

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA QUIMICA, INGENIERIA PETROQUÍMICA, INGENIERIA
AMBIENTAL E INGENIERIA DE ALIMENTOS



PROYECTO DE GRADO
ELABORACIÓN DE CERVEZA DE QUINUA A NIVEL
BENCH-SCALE

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

POSTULANTE: UNIV. GABRIELA ARIAS HUANCA
TUTOR: ING. JORGE VASQUEZ PEÑARANDA

LA PAZ – BOLIVIA



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Tu valentía y la fuerza que demostraste para acompañarnos aquí en la tierra, son los detonantes de mi esfuerzo y las razones por las que aún lucho para sobresalir. Con tu corta edad me enseñaste muchas cosas, sobretodo el valor de la vida y gracias a ti hijo mío, conocí el amor de Dios. Te agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce y no lo amargo de la vida. Fuiste mi motivación principal para concluir con éxito este proyecto de grado y seguirás siendo mi fuerza para enfrentar cualquier obstáculo.

Gracias mi angelito, Richard Adrian.

AGRADECIMIENTOS

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, este proyecto de grado ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

Quiero agradecer hoy y siempre a mis padres que han estado a mi lado con un apoyo incondicional y en especial el de mi mamá Virginia, a mi esposo que es el motor de cada uno de mis días, por todo el aliento que me daba en cada caída, a mis hijos por las sonrisas y miradas que me impulsaron a seguir día tras día, a mis hermanos por los consejos y ejemplos que me brindaban con todo cariño. Quiero darles las gracias por toda la comprensión y paciencia que me tuvieron durante toda esta etapa.

De igual manera mi más sincero agradecimiento a mi tutor Ing. Jorge Vásquez P. por su apoyo y consejos durante la realización del tema.

A los miembros del tribunal Ing. Virginia Rojas e Ing. Rafael García por la revisión del trabajo y sus aportaciones para el mejoramiento de este proyecto.

Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros y a la universidad en general por todo lo anterior en conjunto con todos los conocimientos que me ha otorgado.

RESUMEN

En el presente proyecto se elabora una cerveza de quinua de alta fermentación a nivel bench – scale. A través del mismo se obtiene el detalle experimental completo del proceso de la elaboración de malta de quinua y de la cerveza de quinua, que proporciona información de los ingredientes que forman parte de dicho proceso. Para la elaboración del producto se utiliza un 75% de malta de quinua debido a que el objetivo es elaborar una cerveza de quinua con alto valor nutritivo, y el restante 25% se lo utiliza con malta base de cebada ya que éste es el encargado principal de enriquecer con carbohidratos necesarios para la fermentación. La malta de quinua es elaborada en los laboratorios del IDEPROQ de la facultad de Ingeniería a través del remojo, germinación, secado y tostado del grano bajo condiciones adecuadas del proceso.

La elaboración de cerveza se realiza mediante el pesado de materia prima, regulación del pH del agua, continuando con el macerado bajo un tratamiento térmico para mayor rendimiento de obtención de alfa amilasas, separación de mosto, cocción del mosto, sedimentación, fermentación alta, filtración, embotellado, segunda fermentación, maduración y pasteurización. Se realiza un estudio cinético de la fermentación donde utilizamos otras pruebas a diferentes °Brix y pH bajo la misma temperatura, se hace también un análisis de reducción de azúcares durante la fermentación para la obtención del modelo matemático y la determinación de concentración de glucosa. Se eligen los pH de 4; 4,5 y 5 debido a que es un rango óptimo para el crecimiento de la levadura, a pesar de que éste soporta medios más ácidos.

Se evalúa las características organolépticas y nutritivas del producto final. Dando como resultado una cerveza tipo ALE con grados IBU de 12,4 con capacidad espumante de 62% y grado alcohólico de 4,5% v/v. La Cerveza de Quinua tipo Ale obtuvo un color que tiende a una cerveza americana English Bitter, el color fue medido en EBC (European Brewery Convention) igual a 14. La proteína en la cerveza de Quinua es mayor con respecto al valor de referencia de una cerveza común.

