en las glándulas de lupulina de las flores de lúpulo. Para que estos ácidos otorguen amargor a la cerveza tienen que ser químicamente alterados e isomerizados por el proceso de cocción. La isomerización es el proceso químico por el que un compuesto es transformado en otro que tiene la misma composición química, pero una estructura diferente. El porcentaje de alfa-ácidos potenciales que son isomerizados se denomina "utilización". Debido a que la duración de la cocción determina el grado de utilización, los lúpulos de amargor se suelen añadir al principio del hervido o al menos 60 minutos antes de que termine el proceso. Lúpulos de sabor, el sabor y el aroma a lúpulo provienen de los aceites esenciales que se encuentran en las glándulas de lupulina. Estos aceites están formados por humulene, myrcene, geraniol y limonene, entre otros. Estos sabores son liberados a medida que los aceites se disuelven en el mosto durante la cocción. Sin embargo, los aceites son altamente volátiles y se evaporan fácilmente. Por ello, los lúpulos de sabor se añaden entre 20 y 40 minutos antes de que termine la cocción: el tiempo justo para equilibrar la isomerización de los alfa-ácidos y la pérdida de aceites esenciales. Y Lúpulos de aroma; de nuevo, debido a que los aceites esenciales son muy volátiles, los lúpulos que proporcionan aroma se añaden en los últimos minutos del hervido para minimizar, así, su evaporación (Pavlovic, 2010).

1.3.1 Componentes del lúpulo

Las flores de la planta del lúpulo (también llamadas conos o piñas) contienen en su interior unas glándulas de color amarillo. Estas glándulas están llenas de una resina llamada lupulina, que es el principio activo que los cerveceros buscan en el lúpulo. La lupulina aporta: componentes amargos, componentes aromáticos y aceites esenciales (Álvarez, 2007).

Componentes amargos

Los ácidos amargos representan entre el 5% y el 20% aproximadamente del peso del lúpulo maduro según su variedad (Verzele y Keukeleire, 1991).

Estos ácidos se clasifican como alfa ácidos y beta ácidos y son derivados del floroglucinol di o triprenilados. Los alfa ácidos se extraen tras la adición de acetato de plomo al extracto crudo, mientras que los beta ácidos permanecen en solución. La calidad del lúpulo viene marcada sobre todo por los alfa ácidos, especialmente por la humulona (35-70% del total de alfa ácidos), la cohumulona (del 20-65%) y la adhumulona (del 10-15%). Los alfa ácidos están presentes en la cerveza en concentraciones de hasta los 4 mg/ml contribuyendo en la misma a la estabilidad de la espuma y aportando sus características antibacterianas y, por lo tanto, de mejora de la conservación. El amargor del lúpulo proporciona el contrapunto adecuado al dulzor de la malta y este sabor amargo se extrae durante la cocción. En ella, los alfa ácidos insolubles se isomerizan en ácidos iso-alfa más solubles que, en la cerveza representan más del 80% de los componentes del lúpulo presentes en la misma. Se han conseguido aislar en el laboratorio cinco alfa ácidos que están presentes en el lúpulo de forma natural, en diferentes proporciones que varían como hemos dicho según la variedad (Hough, 2002).

Aceites esenciales

Son extremadamente volátiles y son una razón más para conservar el lúpulo en algún medio anaeróbico, como en recipientes al vacío o en atmósferas modificadas de CO₂ o nitrógeno. Tampoco soportan una cocción dilatada. Es por ello que los lúpulos aromáticos se suelen añadir en los últimos minutos de cocción, mientras que los lúpulos amargos se añaden antes para facilitar la isomerización de los ácidos alfa. El aceite esencial de lúpulo contiene alcanos, monoterpenos y sesquiterpenos. Se han identificado claramente al monoterpeno myrceno y a los sesquiterpenos beta-cariofileno y al humuleno, quienes representan entre el 57-82% del aceite esencial (Álvarez, 2007).

1.4 Agua

El 95% del peso de la cerveza es agua por lo que es un ingrediente fundamental y del cual interesa esencialmente su contenido de sales y especialmente su dureza (Hough, 2002).

El pH es el de más importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. La influencia del contenido mineral del agua sobre el pH es importante durante la fabricación y algunos componentes minerales ejercen una influencia específica, influencia estabilizadora de los iones calcio sobre las amilasas. Los iones de calcio reaccionan con los fosfatos orgánicos e inorgánicos de la malta precipitando fosfatos de calcio, el resultado es la acidificación del mosto si el calcio se halla en forma de sulfato. El ión magnesio se encuentra raramente en dosis superiores a 30 mg/l. El ión potasio se encuentra raramente en gran cantidad produce el mismo efecto. La mayoría de los demás iones como cloruros, sulfatos, sodio y potasio no tienen otra influencia que en el sabor de la cerveza (Palmer, 2013).

1.5 Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación que en el proceso de fermentación transforman los azúcares del mosto en alcohol (fig. 10), gas carbónico y otros productos secundarios que en su conjunto dan las características a cada tipo de cerveza. Comúnmente se clasifican por su tipo de floculación ya sea las que su floculación es alta (Ale) Levaduras tipo "Ale": también conocidas como de 12 y 25 grados Celsius. El término fermentación alta, se le atribuye a que durante el proceso suben a la superficie del mosto creando una capa gruesa. La concentración de ciertos ésteres se hace mayor con el uso de estas levaduras lo que le brinda determinadas características a las cervezas en las que se emplean incorporando cierto sabor afrutado.



Figura 10: *saccharomyces cerevisiae*

Fuente: mash, 2013

La floculación es baja y se conocen como de fermentación baja (Lager), pues al final de la fermentación tienden a ir hacia el fondo del mosto. Actúan a temperaturas un poco más bajas, 7 a 15 grados Celsius y su actividad es más atenuada produciendo menos espuma. La síntesis de mayor cantidad de compuestos sulfurados como subproductos del proceso es una característica de estas levaduras, lo que le crea un sabor característico que marca una gran diferencia con las que emplean levadura tipo Ale. Las levaduras tipo Ale fermentan más rápido y se consumen normalmente después de un corto período de su fabricación. Las de tipo Lager son de fermentación más lenta y requieren de un proceso de almacenamiento a 0 grados Celsius que puede ir desde 3 semanas hasta 3 meses (Hough, 2002).

1.6 Adjuntos

Se llaman adjuntos a todos los componentes amiláceos que estando permitidos se añaden a la cerveza además de los principales, agua, lúpulo, levadura y malta de cebada, estos otros componentes sólo podrán ser “productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática”. Su empleo no podrá ser en su conjunto superior al 45% en relación al extracto primitivo. Se consideran adjuntos cerveceros a la cebada cervecera y a los cereales, malteados o no, aptos para el consumo humano. También se consideran adjuntos cerveceros a los almidones y azúcares de origen vegetal. Cuando se trate de azúcares de origen vegetal distintos de los que provienen de cereales, la cantidad máxima de azúcar empleada en relación a su extracto primitivo deberá ser: a. cerveza clara, menor o igual al 10% en peso. cerveza oscura, menor o igual al 25% en peso. Debido a la alta fuerza diastásica (fermento) de la malta es necesario agregar cereales no malteados a la cerveza para que su estabilidad sea buena. El uso de adjuntos produce cervezas de un color más claro con un sabor más agradable con mayor luminosidad y mejores cualidades de aceptación de enfriamiento. Éstos, además, pueden hacer aumentar su contenido en almidón y como consecuencia aumentar los azúcares fermentables. (Serna Saldívar, 1996).

El trigo: Es otro cereal muy utilizado en la elaboración de la cerveza. El problema del mismo es que no posee la capacidad de filtrado natural de la cebada y raras veces

se utiliza como cereal único en la fabricación de dicha bebida. El contenido aproximado de este cereal en las cervezas de trigo alemanas y las cervezas blancas belgas es de un 50%. El trigo es asimismo el elemento básico del pan y, en épocas pasadas, los cerveceros y los panaderos llegaban a un acuerdo con respecto a la división de la cosecha. El sabor del trigo es algo más agrio que el de la cebada y, al igual que es más difícil de transformar en azúcar, es complicado utilizarlo en la elaboración de cervezas más fuertes (cerveceros españoles, 2011).

El arroz: En algunos países predomina este cultivo, siendo imposible el crecimiento de cebada en ese tipo de terrenos. La adición de arroz provoca un ligero incremento del índice de almidón, dando lugar a una cerveza más fino (Gabbard,2016).

El maíz: Se emplea actualmente como aditivo debido a las grandes cantidades de cultivo existentes, así como su precio, inferior al de otros cereales, pero es difícil procesar el maíz sin que el sabor de la cerveza se vea afectado (cerveceros españoles, 2011).

La avena (cerveza de malta de harina de avena) y el centeno son cereales que se cultivan en el mundo de la elaboración de la cerveza, pero que realmente no forman parte del mismo. Éstos, junto a otros cereales, son utilizados, a veces, como aditivo de la malta inicial, sobre todo el centeno. El almidón de los adjuntos se encuentra de forma natural y no es fácilmente atacado por los enzimas diásticos de la malta durante la maceración. Por eso, estos adjuntos son procesados hirviéndolos en la llamada olla de adjuntos por tal de producir la solubilización y gelatinización de los granos de almidón y así puedan ser atacados por los enzimas (Gabbard,2016).

1.7 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA

1.7.1 Molturación y molienda

La molienda tiene por objetivo triturar las maltas. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible y que, en cambio, el endospermo se muele hasta un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto (fig. 11). Si se desintegra mucho, la cascarilla rota libera más sustancias tánicas 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 constituyen celulares para que puedan degradarse rápidamente y a formar un lecho impermeable, que libera muy lenta e incompletamente el mosto. La finura de la molienda depende, por ello, del tipo del equipo utilizado para la recuperación del mosto; si el lecho es profundado requiere, en general, partículas más groseras que si tiene poca altura (Hough, 2002).



Figura 11: Malta molida

Fuente: calderoni, 2012

1.7.2 Maceración

Durante este proceso se somete la mezcla a rangos de temperatura específicos para activar así de manera selectiva las diversas enzimas involucradas en el proceso (fig. 12). Las enzimas son las responsables de la hidrólisis de los azúcares contenidos en el grano, se trata de biocatalizadores que encuentran su actividad favorecida a determinadas temperaturas, en este caso, para la realización de la mejor maceración, es decir, aquella que asegure la máxima conversión en glúcidos fermentables se trabaja en estos márgenes de temperaturas. Los perfiles térmicos del macerado deben escogerse en función del material a utilizar, así como, de las propiedades de la cerveza a producir o en función de la actividad enzimática que se desea priorizar (Hough, 2002).

Durante el proceso de maceración ocurre una hidrólisis progresiva, iniciando su acción a los 50°C durante treinta minutos, debido a que las enzimas proteolíticas tienen temperaturas óptimas en el margen de 50-55 °C, después se incrementa la temperatura a 60°C durante 30 minutos, ya que la temperatura óptima de la beta-amilasa es a 60°-65°C, después se incrementa a 70°C para que la alfa-amilasa comience a hidrolizar los enlaces (1-4) de la amilosa y la amilopectina dando así dextrinas, después se incrementa la temperatura hasta 78°C para desnaturalizar los compuestos proteicos de la malta y de los adjuntos (Kunzen, 2006).

La α -glucosidasa, las glucanasas, las proteasas y las pentosanas. Cuya función es degradar el almidón en glucoas y otros azúcares fermentables. Los efectos de la beta glucanasas y pentosanas degradan los polímeros correspondientes reduciendo la viscosidad del mosto. Las enzimas proteolíticas tienen temperaturas óptimas en el margen de 50-55 °C y la temperatura óptima de las β - glucanasas es de 43 a 45°C y se inactivan a 60°C. las proteasas hidrolizan las proteínas de la malta. Las enzimas como la mayoría de las proteínas, son muy sensibles a los cambios de temperatura y a los de pH, condiciones que pueden llegar a desnaturalizar haciendo que pierdan sus propiedades conformacionales y por tanto que dejen de participar en actividades metabólicas. El régimen de trabajo varía según la cerveza a producir o según las enzimas de interés por ello encontramos diferentes vías de maceración (Synder, 2013).



Figura 12: proceso de Maceración de malta de cebada

Fuente: mash, 2013

1.7.3 Cocción

Con este procedimiento se esteriliza el mosto, se acentúa el color y sobre todo se coagulan las proteínas, lo cual favorece la obtención de una cerveza más transparente. Además, en este proceso es cuando se agrega el lúpulo. Para realizar correctamente la cocción, el mosto debe ser mantenido en ebullición durante una hora (Papazian,2013).

El lúpulo es agregado en una proporción aproximadamente de 6 gramos por cada 10 litros de mosto. Si solo se usa lúpulo para proporcionar amargor, deberá agregarse al inicio de la cocción, pero si además se usa lúpulo aromático se recomienda proceder así: 3 g/l del amargor al inicio y 3 g/l del aromático cinco minutos antes de terminar la cocción. Esta es una regla de carácter general y puede ser reformulada en función de la variedad de lúpulo, estilo, etc. El hervido no debe ser demasiado intenso para que no se sigan produciendo melanoidinas y no siga aumentando el color. Se produce el desarrollo de sabor y hay una concentración de la melanoidina que se formaron antes. Lo más importante es la esterilización del mosto. Con el hervido se destruyen las enzimas para evitar una modificación del azúcar en el mosto para la fermentación (el mosto debe ser estable para asegurar la composición estable) (Kunzen,2006).