Este producto no tiene por objetivo ser un producto comercial con fines recreativos y fiestas u otro tipo de actividades donde la cerveza se consume en exceso, más bien está orientada al consumo familiar y en ocasiones donde su consumo sea limitado pero su aporte nutricional (proteínico) sea importante para las familias bolivianas.

ABSTRACT

In this project a high fermentation quinoa beer is produced at the Bench level – scale. The complete experimental detail of the process of processing quinoa malt and quinoa beer, which provides information on the ingredients that are part of the process, is obtained through the process. 75% of quinoa malt is used for the production of the product because the objective is to produce a quinoa beer with high nutritional value, and the remaining 25% is used with malt based on barley as this is the main one in charge of enriching with carbohydrates necessary for fermentation. Quinoa malt is produced in the laboratories of IDEPROQ of the faculty of Engineering through soaking, germination, drying and roasting of the grain under appropriate conditions of the process.

The brewing is carried out by weighing the raw material, regulating the pH of the water, continuing with the maceration under a thermal treatment for greater yield of obtaining alpha amylases, must separation, must cooking, sedimentation, high fermentation, filtration, bottling, second fermentation, maturation and pasteurization.

A kinetic study of fermentation is performed where we use other tests at different °Brix and pH under the same temperature, a reduction analysis of sugars during fermentation is also carried out to obtain the mathematical model and the determination of glucose concentration. The pH of 4; 4, 5 and 5 are chosen because it is an optimal range for yeast growth, even though it supports more acidic media. The organoleptic and nutritive characteristics of the final product are evaluated. The result is an ALE beer with IBU grades of 12,4 with a sparkling capacity of 62% and an alcoholic strength of 4,5% v/v. The Ale Quinoa Beer obtained a color that tends to an American English Bitter beer, the color was measured in EBC (European Brewery Convention) equal to 14. The protein in Quinoa beer is higher than the reference value of a common beer.

This product is not intended to be a commercial product for recreational and festive purposes or other activities where the beer is consumed in excess, rather, it is aimed at family consumption and sometimes where consumption is limited but its nutritional (protein) contribution is important for Bolivian families.

INDICE

1. CAPITULO I	
GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
1.4 JUSTIFICACION.....	5
1.4.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	5
1.4.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	5
1.4.3 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	6
2. CAPITULO II MARCO TEORICO.....	7
2.1 LA CERVEZA.....	8
2.2 HISTORIA DE LA CERVEZA.....	8
2.3 PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE CERVEZA.....	9
2.4 CARACTERISTICAS DE LA CERVEZA.....	10
2.5 MALTA PARA ELABORACION DE CERVEZA.....	11
2.5.1 TIPOS DE MALTA.....	11
2.6 FERMENTACION ALCOHOLICA.....	12
2.7 TIPO DE FERMENTACIONES.....	14
2.7.1 FERMENTACION ALTA (CERVEZA ALE).....	14
2.7.2 FERMENTACION BAJA (CERVEZA LAGER).....	14
2.8 CONTROL DE CALIDAD DE LA CERVEZA.....	15
2.8.1 COLOR DE LA CERVEZA.....	16
2.8.2 GRADO ALCOHOLICO.....	17
2.8.3 CAPACIDAD Y ESTABILIDAD ESPUMANTE.....	17
2.8.4 TURBIDEZ.....	18
2.8.5 DENSIDAD.....	19
2.8.6 pH.....	19
2.8.7 INDICE DE AMARGOR.....	19
2.9 LA QUINUA.....	21
2.9.1 PROPIEDADES DE LA QUINUA.....	22

2.9.1.1	PROTEINAS.....	22
2.9.1.2	GRASAS.....	24
2.9.1.3	FIBRA.....	24
2.9.1.4	MINERALES.....	24
2.9.1.5	VITAMINAS.....	25
2.9.1.6	PODER DIASTASICO DE LA QUINUA.....	26
2.9.2	PRODUCCION DE LA QUINUA.....	27
3.	CAPITULO III PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	29
3.1	LOCALIZACIÓN Y FUENTE DE MATERIA PRIMA.....	30
3.1.1	LOCALIZACION DEL PROYECTO.....	30
3.1.2	FUENTE DE MATERIA PRIMA.....	30
3.2	ELABORACIÓN DE MALTA.....	31
3.2.1	RECEPCIÓN.....	32
3.2.2	LIMPIEZA Y SELECCIÓN.....	32
3.2.3	LAVADO Y DESAPONIFICACION.....	32
3.2.4	REMOJO.....	32
3.2.5	GERMINACIÓN.....	33
3.2.6	SECADO.....	33
3.3	ELABORACION DE LA CERVEZA.....	36
3.3.1	PESADO.....	39
3.3.2	REGULACIÓN DE PH.....	39
3.3.3	MACERACIÓN.....	40
3.3.4	SEPARACIÓN DE MOSTO.....	42
3.3.5	COCCIÓN DEL MOSTO.....	44
3.3.6	SEDIMENTACIÓN Y ENFRIAMIENTO.....	45
3.3.7	ENFRIADO.....	45
3.3.8	FERMENTACIÓN.....	46
3.3.9	FILTRADO.....	47
3.3.10	EMBOTELLADO.....	47
3.3.11	FERMENTACIÓN SECUNDARIA.....	48
3.3.12	MADURACIÓN O REPOSO.....	48
3.3.13	PASTEURIZADO.....	49
4.	CAPITULO IV METODOS DE ANALISIS.....	50
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	51

4.1.1	HUMEDAD.....	51
4.1.2	CENIZAS.....	51
4.1.3	PROTEINAS TOTALES.....	51
4.1.4	CONTENIDO EN GRASA.....	51
4.2	DETERMINACION DEL GRADO ALCOHOLICO.....	51
4.3	CAPACIDAD Y ESTABILIDAD ESPUMANTE.....	53
4.4	DENSIDAD.....	53
4.5	DETERMINACION DE ACIDEZ TOTAL.....	54
4.6	pH.....	54
4.7	DETERMINACION DEL COLOR.....	55
4.8	INDICE DE AMARGOR.....	56
4.9	EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN.....	57
4.9.1	DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES COMO GLUCOSA.....	60
4.9.2	DETERMINACIÓN LA CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA EN gr/L DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN.....	60
4.10	ANALISIS MICROBIOLÓGICO.....	61
5.	CAPITULO V PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
5.1	CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA.....	63
5.1.1	HUMEDAD.....	63
5.1.2	RESULTADOS DE ANALISIS BROMATOLÓGICOS DE LA QUINUA COMO MATERIA PRIMA.....	64
5.1.3	ANALISIS ORGANOLEPTICO DE LA QUINUA COMO MATERIA PRIMA.....	64
5.2	BALANCE DE MASA PARA LA ELABORACION DE 20 LITROS DE CERVEZA DE QUINUA TIPO ALE.....	66
5.2.1	BALANCE DE MASA EN LA ELABORACIÓN DE MALTA.....	67
5.2.2	BALANCE DE MASA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA.....	69

5.3 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DE LA CERVEZA.....	73
5.4 CARACTERIZACION DE LA CERVEZA DE QUINUA.....	75
5.5 ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CERVEZA DE QUINUA.....	76
5.6 ANALISIS DE LA CINETICA DE FERMENTACION.....	77
5.6.1 INFLUENCIA DE LA CINETICA DE PRODUCCION DE ALCOHOL DURANTE LA FERMENTACION.....	82
6. CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
6.1 CONCLUSIONES.....	89
6.2 RECOMENDACIONES.....	91
7. CAPITULO VII GLOSARIO.....	92
8. CAPITULO VIII BIBLIOGRAFÍA.....	95
9. CAPITULO IX ANEXOS.....	99
9.1 ANEXO A Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza.....	100
9.2 ANEXO B. Diferencias entre la cerveza artesanal y la cerveza industrial.....	106
9.3 ANEXO C. Fotografías del procedimiento experimental.....	108
9.4 ANEXO D. Datos del procedimiento experimental.....	115