La cocción del lúpulo es quizás la parte más esencial en la ebullición. Las resinas del lúpulo, que imparten el amargor final a la cerveza, no se disuelven en el mosto frío. Al cocer el lúpulo sus alfa ácidos se isomerizan y se disuelven con mayor facilidad, del total de alfa ácidos que contiene el lúpulo, aproximadamente un 25% llega hasta el producto final, la otra parte se queda adherida a los restos de proteínas coaguladas tras la cocción, a los mismos restos de las flores de lúpulo. La isomerización de los alfa ácidos del lúpulo depende de otros factores paralelos al de la cocción: del tipo de alfa ácidos del lúpulo cocido, cuanto mayor cantidad de cohumulonas, más amargor impartirá. De la duración de la cocción: cuanto más corta sea la cocción menos amargor impartirán los alfa ácidos del lúpulo. Si estos se añaden al final de la cocción para que los aceites esenciales (aromáticos) del lúpulo no se volatilicen, el amargor impartido será nulo. Del valor del pH del mosto en cocción: cuanto mayor sea este, más fácil será la isomerización. Los taninos del lúpulo y de la malta se disuelven en su totalidad en el mosto uniéndose con las proteínas coaguladas. Esta

unión es insoluble y se precipita al fondo, una vez terminada la cocción. Los taninos de la malta son más activos que los taninos del lúpulo. Hay ciertas uniones de taninos con proteínas que quedan solubles en el mosto si este no es cocido el tiempo necesario. Estos compuestos se coagulan posteriormente, una vez que se haya enfriado el mosto, y se precipitan. La esterilización del mosto es fundamental durante la cocción debido a que el lúpulo contiene bacterias, bacilos y mohos que no son dañinos para la salud, pero que continúan su efecto biológico en la cerveza, produciendo sabores no deseados o acidificados a largo plazo. La cocción destruye todos estos microorganismos. La cocción destruye todas las enzimas que durante la maceración nos han ayudado a configurar el perfil de nuestra cerveza formado el abanico de azúcares planeado. La destrucción de estas enzimas evita que sigan actuando posteriormente cambiando la estructura de los azúcares. La cocción del mosto ayuda a que el dimetil sulfuro (es un sulfuro que imparte un sabor a verduras cocidas a la cerveza nada deseable) se volatilice ya que la cocción hará este desaparezca con el vapor. Al cocer el mosto durante dos horas a gran intensidad, una parte del agua se evaporará normalmente será entre el 5 y el 15%. Debido a las altas temperaturas de la cocción se producirán melanoidinas que coloraran el mosto en cierta medida. Cuanto más tiempo se cueza mayor será la cantidad de melanoidinas producidas en el punto máxima concentración. Las melanoidinas son de carácter ácido y el lúpulo también es ligeramente ácido. Ambos acidificarán ligeramente el mosto cocido, reduciendo el pH final unos 0.3 puntos (Pérez, s/f).

Durante la cocción del mosto se añade el lúpulo, puede hacerse en una sola adición, en dos y hasta cinco veces como lo hacen algunos. Si se quiere que imparta amargor final a la cerveza éste se realiza al inicio de la ebullición o durante los primeros 15 minutos iniciando la ebullición. La segunda adición del lúpulo impartirá el aroma de los aceites esenciales, por ello tendrá que ser realizada al final de la cocción para que estos no se volatilicen (entre 1 y 5 minutos). Las escuelas americanas dicen que el lúpulo también imparte sabor y que este extrae. Si la adición se realiza a 15 minutos del final de la cocción. Para que se produzca la coagulación además de calor se necesita vigor físico del hervidor y también pH. La presencia de oxígeno inhibe la coagulación y además favorece la oxidación aumentando el color (fig13). La cantidad de amargor de una cerveza se mide en IBU (international Bitter Units), que se traduce como unidades internacionales de Amargor. Las unidades miden los miligramos de alfa ácidos insonorizados que contienen cada volumen de cerveza (kunzen,2006).

Los siguientes estilos tienen aproximadamente las siguientes unidades de amargor:

10-20 IBU cervezas de trigo

20-25 IBU cervezas tipo Bock

20-25 IBU cervezas caramelizadas. Maerzen, rojas.

23-30 IBU cervezas tipo lager no industriales

30-40 IBU cervezas tipo Pilsen

35-60 IBU cervezas tipo stout



Figura 13: Proceso de cocción de mosto

Fuente: cerevezartesana, 2012

1.7.4 Enfriamiento

El mosto aún muy caliente tras la adición y centrifugación habrá de ser enfriado lo antes posible, para situarlo a la temperatura ideal para poder añadir la levadura en condiciones ideales para esta. El mosto es enfriado forzosamente de unos 80°C hasta 8 o 24°C (fig. 14), según el tipo de levadura que vayamos a usar y el tipo de cerveza que queramos conseguir. Los motivos para forzar el enfriamiento son varios. Si no forzamos, el enfriamiento tardaría, según las condiciones climáticas y de aislamiento, hasta diez horas. Durante estas diez horas arriesgaríamos que el mosto se nos infectara de microorganismos que se multiplicarían inmediatamente, también permitiríamos que los precursores de dimetilo de sulfuro (DMS) restantes, actuaran y produjeran DMS (sabor a mezclas de verduras cocidas). El enfriamiento del mosto provoca la coagulación y precipitación de algunas proteínas que en el mosto caliente están disueltas. Estas proteínas coaguladas en frío tienden a pegarse a la levadura. A las burbujas de aire, y disminuyen la superficie de contacto de la levadura con el mosto retrasando con ello la fermentación de este. El mosto, a 6 grados centígrados, todavía contiene aproximadamente un 13% de proteínas disueltas que se coagularan en cuanto se baje de esta temperatura formando turbiedades en la cerveza. Si no enfriamos suficiente, la levadura puede perecer al añadirla al mosto demasiado caliente. Si la temperatura de adición es demasiada alta para una levadura de fermentación de fondo, esta producirá, al metabolizar los azúcares, algo más que alcohol y CO₂, producirá subproductos no deseados por su sabor o inestabilidad biológica en reacciones a posteriori (Pérez, s/f).



Figura 14: Proceso de enfriamiento de mosto

Fuente: brew day, 2015

1.7.5 Fermentación

La fermentación es el paso más importante del proceso de elaboración de la cerveza. La fermentación (fig. 14), según se realice, producirá resultados de diferente carácter, si la fermentación no se realiza correctamente las consecuencias serán siempre negativas. Por ello haremos de controlar la temperatura de fermentación con máximo cuidado y a la vez cambiar estas temperaturas, si es necesario, según evolucione el metabolismo de la levadura y la forma en que se hubiera usado estas fermentaciones anteriores (Munroe,2006).

La levadura consume los azúcares y otros productos contenidos en el mosto. Estos productos son resultado de como hayamos realizado los pasos previos de la elaboración de la cerveza. Al metabolizar los azúcares se producen alcohol y CO_2 , pero dependiendo de las temperaturas de fermentación y de los otros productos contenidos en el mosto también se producirán alcoholes superiores (Cadenas de más de un carbono, metilico, etc.) y otros subproductos que afectarán y gran medida al sabor, aroma y calidad de la cerveza que este elaborando (Munroe,2006).

Los subproductos de fermentación más característico son:

Alcohol metílico y otros alcoholes superiores

Esteres

Diacetilo (Dicetonas Vinicinales)

Acetaldehídos (Etanal)

Componentes sulfurosos

Ácidos Orgánicos

Los esterres son esenciales en la configuración del aroma final de la cerveza. Son sabores afrutados que, pasando por el umbral de percepción en exceso, pueden conferir sabores demasiado pronunciados e incluso impartir amargor seco, a la cerveza. Los esterres son el resultado de la esterización de ácidos grasos y de

alcoholes superiores que se realiza fundamentalmente durante la fermentación principal. Durante el almacenaje se pueden multiplicar estas cantidades si no se cuida la fermentación durante su última etapa (Hough, 2002).

Mostos con concentraciones de azúcares superiores a 12% producen una mayor cantidad de esteres durante la fermentación. Mostos con poco oxígeno disuelto en el momento de la adición de levadura, tienen a producir una cantidad de esteres superiores. Si la fermentación se lleva a cabo hasta el límite de la atenuación, se producirá una mayor cantidad de esteres cuando está en su fase final (Hough, 2002).

Es esencial disponer de un mosto de alta calidad que contenga todos los nutrientes necesarios para que la levadura se multiplique sin dificultad en el momento de su adicción, junto con el oxígeno disuelto necesario, para que la fermentación transcurra sin problemas. Si controlamos adecuadamente las temperaturas y duración de la fermentación, evitaremos la formación de subproducto que impartan sabores desagradables a nuestra cerveza y rompan su estabilidad biológica a largo plazo (Hough, 2002).



Figura 15: proceso de fermentación de mosto

Fuente: cerevezartesana, 2012

1.7.6 Fermentación secundaria

La cerveza pasa a grandes recipientes o tanques de guarda a temperaturas bajo los cero grados centígrados. Es ahí donde se produce la maduración, llamada también guarda, en la que la cerveza se satura de gas carbónico, se afina y adquiere su carácter definitivo. Una vez iniciada la fermentación secundaria, en el tanque de guarda, se deja inicialmente escapar dióxido de carbono, que arrastra con las varias sustancias volátiles no deseables, como oxígeno u sulfuro de hidrogeno. Tras esta purga, se cierra herméticamente el tanque, para que la cerveza se carbonate. Se enfría luego a 0°C, con lo que la levadura tiende a sedimentar junto con otras sustancias n suspensión. La finalidad de la maduración es la decantación de las levaduras aun presentes en la cerveza, la incorporación de gas carbónico (CO₂) a la cerveza y la precipitación de proteínas coagulables en frío. Dependiendo del tiempo de permanencia en las bodegas de guarda, se obtiene un tipo u otro de cerveza, que otorga diferentes características al producto final (carretero s/f).

1.7.7 Filtración

El medio de filtración original estaba construido por fibras de celulosa. Se formaban con ellas una pasta acuosa, con la que se moldeaban unas laminas que se acoplaban a un bastidor. La cerveza, para atravesar el filtro, tenía que recorrer un camino tortuoso, por entre los intersticios que dejaban las fibras de celulosa. Las partículas en suspensión quedaban atrapadas en zonas en que se imponían bruscos cambios direccionales y en los cuales, a medida que el filtro se iba cargando con partículas, iba siendo necesario aplicar presiones crecientes, para conseguir que la cerveza continuara fluyendo a igual velocidad. Hoy en día el tipo más común de filtro para la cerveza es el de tierra de diatomeas, impulsada, en forma de papilla, por una bomba. A medida que la papilla se recicla, las partículas van construyendo puentes sobre las perforaciones de la hoja y edificando el recubrimiento del filtro (Cadena, 2008)

1.7.8 Envasado

La cerveza puede o no filtrarse antes de ser envasada en botellas o barriles. El hecho de hacerlo o no es una cuestión de gusto y preferencia por un aspecto específico. La cerveza filtrada es transparente y carece de todas las proteínas precipitadas y de la levadura. Por consiguiente, una vez embotellada, dejará de fermentar. La filtración eliminará asimismo un elemento que es característico de la cerveza, como sucede con las cervezas blancas alemanas y belgas. Las cervezas que han de seguir fermentando en la botella o el barril se embotellan sin filtrar, o pueden ser filtradas, en cuyo caso se añadirá un nuevo lote de levadura y azúcares. En casi todos los casos es así como se potencia el sabor de las cervezas de fermentación superior. El sabor de una botella de un mes será distinto al de una botella de un año. Con mucha frecuencia, a nivel industrial, la filtración se lleva a cabo pasando la cerveza por un filtro de tierra diatomácea. Se puede embotellar en barriles, botellas o latas de aluminio. Las botellas son esterilizadas mediante el lavado en una solución de soda cáustica, esta solución debe ser aproximadamente del 4% siendo la temperatura de 72–78°C. Después de su esterilización, las botellas son lavadas cuidadosamente, y por último son enjuagadas con agua limpia de alta pureza orgánica. Después del llenado, las botellas se tapan con una tapa corona (fig. 16) (Masschelein,1986).

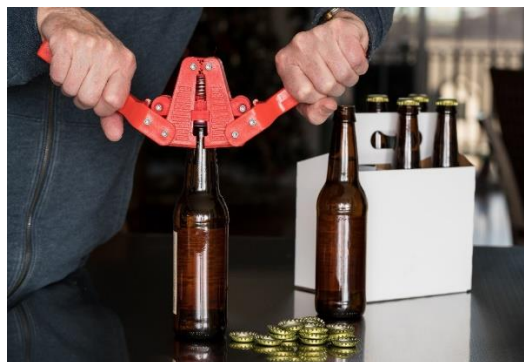


Figura 16: envasado de cerveza

Fuente: Maltosa, 2017

1.7.9 Pasteurización

La pasteurización de la cerveza puede realizarse en flujo continuo, utilizando un intercambiador de calor, el cual eleva la temperatura de la cerveza y la mantiene durante unos segundos a 75°C; es difícil asegurar que toda la cerveza alcanza realmente esa temperatura, entre otras cosas por el obstáculo que representa la tendencia del dióxido de carbono a insolubilizarse. Para evitar la desgasificación, se necesita operar a una presión, en el sentido de la corriente, de 7.5 a 10 bares y una contrapresión de 1 a 5 bares. Muchas instalaciones de pasteurización en flujo continuo tienen dispositivos para recircular la cerveza, cuando se ha producido un estancamiento que resulta un tratamiento término excesivo y, por consiguiente, se ha alterado el aroma. El otro método de pasteurización consiste en el tratamiento térmico de la cerveza una vez envasada, o que resulta de fácil aplicación al envasada en botes o latas y, en cierta extensión, a la cerveza embotellada. Los tratamientos continuos son de aplicación preferente a la cerveza a embotellar, a la de barril y a la que se va a vender en grandes depósitos (fig.17). En este método, las botellas o las latas van progresando por el interior del pasteurizador en el que reciben duchas de agua a temperatura progresivamente crecientes, hasta que el contenido de los recipientes alcanza temperaturas de 60-85°; luego reciben duchas de enfriamiento, que reducen la temperatura de los envases antes de su salida del pasteurizador.

La pasteurización sirve para prolongar la vida de almacenamiento de la cerveza. Por lo tanto, ésta no se lleva a cabo en cervezas embotelladas, aunque muchas lagers de paja están pasteurizadas. Algunos fabricantes consideran la pasteurización como un absoluto desastre para la cerveza y dicen que elimina gran parte de su sabor. Entre los detractores encontramos a grandes fabricantes extendidos por todo el mundo, lo cual indica que la pasteurización no es condición previa para vender una buena cerveza. La pasteurización puede llevarse a cabo antes del embotellado mediante el calentamiento de la cerveza (de 60 a 80°C) pasándola al mismo tiempo por un tubo. Este proceso recibe el nombre de pasteurización rápida. Pero para el caso de la cerveza artesana no se realiza una pasteurización (Bhuvanewar, 2014).



Figura 17: Pasteurización de cerveza artesanal

Fuente: cervecero de fin de semana,2015

1.8 Tipos de cerveza

1.8.1 Ale Fermentación superior

El término “Ale” es el nombre genérico de las cervezas de fermentación superior elaboradas al estilo inglés. Su color es ámbar, aunque no necesariamente, y su sabor es agrídulce pero también puede ser amargo. La mayoría de las ales tienen mucho cuerpo y son afrutadas. Ale puede considerarse el nombre genérico de las cervezas de fermentación superior, o un tipo específico, aunque en algunas partes del mundo este término se utiliza erróneamente. Amber Es la denominación actual de la Ale y hace referencia al color. Ésta es la designación de las cervezas especiales belgas y las ales americanas (Algarabía, 2013).

American Pale Ale

Se elabora comúnmente con malta Pale americana, habitualmente de dos hileras. Lúpulos americanos, generalmente (aunque no siempre) con un carácter cítrico. Levadura ale americana. El contenido de sulfatos en el agua puede variar, pero el contenido de carbonatos debe ser relativamente bajo. El agregado de maltas especiales puede aportar carácter y complejidad, pero habitualmente constituyen una porción relativamente pequeña del total de granos. Diferentes marcas comerciales utilizan a menudo granos (junto con la lupulación tardía) que añaden sabor a malta, un discreto dulzor y notas a pan o a tostado (BJCP, 2015).

Ale belga

La Ale belga es una réplica de ale inglesa, posee un carácter similar. La Ale belga puede ser más especiada y enérgica. Los belgas denominan Ale a su cerveza de color ámbar, de fermentación superior con bajo contenido de alcohol. Las Ales belgas son más adecuadas para el tapeo que la cerveza tipo Pilsner. La mayor proporción de los granos está constituida por maltas Pilsner o Pale, con maltas (cara) Vienna y Munich para aporte de color, cuerpo y complejidad. Generalmente no se utiliza azúcar, ya que no es deseada una densidad alta. Se utilizan comúnmente los lúpulos nobles Styrian Goldings, East Kent Goldings o Fuggles. Se emplean a menudo levaduras propensas a producir una cantidad moderada de fenoles, pero la temperatura de fermentación debe mantenerse controlada para limitar este carácter (BJCP, 2015).

Mild Ale

Puede haber evolucionado como una variante de las primeras Porters. En términos modernos, “mild” (suave) se refiere al bajo amargor (es menos lupulada que una Pale Ale y menos fuerte). Originalmente, la “suavidad” pudo deberse al hecho de que esta cerveza era muy joven y todavía no había adquirido la leve acidez que los lotes más antiguos tenían. Se elabora comúnmente utilizando malta Pale inglesa (a menudo dextrinosa), y maltas cristal y tostada para completar el total de los granos. Puede emplearse azúcar como adjunto. Las variedades de lúpulo más adecuadas son las inglesas, aunque esto está cambiando. Levadura ale inglesa (BJCP, 2015).

Belgian Dubbel

Originarias de los monasterios de la Edad Media, resurgieron a mediados del siglo 19 después de la época napoleónica. Porter. comúnmente Se utilizan levaduras belgas propensas a producir alcoholes superiores, ésteres y fenoles. El agua puede ser de blanda a dura. Tiene una compleja receta de granos, aunque las versiones tradicionales típicamente incluyen malta Pils belga con candy sugar o con otros azúcares sin refinar que proveen gran parte del carácter. Los cerveceros caseros pueden usar malta Pils belga o malta Pale como base, maltas del tipo Munich para aporte de maltosidad, Special B para sabores a pasas, CaraVienna o CaraMunich para sabores a frutas secas, y otros granos especiales para el carácter. Se usa también candy sugar muy caramelizado o azúcares para lograr color y sabores a pasas en ron. Se utilizan comúnmente lúpulos nobles, ingleses o el Styrian Goldings. Tradicionalmente no se emplean especias, pero se permite un uso restringido de las mismas (BJCP, 2015).

Old Ale

Un tradicional estilo ale inglés, macerado a temperaturas mayores que una Strong Ale para reducir la atenuación, y posteriormente añejado en la cervecería luego de la fermentación primaria (similar al proceso utilizado para las Porters históricas). A menudo tiene un carácter acorde al añejamiento (láctico, a Brettanomyces, a oxidación, a cuero) asociado a cervezas "Stale". Se utilizan como "Stock" Ales para mezclar y aportar mayor cuerpo a otras cervezas (los términos "Stale" o "Stock" se refieren a cervezas que fueron almacenadas o añejadas por un período de tiempo significativo). La Winter Warmer es una cerveza moderna, la cual es más maltosa, de mayor cuerpo y generalmente más oscura; y es vendida habitualmente en invierno como estilo de estación. Se utilizan generosas cantidades de malta Pale bien modificada (generalmente inglesa, aunque no necesariamente), conjuntamente con cantidades controladas de maltas caramelo y otras maltas especiales. Algunos ejemplos más oscuros sugieren que las maltas torradas (por ejemplo, chocolate, Black Patent) pueden ser apropiadas, aunque con moderación, a fin de evitar un exceso de carácter tostado. Se utilizan generalmente adjuntos (como melaza, azúcar invertida, azúcar negra, maíz, copos de cebada, trigo y extracto de malta). No es importante la variedad de lúpulo utilizada, ya que el balance relativo y el proceso de añejamiento hacen desaparecer el carácter de la variedad. Se utiliza tradicionalmente una levadura ale inglesa de baja atenuación, pero que tolere altos niveles de alcohol (BJCP, 2015).

American IPA

Una versión americana del estilo histórico inglés, elaborada utilizando ingredientes nativos. Malta Pale (bien modificada y adecuada para macerados por infusión simple); lúpulos americanos; levadura americana que puede otorgar un perfil límpido o ligeramente frutado. Generalmente se usa 100% malta, aunque se macera a bajas temperaturas para lograr una alta atenuación. El agua varía de blanda a moderadamente sulfatada. Las versiones con un evidente carácter a centeno ("RyePA") deberían entrar en la categoría especial (BJCP, 2015).

Kölsch

La Kölsch es una cerveza de fermentación superior permanente vinculada a la ciudad de Colonia, de la que recibe su nombre Kölsch que significa “de Colonia”. Es una cerveza de paja, suave y ligera, pero con un considerable contenido de dióxido de carbono. Su contenido alcohólico ronda en torno al 5% (vol.) se elabora con lúpulos nobles alemanes (Hallertauer, Tettnang, Spalt o Hersbrucker). Malta alemana Pils o malta Pale. Levadura Ale atenuada. Se puede utilizar hasta el 20% de trigo, pero esto es bastante inusual en las versiones auténticas. El agua varía de extremadamente blanda a moderadamente dura. Tradicionalmente se realiza una maceración escalonada, aunque se pueden obtener buenos resultados empleando un único escalón de 65°C. Se fermenta a temperaturas bajas para una ale (15-18°C) y se madura al menos un mes, aunque algunos cerveceros de Colonia fermentan a 21°C y maduran menos de dos semanas (BJCP, 2015).

Flanders Brown Ale. Es una especialidad belga de fermentación superior. De color marrón rojizo, su maduración es de un año o más, mezclándose a continuación con una cerveza más joven. Presenta un sabor ligeramente agridulce debido a su envejecimiento en roble. Su contenido de alcohol ronda en torno al 5%. Se elabora comúnmente con Malta Pils como base con prudentes cantidades de maltas caramelo, y una pequeña cantidad de Black Patent o malta torrada. A menudo incluye maíz. Se utilizan comúnmente lúpulos continentales de bajo contenido de alfa ácidos (evitar usar lúpulos americanos o de alto contenido de alfa ácidos). Las *Saccharomyces* y *Lactobacillus* (y *acetobacter*) contribuyen a la fermentación y a los eventuales sabores. Los *Lactobacillus* no reaccionan bien a elevados contenidos de alcohol. Un macerado ácido o el uso de malta acidulada pueden ser empleados para desarrollar el carácter ácido sin agregar *Lactobacillus*. Es común el uso de un agua con un contenido alto en carbonatos, la cual amortiguará la acidez láctica y de las maltas tostadas. El magnesio del agua acentúa la acidez (BJCP, 2015).

Especial Muchas de las cervezas locales belgas no pueden clasificarse realmente en clases independientes. Se incluyen bajo la denominación de ales belgas, pero presentan grandes variaciones de una a otra.

Cerveza de trigo (weizen)

La cerveza de trigo es el tipo belga especiado, elaborada con trigo sin malta, aditivos de especias y cáscaras de naranja. Es una bebida turbia de sabor ligeramente amargo y especiado. La variante alemana se elabora con trigo malteado y no incluye aditivos. Algunas versiones contienen levadura y son turbias, existen las versiones filtradas y, por lo tanto, transparentes (Kristall). Las cervezas de trigo no tienen por qué ser de paja, son frescas y ligeramente agrias. Alrededor del 30% de trigo sin maltear (tradicionalmente, el trigo blanco blando de invierno) y 70% de malta Pils. En algunas versiones, se puede utilizar hasta un 5-10% de avena cruda. Especies frescas de coriandro, Curaçao o a veces cáscaras de naranja complementan el aroma dulce y son muy características. Otras especies (por ejemplo, manzanilla, comino, canela, Granos del Paraíso) pueden ser agregadas para aportar complejidad, pero son menos prominentes. La levadura ale es propensa a la producción de sabores

especiados moderados. En algunas instancias, se produce una fermentación láctica muy limitada, o incluso se adiciona ácido láctico (BJCP, 2015).

Cerveza blanca

La cerveza blanca es igual que la cerveza de trigo. Existen algunas versiones alemanas que denominan “cervezas blancas oscura” (Weissbier Dunkel) a sus cervezas de trigo negras. Los alemanes utilizan indiscriminadamente los términos cerveza blanca (Weissbier) y cerveza de trigo (Weizenbier) (BJCP, 2015).

1.8.2 Cervezas tipo lager de fermentación inferior

Son el tipo de cerveza más popular en España y también el de mayor consumo en el resto del mundo. Existen varias categorías dependiendo de sus ingredientes, color, contenido alcohólico y amargor caracterizándose por ser una cerveza rubia, clara, brillante, con una espuma blanca abundante, y persistente en el vaso durante su consumo, con aroma ligeramente frutal y poco amarga, con cuerpo ligero o medio, y retrogusto agradable (cerveza artesana, 2014). Pilsner En sus orígenes la procedencia de la Pilsner fue la ciudad checa de Pize. Es siempre una cerveza de paja, de fermentación inferior, con un moderado amargor de lúpulo y ligeramente malteada. Su porcentaje de alcohol oscila entre 4,5% y un 5,5%. Al igual que muchas otras cervezas de su clase, originalmente era una bebida de mucho cuerpo, siendo en la actualidad una cerveza clara y neutra (BJCP, 2015).