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1	COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE QUINUA.....	27
FIGURA 2.2	LA QUINUA SEGÚN AÑO AGRÍCOLA SEGÚN SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO AÑO 2005- 2015.....	28
FIGURA 3.1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE MALTA CERVECERA DE QUINUA.....	31
FIGURA 3.2	QUINUA GERMINADA.....	34
FIGURA 3.3.	SECADO DE LA QUINUA GERMINADA.....	34
FIGURA 3.4.	TOSTADO DE LA QUINUA GERMINADA.....	35
FIGURA 3.5.	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA DE QUINUA.....	36
FIGURA 3.6	MACERADO DE LA MALTA.....	42
FIGURA 3.7	SEPARACIÓN DEL MOSTO.....	43
FIGURA 3.8	LÚPULO EN PELLETS.....	45
FIGURA 3.9	FERMENTACIÓN DEL MOSTO.....	47
FIGURA 3.10	EMBOTELLADO DE LA CERVEZA.....	48
FIGURA 5.1	SEGUIMIENTO DE LA ACIDEZ Y EL pH.....	77
FIGURA 5.2	SEGUIMIENTO DEL pH VS.TIEMPO.....	78
FIGURA 5.3	SEGUIMIENTO DE SOLIDOS TOTALES SOLUBLES VS TIEMPO...79	
FIGURA 5.4	SEGUIMIENTO DE DENSIDAD VS TIEMPO.....	80
FIGURA 5.5	SEGUIMIENTO DEL GRADO ALCOHÓLICO VS TIEMPO.....	81
FIGURA 5.6	CURVA DE ELABORACIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO CON ACETATO DE POTASIO.....	82
FIGURA 5.7	ABSORBANCIA VS CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA.....	
FIGURA 5.8	°BRIX VS TIEMPO DE FERMENTACIÓN.....	85
FIGURA 5.9	PORCENTAJE DE ALCOHOL VS TIEMPO DE FERMENTACIÓN.....	85

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	COMPOSICIÓN DE LA CERVEZA.....	10
TABLA 2.2	QUINUA REAL COMPARADA.....	23
TABLA 2.3	TABLA NUTRICIONAL DE LA QUINUA.....	25
TABLA 2.4	PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO.....	28
TABLA 4.1.	CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD ESPECIFICA EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA.....	54
TABLA 4.2	DETERMINACIÓN DE COLOR DE LA CERVEZA.....	55
TABLA 4.3	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LÚPULO EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD Y DEL TIEMPO DE EBULLICIÓN.....	57
TABLA 5.1	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA QUINUA.....	63
TABLA 5.2	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA QUINUA.....	64
TABLA 5.3	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LA QUINUA.....	64
TABLA 5.4	BALANCE DE MASA DEL REMOJADO DEL GRANO DE QUINUA.....	67
TABLA 5.5	BALANCE DE MASA EN LA GERMINACIÓN.....	68
TABLA 5.6	BALANCE DE MASA EN EL SECADO Y TOSTADO.....	68
TABLA 5.7	BALANCE DE MASA EN LA MOLIENDA.....	69
TABLA 5.8	BALANCE DE MASA EN LA MACERACIÓN.....	69
TABLA 5.9	BALANCE DE MASA EN EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE MOSTO.....	70
TABLA 5.10	BALANCE DE MASA EN EL PROCESO DE COCCIÓN.....	70
TABLA 5.11	BALANCE DE MASA EN LA SEDIMENTACIÓN.....	71
TABLA 5.12	BALANCE DE MASA EN EL ENFRIAMIENTO.....	71
TABLA 5.13	BALANCE DE MASA EN LA FERMENTACIÓN.....	72
TABLA 5.14	BALANCE DE MASA EN LA FILTRACIÓN.....	72
TABLA 5.15	BALANCE DE MASA EN LA MADURACIÓN.....	73
TABLA 5.16	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA CERVEZA.....	74
TABLA 5.17	CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA DE QUINUA.....	75