Lagers oscuras, con cebada malteada como principal ingrediente. El color y el aroma es proporcionado por las diferentes cantidades de malta oscura que forma parte de su composición. Así tenemos maltas Viena que proporcionan un color dorado y sabor ligeramente caramelizado muy empleados en las cervezas elaboradas para la Oktoberfest alemana o el estilo Abadía español con la marca Legado de Yuste (BJCP, 2015).

Viena lager

Es la primera lager ámbar hecha por Anton Dreher apenas después del aislamiento de la levadura lager. Prácticamente extinta en su área de origen, el estilo continúa en México adonde fue llevada por Santiago Graf y otros cerveceros austríacos a fines del siglo 19. Lamentablemente, la mayoría de los ejemplos modernos usan adjuntos que disminuyen la complejidad de la malta. El estilo debe mucho de su carácter al método de malteo (malta Vienna). Es de menor carácter maltoso que la Oktoberfest, aunque está balanceada hacia la malta de todas formas. Se elabora generalmente usando malta Vienna la cual aporta un tostado suave y complejo, con un importante perfil de melanoidinas. Igual que en las Oktoberfests, sólo deben usarse las maltas de mayor calidad, conjuntamente con lúpulos continentales (preferentemente de variedades nobles). El agua debe ser moderadamente dura y rica en carbonatos. Se pueden usar algunas maltas caramelo y/o maltas negras para aportar color y dulzor, pero las maltas caramelo no deberían agregar un aroma y sabor significativos y las maltas negras no deberían aportar carácter torrado (BJCP, 2015).

Bohemia pilsner

Producida por primera vez en 1842, este estilo fue la original cerveza clara y poco coloreada. Agua blanda con bajo contenido de minerales, lúpulo Saaz, malta de Moravia, levadura lager checa (BJCP, 2015).

Munich helles

Creada en Munich en 1895 en la cervecería Spaten por Gabriel Sedlmayr con el objeto de competir con las cervezas estilo Pilsner. Elaborada comúnmente con Agua con un nivel moderado de carbonatos, malta Pilsner malt, variedades alemanas de lúpulos nobles (BJCP, 2015).

Premium American Lager

Cerveza elaborada generalmente con cebada de 2 o 6 hileras con un porcentaje de hasta 25% de adjuntos como arroz o maíz (BJCP, 2015).

1.8.3 Fermentación espontánea

Lambic Es una cerveza especial, de fermentación espontánea, es en realidad la precursora de todas las cervezas. La levadura para la elaboración de esta bebida se encuentra en el Valle Senne, al sur de Bruselas. La Lambic, en cuya elaboración se añade un 30% de trigo, es una cerveza amarga, que experimenta un largo proceso de maduración en roble. Su contenido alcohólico es pequeño y su versión “sencilla” cuenta con muchos adeptos. Se puede adquirir endulzada, mezclada o preparada con fruta. Gueuze La mezcla y embotellado de una Lambic madura con una Lambic joven da lugar a una cerveza agridulce más energética que la Lambic propiamente dicha. Esta mezcla se denomina Gueuze (Uvinum, 2012). Es simplemente una Lambic (cerveza de fermentación espontánea) a la que se ha añadido azúcar para endulzarla. Son asimismo Faro, las mezclas de Lambic con cervezas de fermentación superior (BJCP, 2015).

Cerveza de fruta Bajo esta denominación se agrupa un conjunto de cervezas, principalmente belgas, con una adición de fruta. La cerveza básica puede ser una Lambic, pero normalmente es una Gueuze u otra de fermentación superior normal. La denominación Gueuze o Lambic puede verse en la etiqueta. Las frutas más frecuentes son cerezas y frambuesas, aunque el abanico de posibilidades es enorme, como manzanas, plátanos y moras. Los sabores son muy variados (BJCP, 2015).

A lo largo de la historia se han ido desarrollando una gran variedad de estilos de cerveza, las cuales se les han ido adicionando gran variedad de adjunto, como son las de estilo lager, por ejemplo, Premium American Lager, del estilo Ale la Flanders Brown ale también utiliza maíz como adjunto, de estos estilos las cervezas belgas, son las que utilizan comúnmente adjuntos como son las de estilo weizen, que como su nombre lo indica utilizan trigo en sus ingredientes, esto para dar características a la cerveza, generando así cervezas turbias, es por eso que en este proyecto se propone la implementación de amaranto en el desarrollo de una cerveza estilo belgian weizen la cual es una cerveza turbia con olores afrutados y un amargor

moderado, debido a que el amaranto es un pseudocereal de tamaño 1 a 1.5 mm el cual dificulta su molienda y el cual al molerlo deja una cantidad de harinas proporcionando a la cerveza turbidez semejante a las de estilo belgan weizen.

1.9 Amaranto

El amaranto es un pseudocereal de cultivo anual. La palabra amaranto significa inmarcesible, que no se marchita; y viene del griego, de (sin) y (marchitar, palidecer). Los indígenas llamaban al amaranto o, y los conquistadores lo denominaron bledo. La familia Amaranáceas comprende más de 60 géneros y aproximadamente 800 especies de plantas herbáceas anuales o perennes, de las cuales tres son las principales productoras de grano, cultivados en México y en Guatemala, y el, que se siembra en Perú (Hernández, 1998).

El amaranto es una planta que produce semillas comestibles, que poseen excelentes cualidades nutritivas. El contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (100 gr pasta comestible), es: amaranto 13.6 - 18.0 gr, cebada 9.5 - 17.0 gr, maíz 9.4 - 14.2 gr, arroz 7.5 gr, trigo 14.0 - 17.0 gr y centeno 9.4 - 14.0 gr. El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana, con alto contenido de lisina comparado con otros cereales, lo que permite una excelente complementación aminoacídica con las proteínas de maíz, arroz y trigo; los principales ácidos grasos presentes en el aceite de amaranto son el ácido oleico y el ácido linoleico, así como una gran cantidad de minerales, principalmente calcio, magnesio y hierro (FAO, 2012).

La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1 - 1.5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1,000 a 3,000 gr (Nieto, 1990), las especies silvestres presentan granos de color negro con la episperma muy duro. en el grano se distinguen cuatro partes importantes (fig.18): episperma que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una copa de células muy finas, endospermo que viene a ser la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones.

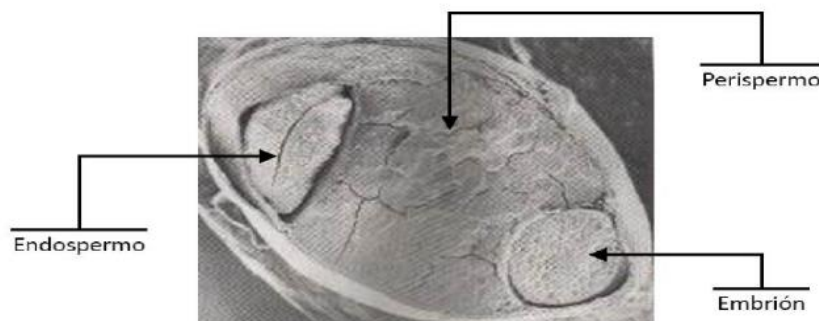


Figura 18: Micrografía del grano de amaranto

Fuente: Paredes *et al*, 1990

1.9.1 Variedades

En México se producen principalmente dos variedades: *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus* (Hernández, 1998).

1.9.2 Valor Nutricional

El amaranto es un vegetal con un muy alto valor nutritivo por su alto contenido de proteínas, aminoácidos y minerales. En los últimos años se ha comprobado, por medio de técnicas analíticas modernas, la alta calidad y cantidad de proteínas que contiene el amaranto, lo que llama la atención de los especialistas en alimentos. Sin embargo, aún es escasa la información sobre la composición de las distintas partes de las plantas y sobre las diferentes especies. La cantidad de proteína de la semilla es mayor que la de los cereales. Contiene más del doble de proteínas que el maíz, arroz y del 60 a 80 % más que el trigo (tabla 2). Además, los valores del extracto (lípidos), fibra cruda y cenizas, también superan el contenido de los cereales. En cuanto su composición de aminoácidos, contiene el doble de lisina que el trigo y el triple que el maíz, característica que hace del amaranto un alimento valioso para complementar las dietas basadas en cereales (Nieto, 1990).

Tabla 2. Valor nutritivo de la semilla cruda de amaranto comparado con cereales comunes (gr /100 gr)

	Amaranto	Arroz	Trigo	Maíz amarillo	Avena
Fibra dietética	14.5 gr	6.5 gr	10.7 gr	9.4 gr	16.9 gr
Proteína	9.3 gr	2.8 gr	12.7 gr	7.3 gr	10.6 gr
Grasas	6.5 gr	0.5 gr	2.0 gr	4.7 gr	6.9 gr
Carbohidratos	66.2 gr	79.2 gr	75.4 gr	74.3 gr	66.3 gr
Calcio	153.0 mg	3.0 mg	34.0 mg	7.0 mg	54.0 mg
Hierro	7.6 mg	4.23 mg	5.4 mg	2.7 mg	4.7 mg
Calorías	374.0 kcal	358.0 kcal	340 kcal	365.0 kcal	389.0 kcal

Fuente: USDA (United States Department of Agriculture).

1.9.3 Problemática en las formas de empleo del amaranto

Actualmente, el cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades en condiciones de escasez, no sólo de recursos naturales como lo es el agua, sino también de tecnología en la producción y transformación en las regiones donde se produce (De la O Olán *et al.*, 2012). De acuerdo con datos de Sagarpa-Siacon (2012) las características de la producción de amaranto en México retoman niveles notables. En los últimos 28 años la superficie sembrada se incrementó a una tasa media anual

de 9.82%, entre 1982-2010; esta tasa se refleja en la producción de alimentos, en la industria farmacéutica y en elaboración de cosméticos (Espitia *et al.*, 2010).

1.10 Producción nacional

La producción se concentra en la zona central de México, donde tradicionalmente se destacan los estados de Puebla, Estado de México, Morelos, Tlaxcala y el Distrito Federal. También se siembra, pero en menores superficies y de manera más esporádica en Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca y Querétaro, Nayarit. En las diversas zonas donde se cultiva amaranto, la tecnología utilizada es tradicional, lo cual implica el uso limitado o nulo de maquinaria e insumos que permitan explotar el potencial del cultivo y poder incrementar la producción por hectárea, debido básicamente a que en general es un cultivo de temporal con un manejo laborioso; además de que el empleo es solo a través del reventado de este, sin poder tener diferentes formas de empleo y explotar su potencial agronómico e industrial (Garay, 2013).

Teniendo como modelo este tipo de cerveza, en este proyecto se pretende impulsar la implementación de grano de amaranto en la elaboración de una cerveza artesanal de estilo weizen, ya que el amaranto al ser un pseudocereal de tamaño pequeño genera harinas que dan turbidez a la cerveza dando un aspecto lechoso, parecido a las características que da el trigo a la cerveza Weizen, y con esto se pretende apoyar a los productores de amaranto como una nueva forma de empleo del grano, ya que este cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades en condiciones de escasez, ya que la tecnología utilizada es tradicional, lo cual implica el uso limitado o nulo de maquinaria e insumos que permitan explotar el potencial del cultivo y poder incrementar la producción por hectárea, debido básicamente a que en general es un cultivo de temporal con un manejo laborioso además de que el empleo es solo a través del reventado de este, sin poder tener diferentes formas de empleo y explotar su potencial

Capítulo II: DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Determinar la concentración de amaranto más adecuada en la elaboración de una cerveza artesanal midiendo sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales para escoger la que sea más similar a una cerveza tipo Weizen comercial.

2.1.2 Objetivo particulares

Objetivo Particular 1

Determinar las condiciones de elaboración de una cerveza artesanal tipo weizen bajo condiciones de laboratorio para comparar sus propiedades fisicoquímicas (pH, % alcohol, amargor, color) con una cerveza comercial del mismo tipo.

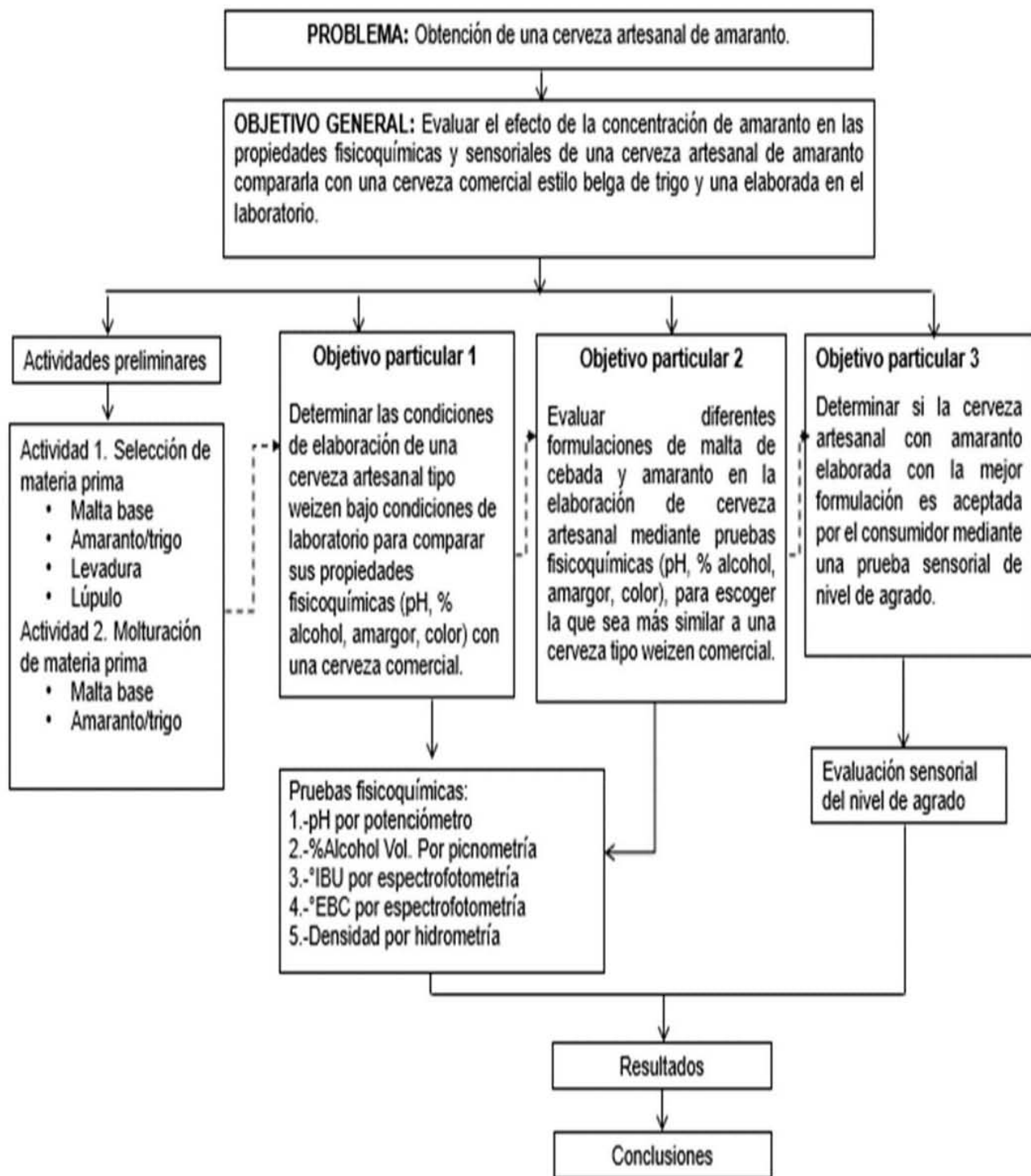
Objetivo Particular 2

Determinar la relación de diferentes formulaciones de malta de cebada y amaranto en la elaboración de cerveza artesanal mediante pruebas fisicoquímicas (pH, % alcohol, amargor, color), para escoger la que sea más similar a una cerveza tipo weizen comercial.

Objetivo Particular 3

Determinar si la cerveza artesanal con amaranto elaborada con la mejor formulación es aceptada por el consumidor mediante una prueba sensorial de nivel de agrado.

2.3 Cuadro metodológico



2.3.1 Material biológico

Se utilizó como material biológico malta esperanza de 6 hileras (figura 19), donada por Extractos y Maltas S.A de C.V. del grupo Modelo, la cual se molió con un molino de discos marca herradura de manera grosera.



Figura 19: Malta esperanza 6 hileras

Se utilizó trigo HRW (fig.20), donada por Molinera de México S.A de C.V Cosecha 2014, el cual se molió con un molino de discos marca herradura de manera grosera.



Figura 20: Trigo HRW

También se ocupó Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), de Tulyehualco Xochimilco cosecha 2014 (Figura 21), el cual se molió con un molino de cuchillas marca Krups de una manera grosera.



Figura 21: Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) variedad Tulyehualco

Se utilizó lúpulo Hallertau (Figura 22) debido a que este lúpulo es usado en los estilos de cerveza weizen el cual se compró en la empresa Hazchela.



Figura 22: Lúpulo hallertau

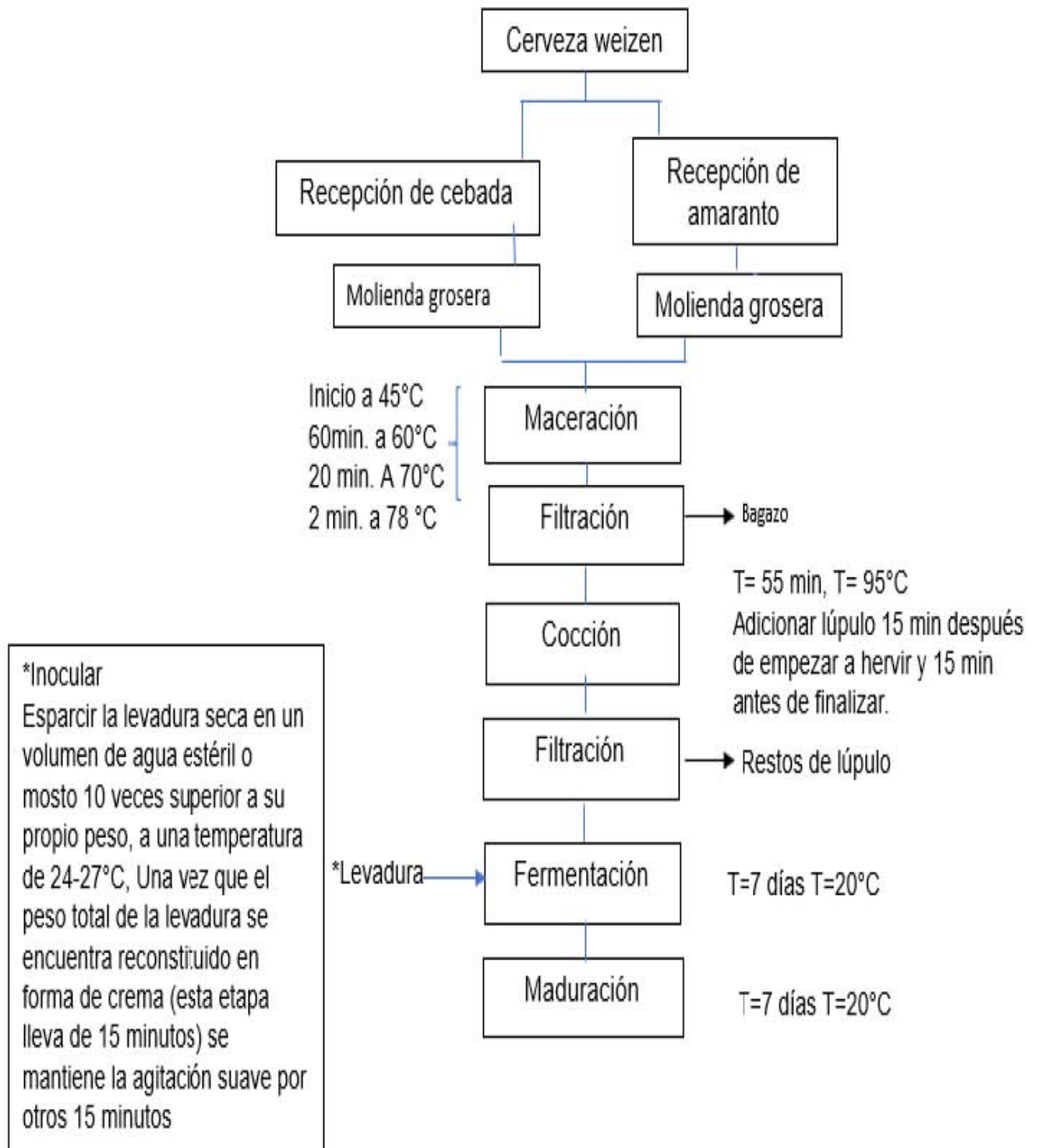
Así como también una levadura Safbrew Wb-06 (Figura 23) obtenida también de Hazchela.



Figura 23: Levadura safbrew Wb-06

Se realizó una cerveza control estilo weizen, siguiendo el siguiente diagrama de proceso.

2.4 Diagrama de procesos de una cerveza estilo ale weizen



2.5 Proceso de elaboración

2.5.1 Molienda

Se tritura la malta base (esperanza de 6 hileras) en un molino de discos estriados, conservando el pericarpio casi intacto.

Se muele amaranto cosecha 2014 de Tulyehualco en un mini-molino de cuchillas con una criba #40 (figura 24) USA Serie Tyler.



Figura 24: cribado de amaranto

2.5.2 Maceración

Calentar el agua a 45°C, agregar la malta y el amaranto, mezclar lentamente.

Calentar hasta 62°C y mantener la temperatura durante 60 minutos.

Calentar hasta 70°C y mantener la temperatura durante 20 minutos.

Calentar hasta 78°C y mantener la temperatura 2 minutos (figura 23).

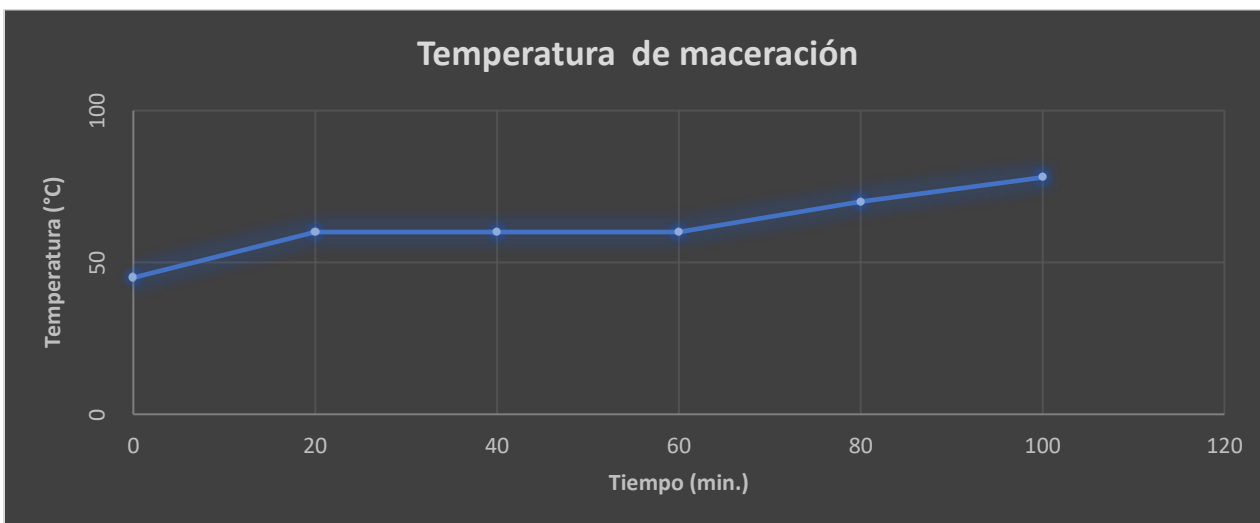


Figura 25. Proceso de maceración

2.5.3 Filtración

Se separa el bagazo del mosto con un filtro previamente elaborado como se muestra en la fig. 26, el cual ayuda a crear un falso fondo que facilita la separación del mosto y se lleve a cabo más fácil la lixiviación.



Figura 26: filtrado de mosto

2.5.4 Lixiviación

Se agregó una relación de agua del 15 al 20% con respecto al mosto obtenido a una temperatura de 70 °C sobre el bagazo previamente filtrado para empobrecerlo y obtener mayor cantidad de mosto.

2.5.5 Cocción

Esta etapa se realizó durante 55 minutos, se colocó el mosto en un recipiente el cual se pone a calentar hasta que alcance la temperatura de ebullición (figura 27).

En esta etapa se agregó 0.8g por litro de lúpulo (Hallertau) en pelets 15 minutos después de que comienza la ebullición del mosto.

El volumen de mosto disminuye en un 15-20% debido a la pérdida de agua durante el proceso de cocción.



Figura 27: Proceso de cocción del mosto

2.5.6 Filtración

Se realizó una segunda filtración para separar los restos de lúpulo y algunas impurezas con una tela de algodón previamente desinfectada con una solución yodada.

2.5.7 Enfriamiento

El enfriamiento del mosto se realizó lo más rápido posible hasta llegar a una temperatura de 20°C, para hacer un choque térmico y evitar la contaminación.

2.5.8 Fermentación

Agregar la levadura Safbrew wb-06 previamente inoculada al mosto enfriado (20 °C) y posteriormente dejarlo reposar durante 15 días en el fermentador (figura 28)

Inoculación: El procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de 20 °C ± 3 °C. Una vez que el peso total de la levadura se encuentre reconstituido en forma de crema (esta etapa lleva 15 minutos) se mantiene la agitación suave por otros 15 minutos.