TABLA 5.18	COMPARACION DE LA CERVEZA DE QUINUA.....	76
TABLA 5.19	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CERVEZA DE QUINUA.....	76
TABLA 5.20	ABSORBANCIA A PARTIR DE LA CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA.....	83
TABLA 5.21	RESULTADOS DE DENSIDAD, °BRIX Y % ALCOHOL, A pH = 4.....	86
TABLA 5.22	RESULTADOS DE DENSIDAD, °BRIX Y % ALCOHOL, A pH = 4,5.....	86
TABLA 5.23	RESULTADOS DE DENSIDAD, °BRIX Y % ALCOHOL, A pH = 5.....	86

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La cerveza es una bebida resultante de la fermentación mediante levaduras del mosto procedente de la malta de cebada, aromatizada posteriormente con lúpulos.

El origen de la cerveza se remonta en la historia de la humanidad, se cree que la cerveza tuvo su origen en Mesopotamia, hace más de siete mil años por otra parte, se sabe que los egipcios fueron los primeros en comercializarla.

En la actualidad, casi todos los países industrializados de Asia, América y Europa tienen industrias cerveceras, siendo los principales países productores de esta bebida Estados Unidos de Norte América.

También se habla de la historia medieval y moderna, donde aparece la tradición alemana, que fue muy antigua. A raíz de fuertes heladas consecutivas que afectaron los cultivos de la vid, Europa reemplazo la cerveza por el vino.

La cerveza normalmente se elabora de distintos cereales como ser cebada, maíz, arroz, entre otros y en este proyecto utilizaremos la quinua. Los cuales pueden ser transformados en azúcares fermentables indispensables para la elaboración de bebidas alcohólicas y de moderación como la cerveza.

Su elaboración es conocida como un arte, a menudo los expertos en cervezas deben elegir entre las docenas de estilos de malta y lúpulo, de centenares de tipos de levadura, e incluso de diversas clases de agua, ya que dependiendo de qué tan bien los elija y de cómo los utilicen determinará el estilo y el gusto de la cerveza. La temperatura, el tiempo, el equipo e incluso el ambiente son algunos de los factores que también influyen en las características finales de la cerveza.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La elaboración de cerveza en base a quinua se convierte en una nueva oportunidad de desarrollo para los bolivianos, además de mostrar el potencial del "grano de oro".

Si comparamos la quinua con la mayor parte de los cereales, ésta contiene **muchas más proteínas y grasas**, aunque éstas últimas son en su mayoría insaturadas, destacándose la presencia de **ácidos omega 6 y omega 3**.

Si nos referimos a los micronutrientes, en la quinua destaca el contenido de **potasio, magnesio, calcio, fósforo, hierro y zinc** entre los minerales, mientras que también ofrece **vitaminas del complejo B** en cantidades apreciables y **vitamina E** con función antioxidante.

También está libre de gluten de forma natural, por lo que es un excelente alimento para los pacientes celíacos u otras personas que siguen una dieta libre de gluten.

Debemos apoyar lo nuestro y la quinua es un producto propio del altiplano, tiene bastantes valores nutritivos, es importante valorar nuestros productos porque invertimos en el país, es una buena alternativa para los que buscan una vida sana.

El consumo de quinua en Bolivia es de apenas dos kilogramos por persona al año, mientras que el de arroz y fideos es de 25 kilos. Comparado con el Perú, que exporta menos cantidad de quinua, esta tiene un consumo de más de 20 kilogramos por persona al año (INE, 2017)

Es necesario llevar el desarrollo industrial en una dirección adecuada, asegurando el alto valor nutricional de la quinua para la población boliviana y a la vez, una

Elaboración de Cerveza de Quinua

fuelle de ingresos para los agricultores de los Andes y para la atención de un mercado global de manera sostenible.

En diciembre de 2016 se realizó un Análisis de Mercado en Bolivia por Captura Consulting y BID-FOMIN, que indicó a la cerveza como la bebida alcohólica más industrializada, masiva y popular. (CBN.com, 2017)

Con la cerveza de quinua podemos impulsar el nivel de consumo en nuestro país, debido a que el producto va dirigido para personas adultas.