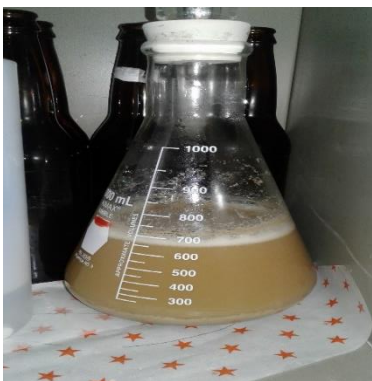


Figura 28: Proceso de fermentación

2.5.9 Maduración

Pasar del fermentador a una botella de vidrio la cerveza por gravedad con ayuda de una manguera de plástico y una jeringa. Agregar 5g por litro de azúcar al embotellar después de agregar la cerveza a la botella y agitar. Dejar mínimo 1 semanas a 20°C.

Se realizaron diferentes cervezas de amaranto con concentraciones de 10, 20 y 30% de amaranto, siguiendo el mismo diagrama de proceso de la sección 2.4.

2.6 Calidad de la cerveza

Conociendo los valores de los parámetros físico-químicos en tiempo real se pueden tomar acciones preventivas en caso de que un parámetro comience a desviarse respecto a los valores mínimos y máximos pre-establecidos. En ese momento se considera que dicho parámetro está fuera de control y podría afectar significativamente al producto final.

Los controles analíticos en cerveza final: se deben definir en una lista de parámetros medibles que garanticen el grado de cumplimiento de los requisitos de calidad prefijados y que el producto final debe tener para garantizar su consistencia en sucesivas elaboraciones:

- Grado Alcohólico
- Color
- Amargor
- pH
- Densidad final
- Estabilidad de espuma

2.6.1 Determinación del porcentaje de alcohol en volumen de acuerdo a la NOM-142-SSA1-1995 APENDICE B NORMATIVO B.1.3.3 (1976)

Fundamento

El porcentaje de alcohol se forma durante la etapa de fermentación del mosto. Y aporta la característica más importante en la calidad de la cerveza.

Materiales y Reactivos.

- Agua destilada.
- Perlas de vidrio.
- Matraz volumétrico de 250 mL.
- Matraz de destilación de 1L.
- Refrigerante tipo Graham de 60 cm de longitud adaptado en el extremo inferior con un tubo y con la punta biselada.
- Trampa de vapor.
- Termómetro digital.
- Picnómetro de 20 mL.
- Bomba de agua de desplazamiento positivo.

Procedimiento.

Medir en el matraz volumétrico 250 mL de muestra a una temperatura de 20°C, transferirlos con 100 ml de agua destilada al matraz de destilación que contiene perlas de vidrio, conectándolo al refrigerante mediante el adaptador.

Calentar el matraz de destilación y recibir el destilado en el mismo matraz donde se midió la muestra. El refrigerante terminará en una adaptación con manguera y tubo con punta biselada, que entren en el matraz de recepción hasta el nivel del agua puesta de 20 ml. Por el refrigerante estará circulando siempre agua fría, y el matraz de recepción debe encontrarse sumergido en un baño de agua-hielo durante el curso de la destilación.

Cuando la cantidad de destilado contenida en el matraz, se acerque a la marca, suspender la destilación y retirar el matraz de recepción y llevar el destilado a la

temperatura en la que se midió la muestra. Llevar el matraz de recepción a la marca con agua destilada, homogenizar y transferir el destilado al picnómetro.

Pesar el picnómetro con la muestra destilada a 20°C.

Cálculos

$$G = \frac{(D - W')}{(W - W')}$$

Donde

G= gravedad específica de la muestra

D= peso del picnómetro con muestra destilada a 20°C

W= peso del picnómetro con agua destilada.

W'= peso del picnómetro vacío.

Una vez que se obtuvo la gravedad específica de la muestra se lee en tablas de contenido en alcohol expresado en tanto % para densidad medidas a 20°/20 °C (anexo 2) y se obtiene el % de alcohol de la muestra.

2.6.2 Determinación de color por espectrofotómetro de acuerdo a la AOAC Official Method 976.08 (2000).

Fundamento

Las principales contribuciones al color de la cerveza son debidas a las melanoidinas procedentes de la malta y productos de caramelización resultantes de la ebullición.

Materiales

- Espectrofotómetro.
- Celda de 10 mm.
- Pipeta automática de 1 mL
- Mini-centrifuga Hettich Mikro 120
- Tubos para mini-centrifuga de 2 mL

Procedimiento

Desgasificar 20 mL de muestra con agitación manual durante 30 min, después colocar 2 ml de muestra en un tubo para mini-centrifuga y centrifugar a 5000 rpm durante 5 min. Tomar la muestra con la pipeta de manera que no se enturbie y colocarla en la celda.

Se mide la absorbancia a una longitud de onda de 430 nm y 700 nm a 20°C. Cuando la razón obtenida de los valores de absorbancia a 430 y 700 nm, es mayor o igual a 25 (factor), la muestra está libre de turbidez visible y se realiza el cálculo para la determinación de color.

Cálculos.

Se obtiene el color en unidades °EBC.

Las unidades de °EBC de color corresponden a: $^{\circ}\text{EBC} = 25 \times \text{A430}$

2.6.3 Determinación de amargor por espectrofotometría de acuerdo a la IOB Method 9.16 (1997)

FUNDAMENTO

El amargor de la cerveza se mide en IBU (International Bitterness Units), significa una unidad de medida internacional de amargor, y representan la cantidad iso-alpha-ácidos disueltos en la cerveza.

Materiales y Reactivos

- Espectrofotómetro
- Celda de cuarzo de 10mm.
- Pipeta automática de 1 mL
- HCl 3N
- Iso-octano
- Centrifuga ICE Centra-4B
- Tubos de centrifuga de 20 mL

Se transfirió 5 ml de cerveza fría (10°C) carbonatada a un tubo de centrifuga de 20 ml, donde las sustancias amargas fueron extraídas con 10 ml de iso-octano en un medio acidificado con 0.5 ml de HCl 3N mediante centrifugación a una velocidad de 3500 rpm durante 15 minutos. Luego, se midió la absorbancia de la fase orgánica, la capa de iso-octano a 275 nm.

Cálculos

Se obtuvo las unidades de amargor °IBU.

Las unidades de amargor corresponden a: $^{\circ}\text{IBU} = 50 \times \text{A275nm}$

2.6.4 Determinación de pH por potenciómetro de acuerdo a la AOAC Official Method 945.10 (2000).

FUNDAMENTO:

El funcionamiento del pH está basado en el hecho de que los iones hidrógeno en disolución, como otras especies iónicas, conducen la corriente eléctrica. Si tenemos una membrana delgada de vidrio que separa dos disoluciones de diferente concentración de ion hidrógeno (electrodo de referencia), se establecerá a través de la membrana de vidrio una diferencia de potencial. El pH es un instrumento que mide esa diferencia de potencial, y a través de su calibración interna (electrodo de referencia) la convierte en una lectura de pH.

Materiales y Reactivos.

- Potenciómetro Science electrodo.
- Solución amortiguadora de pH 4.

- Solución amortiguadora de pH 7.
- Vaso de precipitado de 50 mL.
- Termómetro infrarrojo Taylor 9521.

Procedimiento

Se calibró el potenciómetro con una solución amortiguadora de pH 4 y otra de pH 7. Previamente se atemperó la muestra a 20°C y se desgasificó por completo. Se introdujeron los electrodos, en la muestra de cerveza y se midió el pH. La lectura fue tomada directa del potenciómetro.

2.6.5 Determinación de peso específico para mosto y cerveza por el método del hidrómetro (Lewis, 1993).

FUNDAMENTO: El fundamento de peso constante se basa en el principio de que un cuerpo flotante desplaza su propio peso de fluido. El instrumento se coloca dentro del fluido problema y el peso específico es leído sobre la escala del cuello del hidrómetro.

Materiales y Reactivos

- Hidrómetro para vinos y cervezas All France.
- Agua destilada.
- Probeta de 100 mL.
- Termómetro infrarrojo Taylor 9521.

Se colocó la muestra previamente desgasifica y a una temperatura de 16°C en la probeta hasta la marca de 100mL.

El densímetro se enjuaga con agua destilada y se introduce a la probeta con la muestra, teniendo cuidado que no se quede pegado a las paredes de esta.

La lectura es visual leyendo justamente donde la muestra se encuentra con la línea de la escala.

2.6.6 Determinación de estabilidad de espuma

La determinación de estabilidad de espuma se realizó mediante una prueba cualitativa la cual es utilizada por los cerveceros artesanales y sigue la siguiente metodología

Materiales

- Embudo de vidrio
- Tubos de ensaye de 15 mL
- Gradilla
- Soporte universal
- Pinza de nuez
- Pinza de 3 dedos
- Cronómetro

Procedimiento

Se colocó el embudo de vidrio a una altura de 25 cm de la base del soporte a la pinza de este

A los tubos de ensaye, se le colocaron 2 marcas a una distancia de 10 cm y 5 cm a partir de la base

Se colocó la gradilla en la base del soporte con los tubos de ensaye marcados

Una vez colocados se vertió la cerveza en un ángulo de 90° hasta que la espuma llegara a la marca de los 10 cm del tubo de ensaye

Se tomó el tiempo en el que la espuma descendiera de la marca de 10cm a la marca de 5 cm y se registró.

2.6.7 Evaluación sensorial

Pruebas cuantitativas

Las pruebas cuantitativas de tipo afectivo son las que se utilizan con el propósito de conocer el nivel de agrado o desagrado de un producto, esto es en qué medida el producto gusta o no (**Ramírez, 2012**).

Estas pruebas tienen gran aplicación práctica, de manera general son fáciles de interpretar y los resultados que de ellas se obtienen permiten tomar acciones importantes con relación a la venta del producto, posibles cambios en su formulación.

Procedimiento

La prueba de nivel de agrado a la formulación que más se pareciera a la cerveza control, la cual fue la formulación 30-70% amaranto-cebada respectivamente.

La prueba de nivel de agrado se aplicó a 90 personas de ambos sexos, mayores de 18 años a los cuales se les dio a probar muestra y se les pidió que contestaran un cuestionario (Anexo IV) donde tenían que indicar con una cruz dentro de una escala, que tanto les había agradado la muestra.

2.6.8 Análisis estadístico

Todas las pruebas se realizaron por triplicado y se calculó su promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para el análisis de los promedios se realizó una prueba de rango múltiple t-student a un nivel de significancia de 0.05.

Capítulo III

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se elaboró una cerveza artesanal estilo weizen control en el laboratorio siguiendo el diagrama de proceso para una cerveza de este estilo, para establecerse las condiciones adecuadas a nivel laboratorio. Estas condiciones fueron las siguientes: una maceración escalonada a diferentes temperaturas; inicio de la maceración a 45°C, incrementar la temperatura hasta 60°C y mantenerla constante durante 1 hora, incrementar la temperatura hasta 70°C y mantenerla constante durante 20 minutos, incrementar la temperatura a 78°C y mantenerla durante 2 minutos. También se estableció las condiciones para la adición de lúpulo, las cuales fueron a los 15 minutos de empezar la ebullición adicionar el 30% del lúpulo total y en los últimos 15 minutos del final de la cocción adicionar el lúpulo restante. Por último, se establecieron los tiempos de fermentación y de maduración de la cerveza elaborada, los cuales fueron de 7 días para ambos (fig.29).

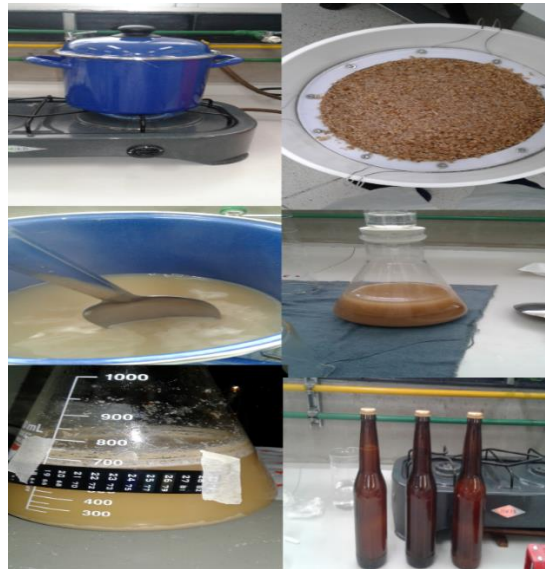


Figura 29: Proceso de elaboración de cerveza de amaranto estilo weizen

Una vez establecidas las condiciones del procedimiento de elaboración de cerveza Weizen en el laboratorio, se elaboraron las cervezas con diferentes porcentajes de amaranto (10, 20 y 30%) de la misma manera. Una vez obtenidas las cervezas de amaranto se les realizaron las pruebas que a continuación se explican y se compararon con los parámetros establecidos en la norma NOM-199-SCFI-2017, bebidas alcohólicas-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

3.1 Resultados estabilidad de espuma

A continuación, se presentan los valores de estabilidad de espuma (tabla 3) obtenidos para cada cerveza analizadas (comercial, control de trigo 10,20 y 30%, concentraciones de amaranto 10,20 y 30%).