Según un estudio de la Cámara Boliviana de Fabricantes de Cerveza (CABOFACE), realizado por la firma Ernst & Young.

Los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y La Paz son las ciudades que tienen mayor consumo de cerveza. Los picos de consumo se encuentran generalmente en acontecimientos como el carnaval, el año nuevo, la festividad del Gran Poder y otros acontecimientos masivos. (CBN, 2017)

1.2 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una cerveza de fermentación alta o tipo Ale, a partir del grano de quinua.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar las características fisicoquímicas y organolépticas de la materia prima.
2. Evaluar las características organolépticas y nutritivas del producto final.
3. Identificar los parámetros de calidad de la cerveza a partir de la quinua.
4. Evaluar la influencia de la cinética de producción de alcohol.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Económica.

En la elaboración de este tipo de bebidas se ha utilizado una enorme variedad de materias primas como la cebada, maíz, arroz y una mezcla de las mismas. La mezcla ha dado como resultado un producto de alto contenido proteico y beneficios en ciertos aspectos como nutrientes para generar energía, hacia personas que las consumen de una forma adecuada y sin excesos.

Con la aplicación de esta investigación se trata de incrementar la demanda del Cultivo de quinua, y no sea destinada su producción de forma exclusiva para el área harinera y de balanceados; si no también, para otra clase de productos como es el caso de la de cerveza. La información generada será de positivo beneficio para impulsar la creación de microempresas, transfiriendo la tecnología adecuada para la elaboración de la cerveza, contribuyendo a su vez con el aumento de fuentes de trabajo, e incluso lograr una entrada económica adicional mediante la producción y comercialización de esta bebida, evitando también que los agricultores emigren del campo hacia las ciudades.

1.3.2 Justificación Social.

El presente proyecto lleva consigo el progreso y desarrollo económico a la región. Los pobladores del área de producción de quinua serán beneficiados por las actividades futuras a desarrollarse con la industrialización de la misma.

1.3.3 Justificación Técnica.

El impulso tecnológico para nuestro medio será importante, puesto que se estudiará un proceso de manera general la elaboración de la cerveza de quinua. El proceso que se plantea busca acomodarse enfatizando la quinua como valor agregado.





2.1 LA CERVEZA

La cerveza es una bebida alcohólica que se produce a partir de la germinación de granos de cereales que se fermentan en agua. Por lo general la cerveza se elabora con granos de cebada, una planta que pertenece al grupo familiar de las gramíneas. El almidón de estos granos es fermentado en agua con levadura. El líquido luego suele aromatizarse con lúpulo.

Más allá de este método de elaboración, existen múltiples variantes a la hora de la producción de cerveza. Según los ingredientes y los procedimientos, es posible obtener cerveza de distintos sabores, aromas, colores y texturas. La cerveza más popular es amarillenta, aunque también hay cervezas negras, cervezas rojas y otras.

La cerveza es gaseosa ya que presenta dióxido de carbono, exhibiendo burbujas cuando se sirve en un vaso o en una copa. Otra característica de la cerveza cuando es servida es su espuma, que puede persistir más o menos tiempo de acuerdo a la variedad de la bebida.

La graduación alcohólica de la cerveza también es variable, el contenido de alcohol de la cerveza generalmente se indica con porcentaje de alcohol por volumen o ABV%. Las más habituales tienen una graduación de entre 3% AVB y 12% AVB, aunque algunas cervezas pueden llegar hasta 30% AVB. (IICA, 1999).

2.2 HISTORIA DE LA CERVEZA

Históricamente la cerveza fue desarrollada por los antiguos pueblos elamitas, egipcios y sumerios. Las evidencias más antiguas de la producción de cerveza datan de alrededor de IV milenio a. c. fueron halladas en Godin Tepe, en el antiguo Elam (actual Irán). Algunos la ubican conjuntamente con la aparición del pan entre 10 000 a. C. y 6000 a. C. ya que tiene una parecida preparación agregando más o menos agua. Parece ser que las cervezas primitivas eran más densas que las actuales. Los egipcios elaboraban la cerveza a partir de panes de cebada poco cocidos que dejaban fermentar en agua. Su cerveza fue conocida como *zythum*, que es palabra griega, pero en una fase más tardía.