Tabla 3. Valores de estabilidad de espuma cerveza comercial, control de trigo (10,20 y 30%) y concentraciones de amaranto (10,20 y 30%)

Cerveza	Estabilidad de espuma expresado en minutos
Comercial	3.35+/-0.021 ^a
Control de proceso	3.37+/-0.13 ^a
Trigo 10%	3.22+/-0.045 ^a
Trigo 20%	3.34+/-0.056 ^a
Trigo 30%	3.35+/-0.021 ^a
Amaranto 10%	3.38+/-0.014 ^a
Amaranto 20%	4.16+/-0.042 ^b
Amaranto 30%	4.45+/-0.028 ^b

La espuma es un parámetro de calidad muy medido y apreciado por la cultura cervecera. Uno de los mayores problemas presentados en cervecerías es la estabilidad de la espuma o sobre carga espumante (DBQM 2011). La formación de espuma es causada por la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en el envase, que al abrirlo se libera en forma de burbujas, resultado de una abrupta reducción de la presión interna del envase (Esslinger 2009). Al momento de servir una cerveza ésta tiene que ocupar 1/3 del recipiente y tiene que durar entre 3-4 minutos su presencia en el vaso, como se muestra en la (tabla 1) los resultados obtenidos de la estabilidad de espuma de las cervezas control, de amaranto y comercial, se encuentran dentro de los parámetros recomendados (DBQM 2011). Las burbujas causadas por la liberación del dióxido de carbono atraen tensoactivos naturales como proteínas generando una espuma adecuada y estable (Priest y Stewart 2006) como se aprecia en la tabla 3 las cervezas que contienen una porción de amaranto 20 y 30% generaron una mayor estabilidad debido a la cantidad de proteínas que este aporta. La estabilidad de la espuma en cervezas también es causada por ciertas cantidades de isohumulonas presentes en el lúpulo (Briggs 2004). Por otra parte, la retención se logra por la degradación proteica y los alfa-ácidos del lúpulo, es por eso que una cerveza con más cantidad de lúpulo se puede esperar una espuma más estable. La

influencia de los tiempo y temperatura en maceración pueden degradar proteínas y glucanos (Kunze y Manger 2006).

3.2 Resultados de grado alcohólico

A continuación, se presentan los valores de grado alcohólico obtenidos para cada cerveza analizadas (comercial, control de trigo 10,20 y 30%, concentraciones de amaranto 10,20 y 30%).

Tabla 4. Valores de grado alcohólico cerveza comercial, control de trigo (10,20 y 30%) y concentraciones de amaranto (10,20 y 30%)

Cerveza	Contenido de alcohol expresado en %
Comercial	5.66+/-0.24 ^a
Control de proceso	6.34+/-0.11 ^a
Amaranto 10%	6.32+/-0.83 ^a
Amaranto 20%	6.53+/-0.65 ^a
Amaranto 30%	6.44+/-0.40 ^a
Trigo 10%	6.41+/-0.35 ^a
Trigo 20%	5.91+/-0.14 ^a
Trigo 30%	6.10+/-0.94 ^a
Valores de norma	2 - 20

*Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

los valores obtenidos de grado alcohólico en las cervezas con diferentes concentraciones de amaranto (10,20,30%) con respecto a la cerveza control de trigo y la comercial (tabla 3), indican que no existió diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). Esto sugiere que los azúcares fermentables aportados por el amaranto son similares la cantidad que los azúcares fermentables aportados por la porción de malta de cebada y de trigo, ya que durante el proceso de fermentación los azúcares se metabolizan secuencialmente; glucosa y fructosa se consumen con gran rapidez; maltosa más lentamente y finalmente maltotriosa para generar al final de su metabolismo 2 moléculas de etanol y 2 de CO₂ (Houg,2002).

3.3 Resultados de la variable pH

Los resultados de pH para las cervezas analizadas (comercial, control, concentraciones de amaranto 10, 20 y 30% y control de trigo 10, 20 y 30%), se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de pH de cerveza comercial, control de trigo (10,20 y 30%) y concentraciones de amaranto (10,20 y 30%)

Cervezas/ Repetición	Media de los resultados de pH
Comercial	4.70+/- 01 ^{a*}
Control de proceso	5.32+/-0.08 ^{ab}
Amaranto 10%	5.18+/-0.45 ^{ab}
Amaranto 20%	5.49+/-0.06 ^{ab}
Amaranto 30%	5.62+/-0.07 ^b
Trigo 10%	5.27+/-0.069 ^{ab}
Trigo 20%	5.18+/-0.015 ^{ab}
Trigo 30%	5.10+/-0.041 ^{ab}
Valores de norma	2.5 - 6

*Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Los resultados muestran que el pH de la cerveza comercial fue menor al de las otras cervezas (trigo y amaranto) ya que existió diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) entre la cerveza comercial y la elaborada con 30% de amaranto. Esto se cree que es debido a que durante el proceso de elaboración se añaden aditivos y coadyuvantes en los procesos de producción del mosto y después de la filtración, como colorantes, antioxidantes, estabilizantes, filtrantes y clarificantes para que el pH se mantenga constante y bajo sus estándares (Sánchez,2004). Por otra parte, el pH de las cervezas control de trigo y las de amaranto elaboradas en el laboratorio no existió diferencias significativas, esto podría deberse a que la cantidad de levadura fue muy similar entre las cervezas y el pH es un factor que se genera durante las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso de fermentación; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. Un pH elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación, ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente por mayor extracción de taninos (polifenoles) desde la cáscara del grano en el proceso de maceración y filtración.

3.4 Resultados de la variable Color

Se presentan los valores de color en unidades EBC para las cervezas analizadas (comercial, control, concentraciones de amaranto 10,20 y 30%) en la tabla 6.

Tabla 6. Valores de color en unidades °EBC de cerveza comercial, control de trigo (10,20 y 30%) y concentraciones de amaranto (10, 20 y 30%)

Cervezas/ Repetición	Media
Comercial	8.16+/-0.69 ^{a*}
Control de proceso	9.60+/-0.37 ^b
Amaranto 10%	10.48+/-1.19 ^b
Amaranto 20%	10.12+/-0.27 ^b
Amaranto 30%	10.30+/-0.08 ^b
Trigo 10%	9.55+/-0.27 ^b
Trigo 20%	9.68+/-0.025 ^b
Trigo 30%	9.81+/-0.011 ^b
Valores de norma	4 - 12

Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

En los resultados obtenidos de la variable color se puede observar que la cerveza control de trigo (10, 20 y 30%) comparada con las cervezas con diferentes porciones de amaranto (10,20 y 30%) no se ve afectada la variable de amaranto que sustituye a la porción de trigo a la variable color ya que no presenta diferencias estadísticamente significativas (tabla 5) esto es debido a que las melanoidinas provenientes del grano de amaranto durante el proceso de cocción fue la misma que se dio con las porciones de cebada que se sustituyó, debido que durante el proceso de cocción ocurre la caramelización de los azúcares los cuales le confieren el color a las cervezas estos son provenientes de las maltas o adjuntos empleados en su elaboración (Houg,2002). En cuanto a los resultados obtenidos de la cerveza comercial bohemía weizen comparadas con las cervezas con diferentes concentraciones de amaranto (10,20 y 30%) a los cuales se les realizó el análisis estadístico. se observó que existen diferencias significativas entre la cerveza comercial comparada con la cerveza control y las cervezas con distintas concentraciones de amaranto (10,20 y 30%) en este se aprecia que las cervezas control y las elaboradas con amaranto tienen un mayor color

comparadas con las cervezas comercial debido a que existen diferencias entre una cerveza artesana y una industrial. Estas residen en la tecnología utilizada, la calidad de las materias primas, las cervezas industriales se producen en base a una fórmula básica que busca ingredientes y procesos económicamente viables. En cuanto a los ingredientes, la cerveza artesana solo se elabora con productos naturales y nada diferentes de agua, malta de cebada, trigo o centeno, lúpulo y levadura. Se elabora en pequeñas cantidades para evitar almacenamientos prolongados ya que no se añaden aditivos ni coadyuvantes tecnológicos. La cerveza industrial se elabora con agua, lúpulo, levadura y malta de cebada junto con otros cereales más económicos como el arroz, incluso se añaden azúcares sintéticos o jarabes para acelerar el proceso fermentativo. Además, se añaden aditivos y coadyuvantes en los procesos de producción del mosto y después de la filtración, como colorantes, antioxidantes, estabilizantes, filtrantes y clarificantes (Sánchez, 2004).

3.5 Resultados de la variable Amargor

Se presentan los valores de amargor (tabla 7) en unidades °IBU para las cervezas analizadas (comercial, control, concentraciones de amaranto 10,20 y 30%).

Tabla 7. Valores de amargor en unidades °IBU de cerveza comercial, control de trigo (10,20 y 30%) y concentraciones de amaranto (10,20 y 30%)

Cervezas/ Repetición	Media
Comercial	8.78+/-0.06 ^a
Control de proceso	12.44+/-0.03 ^b
Amaranto 10%	12.60+/-0.11 ^b
Amaranto 20%	12.38+/-0.59 ^b
Amaranto 30%	12.39+/-0.08 ^b
Trigo 10%	12.83+/-0.015 ^b
Trigo 20%	12.92+/-0.014 ^b
Trigo 30%	12.18 ^b
Valores de norma	8 -15

*Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Los resultados obtenido de la variable amargor expresados en unidades °IBU de las diferentes concentraciones de amaranto (10,20 y 30%) con respecto a la cerveza control, se observa que los valores de amargor no se ven afectados por las diferentes porciones de trigo (10, 20 y 30%), a estos resultados se les realizó un análisis

estadístico (tabla.6) con un nivel de significancia de 0.05 el cual nos indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos de cerveza control comparada con las cervezas con diferentes concentraciones de amaranto, esto es debido a que se adicionaron las mismas porciones de lúpulo durante el proceso de cocción lo cual dio como resultado que los alfa ácido o isohumulonas se isomericen en cantidades similares (Hough, 2002). En cuanto a los resultados obtenidos de la cerveza comercial bohemia weizen comparándolos con los resultados obtenidos de la cervezas con diferentes concentraciones de amaranto (10,20 y 30) a los cuales se les realizó un tratamiento estadístico se observa que existen diferencias significativas entre los resultados de la cerveza comercial comparados con los resultados obtenidos de la cerveza control y las cervezas con diferentes concentraciones de amaranto, se observado que los resultados de amargor de la cerveza comercial son menores a los obtenidos con las cervezas de amaranto, esto se debe a que la porción de lúpulo adicionada durante el inicio de la cocción es menor que a la adicionada en las cervezas elaboradas en el laboratorio, por lo cual la cantidad de alfa ácidos isomerizados durante el proceso de cocción es menor (Hough, 2002), aunque no se puede asegurar debido a que las cantidades adicionadas de lúpulo durante el proceso a nivel industrial no se conocen.

3.6 Resultados de la variable densidad

En la tabla 8, se presentan los valores de densidad para las cervezas analizadas (comercial, control, concentraciones de amaranto 10,20 y 30%).

Tabla 8. Valores de densidad final de cerveza comercial, control de trigo (10,20 y 30%) y concentraciones de amaranto (10,20 y 30%)

Cervezas	Densidad final expresada en g/mL
Comercial	1.01+/-0 ^a
Control de proceso	1.01+/-0 ^a
Amaranto 10%	1.01+/-0 ^a
Amaranto 20%	1.01+/-0 ^a
Amaranto 30%	1.01+/-0 ^a
Trigo 10%	1.01+/-0 ^a
Trigo 20%	1.01+/-0 ^a
Trigo 30%	1.01+/-0 ^a
Valores de norma	1.010 – 1.014

*Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Los resultados obtenidos de la variable densidad de la cerveza con diferentes porciones de amaranto (10,20 y 30%) comparada con la cerveza comercial y la cerveza control de trigo muestra que las diferentes porciones de amaranto que

sustituyen a la porción de trigo no afectan la cantidad de azúcares fermentables que aportan. A estos resultados se les realizó un análisis estadístico (tabla.8) con un nivel de significancia de 0.05 el cual nos indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ya que la densidad está estrechamente relacionada con el grado alcohólico de la cerveza ya que el grado alcohólico es el número de volúmenes de etanol disueltos en 100 volúmenes de bebida. Conociendo las densidades se puede saber la cantidad de azúcares que tiene disponible la levadura y que transformara a etanol. la densidad final indica que la fermentación a finalizado que cuando la cantidad de azúcares disueltos en un litro de cerveza se han transformado a etanol (boderick, 1997).

3.7 Resultados de la variable nivel de agrado

Para esta variable se realizó a 95 jueces no entrenados en el pueblo de san mateo Xoloc los cuales contestaron el cuestionario mostrado (ANEXO 1). A continuación, se presentan los datos obtenidos, así como el porcentaje de agrado y la calificación otorgada por los jueces no entrenados dada a la cerveza con 30-70 Amaranto-cebada respectivamente.

Tabla 9. Prueba de nivel de agrado de cerveza de amaranto 30%

Cerveza de amaranto	# Jueces	Calificación	% Aceptación
30-70 Amaranto-cebada	95	7.1	74%

Se observa que la aceptación de la cerveza artesanal de amaranto fue de un 74% de los jueces no entrenados y estos otorgaron una calificación de 7.1 lo cual indica que tiene propiedades sensoriales atractivas o semejantes a la de una cerveza comercial (bohemia weizen), esto es un buen indicador de la aceptación de este producto, que permita contribuir de una manera diferente en la forma de empleo del amaranto.

Capítulo IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se determinó que la mejor relación de malta de cebada y amaranto mediante pruebas fisicoquímicas es de 30-70 amaranto-cebada.

Se logro establecer mediante la prueba de nivel de agrado que la cerveza artesanal con amaranto tiene una aceptación entre los consumidores, dando una aceptación por los jueces no entrenados del 75%..

Se logro establecer que la cerveza artesanal con amaranto es una alternativa al uso del grano de amaranto dando así una opción para los productores de amaranto de la localidad de Tulyehualco.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis químico proximal para saber si la cerveza con amaranto contiene un mayor contenido proteico que una cerveza comercial.

Realizar un análisis financiero para saber el costo de producción y el costo por botella.

Capítulo V: Bibliografía

1. Amador, Dolores Elizabeth Treminio Aguirre, fecha de consulta 15/4/2018, disponible en: http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UNICA/UNICA0028/Cap05.pdf
2. A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. Asociation of Official Analytical Chemists. 15th Edicion. The Association: Washington D.C.
3. Alonso Rebolledo, (2017), México una potencia en cerveza artesanal?, fecha de consulta 18/6/2018, disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-una-potencia-en-cervezas-artesanales--20170617-0016.html>
4. Algarabia, (2016), La cerveza, fecha de consulta, 27/5/2018, disponible en: <https://algarabia.com/del-mes/la-cerveza/>
5. Berger Christian. (1988), el libro del amante de la cerveza, 2da edición, Cataluña, España
6. BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM, 2015, Guía de Estilos de Cerveza, fecha de consulta, 8/6/2018, disponible en: <http://cervezaentrieros.cl/ciencia/BJCP-2015-Espa%C3%B1ol.pdf>.
7. Boderick, H. 1977. El cervecero en la practicca. Impressions, Inc. 2da edición. Madison, Winsconsin.
8. Briggs DE. 2004. Brewing: Science and practice. Boca Raton, Cambridge England: CRC Press; Woodhead Pub. Ltd. xviii, 881 (Woodhead Publishing in food science and technology). ISBN: 0-8493-2547-1
9. Caballero, I., Blanco, C.A., Porrás, M. (2012), Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. Trends Food Sci. Technol., 26, 21-30.
10. Carretero F. (s.f). Innovación tecnológica en la industria de bebidas: Procesos de fabricación de bebidas alcohólicas. Fecha de consulta: 13/5/2018, disponible en: http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03_Memoria.pdf?sequence=4.
11. Cerveceros españoles (2011), Fecha de consulta 22/6/2018, disponible en: <http://cerveceros-caseros.com/index.php/articulos/ingredientes/224-los-adjuntos-2>
12. Cerveza Artesana (2014), "La preservación de la cerveza: los consejos para sobrevivir sin la pasteurización", 11/08/2014, disponible en: <http://cervezartesana.es/tienda/blog/la-preservacion-de-la-cerveza-los-consejos-parasobrevivir-sin-la-pasteurizacion.html>
13. Christian Berger. (1988), el libro del amante de la cerveza, 2da edición 1988
14. DBQM. 2011. Draught beer quality manual. Second edition. Estados Unidos: Brewers Association; fecha de consulta 15/7/2018, disponible en: http://www.draughtquality.org/wp-content/uploads/2012/01/DQM_Full_Final.pdf

15. D. E. Briggs Barley Chapman (1978), "La web de la cerveza" disponible en: <http://www.lupulo.es.org/http://www.lupulo.es.org/>
16. E. Bhuvaneshwari, C. Anandharamakrishnan, (2014), Heat transfer analysis of pasteurization of bottled beer in a tunnel pasteurizer using computational fluid dynamics, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 23 (2014) 156–163
17. Esslinger HM. 2009. Handbook of brewing: Processes, technology, markets / edited by Hans Michael Esslinger. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3527316748.
18. Explorando México, (2016), La historia de la cerveza, Fecha de consulta 15/4/2018, disponible en: <https://www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/4/252>
19. F. Sánchez, J.M. Vidal, P. Vijan (2004). La cerveza artesanal. Cerveart, Sabadell, España
20. FAO, Grano de cebada, (2012), disponible en: <http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/faodef/FAODEFS/H275F.HTM>
21. Ferrán-Lamich, J. (2002), Cebada variedades cerveceras y cerveza. Barcelona: Editorial Aedos.
22. FISAC, (2014), alcohol-infórmate, Fecha de consulta 15/4/2018, disponible en: http://fisac.org.mx/infoalcohol2.cfm?id_infoalcohol=FISAC24358
23. -GARCIA. A (2002), "Historia de la cerveza". Editorial Lozano Artes Gráficas S.L
24. Gabbard Cody (2017), "Fabricación de cerveza con arroz" revista Zymurgy
25. Garduño García A, López Cruz, Martínez-Romero S., Ruiz García A., Simulación de fermentación de cerveza artesanal, *Ingeniería investigación y Tecnología* (2012)
26. GARCÍA, T. y Otros (2004). "La cerveza artesanal: Cómo hacer cerveza en casa". Sabadell: Editorial CerveArt.
27. Hector mauleon, (2012), una historia de la cerveza, fecha de consulta 27/4/2018, disponible en: <http://www.eluniversalmas.com.mx/editoriales/2012/11/61601.php>
28. Hernández F. (2009). Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock. Fecha de consulta, 6/8/2018, disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/278/1/AGI-2009-T016.pdf>.
29. H. M. Broderick (1997). El cervecero en la práctica. MBAA, Lima, Perú
30. Ismael Díaz Yubero, (2015), alimentos con historia, distribución y consumo vol.3.

31. INAH,(2013), “Historia de la cerveza en México” fecha de consulta (6/4/2018) disponible en: <http://www.inah.gob.mx/es/boletines/849-historia-de-la-cerveza-en-mexico>
32. Javier posada. (1998). Estudio recopilatorio “Cerveza y Salud “. España: Edaf.- Martínez Alvarez, J.R. Valls Bellés.V, Villarino Marín, A. (2007). Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación
33. J. S. Hough, (2000), Biotecnología de la cerveza y de la malta, editorial acriba.
34. Mauricio O. Wagner. (2005). Acidez y pH. Fecha de consulta 29/4/2018, disponible en:http://www.cerveceroscaseros.com.ar/Ph_y_acidez_%20Mauricio_Wagner.pdf
35. Martínez Alvarez, J.R. Valls Bellés.V, Villarino Marín, A. (2007). Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación
36. Martínez-Manrique Enrique, Jiménez-Vera Verónica, 2016, Cereales (técnicas de análisis), comité editorial unam, Cuautitlán Izcalli, 1ra edición.
37. Martin Pavlovic, Viljem Pavlovic. (2010). EVALUACIÓN DE MODELOS DE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD PARA LOS LÚPULOS (*Humulus lupulus L.*). SCIELO, 22, 339-351.
38. M. Didier, B. Bénédicte (2009). Chapter 24: Soluble Proteins of Beer. Beer in health and disease prevention. Elsevier. USA.
39. M. Verzele D. De Keukeleire. (1991). Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids. Developments in Food Science, vol.27, 439pp
40. Munroe James H. (2006),” Handbook of Brewing”, segunda edición, editorial Boca Raton: CRC.
41. Nieto, C. (1990). El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) una alternativa agronómica para Ecuador.
42. Organización de cerveceros de México, (2017), fecha de consulta (6/4/2018) disponible en: <http://cervecerosdemexico.com/>
43. Palmer JJ. (2006). How to brew: Ingredients, methods, recipes, and equipment for brewing beer at home. 3rd ed. Boulder Colo.: Brewers Publications. xv, 347. ISBN: 978- 0937381885.
44. Papazian C, Gatza P, Swersey C, Skypeck C. (2015). Beer Style Guidelines, fecha de consulta, 4/5/2018, disponible en: <https://www.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2015/03/2015-brewers-association-beer-style-guidelines.pdf>.
45. Pérez Amador, Dolores Elizabeth, Treminio Aguirre, s/f, “El proceso productivo” compañía cervecera de Nicaragua ale mercado nacional, fecha de consulta 23/6/2018, Disponible en: http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UNICA/UNICA0028/Cap05.pdf

46. Priest FG, Stewart GG. 2006. Handbook of brewing. 2nd ed. New York: CRC; London: Taylor & Francis, (Food science and technology; vol. 157). ISBN: 978-0-8247-2657-7.
47. Raúl Hernández García, Diego Gisela Herrerías Guerra. (1998). AMARANTO: HISTORIA Y PROMESA. Horizonte del Tiempo, vol.1, 529.
- 48.-Revista Deloitte (2017) “la cerveza artesanal una experiencia multisensorial”
49. Rodríguez. A. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager, Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A. TFG de UMHO
50. Sagarpa, (2017), Fecha de consulta (12/4/2018) disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/hidalgo/boletines/Paginas/2017B025.aspx>
51. Sebastian vertí, (2002), el mundo de la cerveza. Portland: selector.
- 52.-secretaria de economía, fecha de consulta (6/4/2018) disponible en: <https://www.gob.mx/se/articulos/industria-de-la-cerveza-en-mexico>
53. SERNA-SALDIVAR, S. (1996). Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales, AGT editor. México, D.F. México
54. Sergio Román Othón Serna Saldívar. (1996). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Mexico: AGT.
55. Stephen Synder. (1997). The Brewmaster's Bible: Gold Standard for Home Brewers. E.U.: e-book
56. Sophie Greloux, (2002). El Gran Libro de las Cervezas. Ed. Iberlibro; Barcelona.
57. Stephen Synder. (1997). The Brewmaster's Bible: Gold Standard for Home Brewers. E.U.: e-book
58. Tintó, F. Sánchez, J.M. Vidal, P. Vijan (2004). La cerveza artesanal. Cerveart, Sabadell, España.
59. The beer times, (2012), la historia de la cerveza corona, fecha de consulta, 3/5/2018, disponible en <https://www.thebeertimes.com/cerveza-corona-extra-historia/>
60. VALENTE VILLAMIL. (2016). Cervecerías artesanales crecen 56% en 2016 y llegan a 400: Acermex, fecha de consulta 16/04/2018, disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/mercado>
61. VERHOEF, B. (2003). “La enciclopedia de la cerveza”. Arganda del Rey: Editorial Edimat Libros.
62. VOGEL, W.(2003).Elaboracion casera de la cerveza. 1ra edición. Editorial ACRIBA, S.A. ZARAGOZA
63. Wolfgang Kunze. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Alemania: VLB Berlin.
64. Wolfgang Kunze, (2006). “Tecnología para cerveceros y malteros” 1ra edición en español, editorial VLB Berlin.

Anexo 1

Cuestionario prueba nivel de agrado

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO DE UNA BEBIDA FERMENTADA

Edad: _____ sexo: M F Fecha: _____

Instrucciones: Pruebe la bebida y sobre la línea indique con una X su nivel de agrado en el espacio de abajo, explique brevemente porque tomo esta decisión en cuestión a los siguientes atributos: apariencia, color y sabor.

Disgusta mucho Es indiferente Gusta mucho

 1 5 10

¿Porqué? _____

Anexo 2

Resultados prueba nivel de agrado

Personas	Calificación	Personas	Calificación	Personas	Calificación	Personas	Calificación
1	1.5	31	6	61	8.7	91	9.8
2	1.5	32	6.2	62	8.8	92	10
3	1.5	33	6.2	63	8.8	93	10
4	2.3	34	6.3	64	8.8	94	10
5	2.3	35	6.5	65	8.8	95	10
6	3.5	36	6.6	66	9	91	9.8
7	3.5	37	6.7	67	9	92	10
8	4	38	7	68	9	93	10
9	4	39	7	69	9	94	10
10	4	40	7	70	9	95	10
11	4	41	7	71	9	91	9.8
12	4.5	42	7.5	72	9	92	10
13	4.6	43	7.5	73	9	93	10
14	4.7	44	7.7	74	9	94	10

15	4.7	45	7.8	75	9	95	10
16	4.7	46	8	76	9	91	9.8
17	5	47	8	77	9	92	10
18	5	48	8	78	9	93	10
19	5	49	8	79	9	94	10
20	5	50	8	80	9.3	95	10
21	5	51	8	81	9.3	91	9.8
22	5	52	8.2	82	9.4	92	10
23	5.3	53	8.3	83	9.5	93	10
24	5.7	54	8.4	84	9.5	94	10
25	5.9	55	8.5	85	9.5	95	10
26	6	56	8.5	86	9.5	91	9.8
27	6	57	8.5	87	9.5	92	10
28	6	58	8.5	88	9.6	93	10
29	6	59	8.6	89	9.8	94	10
Promedio		7.1					

Comentarios frecuentes en la prueba nivel de agrado

- Comentaron que la cerveza debía estar fría.
- Comentaban que la cerveza estaba amarga
- Comentaban que la cerveza tiene un sabor parecido a las comerciales