Antiguamente en Oriente se usaba arroz y también bambú. Del bambú, lo mismo que de la caña de azúcar, lo que se fermenta es su savia; pero no su fruto.

La Universidad de Pensilvania Salomon Katz, data la aparición de una bebida de cebada fermentada alcohólicamente en la Mesopotamia del año 4000 a. C. con el nombre de *sikaru*, pero señala que se hacía con pan de cebada; es decir, se trataba de lo que hoy llamamos *kuas*, que no es considerado propiamente cerveza, aunque es un fermentado alcohólico proveniente de cereal.

Durante la Edad Media se incorpora el lúpulo a la cerveza y por estas épocas ya era en Alemania la cerveza una bebida muy popular. En el año 1286 se tiene constancia de la elaboración la primera cerveza de gran producción en el Heiliggeistspital y en 1487 se establecieron las denominadas normas de pureza de Múnich.

A comienzos del siglo XVI el príncipe Guillermo IV, elector de Baviera, hizo aprobar la "ley de la pureza" (*Reinheitsgebot*) en el año 1516. El "*Reinheitsgebot*" obligaba a los cerveceros a no utilizar más que cuatro productos para fabricar su

cerveza: el agua, la cebada, el lúpulo y las levaduras. Esta ley se extendió a continuación a todo el imperio alemán en 1906. (Verti, 2002)

2.3 PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE CERVEZA

Cada día en Bolivia se consumen 50.600 botellas con cerveza, de éstas el 96% son producidas por la Cervecería Boliviana Nacional, (Capymecer). Esas son cifras que maneja la nueva Cámara Boliviana de Pequeñas y Medianas Empresas Cerveceras, conformada por pequeñas y medianas empresas nacionales que busca incentivar y proteger al sector.

Según un estudio de la Cámara Boliviana de Fabricantes de Cerveza (CABOFACE), realizado por la firma Ernst & Young

Los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y La Paz son las ciudades que tienen mayor consumo de cerveza. Los picos de consumo se encuentran generalmente en acontecimientos como el carnaval, el año nuevo, la festividad del Gran Poder y otros acontecimientos masivos. (CABOFACE)

2.4 CARACTERISTICAS DE LA CERVEZA

La cerveza, por su proceso natural de elaboración y por las materias primas (agua pura, cereales, lúpulo y levaduras), posee características nutricionales que la hacen una bebida sana y nutritiva (IICA, 1999).

Tabla 2.1 Composición de la Cerveza

Componente	Masa (mg/100 g) comestible	Componente	Masa (mg/100 g) comestible
Calorías	45	Calcio	4
Humedad	90,7	Fósforo	18
Proteínas	0.5	Sodio	5
Lípidos	0	Potasio	27

Elaboración de Cerveza de Quinua

Fibra Cruda	0	Rivoflavina	0,04
Cenizas	0,14	Ac. Ascórbico	0,3

Fuente: Industria de la Cerveza. Dewey

El consumo moderado de cerveza aporta a la dieta minerales como el silicio, un elemento que favorece los procesos de formación ósea. La cerveza contiene aproximadamente 36 mg/l de silicio biodisponible. Otros minerales que contiene son magnesio, potasio y muy poco sodio. (Kunze, 2006)

La cerveza puede ser clasificada de diferentes formas ya sea por su color o por el tipo de fermentación. Existe una variedad de cervezas en el mundo y cada una posee un particular color, aroma, sabor y cuerpo. Sin embargo, todas están preparadas con los mismos ingredientes como la cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. La diferencia entre una y otra es el tipo de fermentación y la variación de materias primas. Según (Kunze, 2006) existen dos tipos de cerveza la de baja fermentación (Lager) y las de alta fermentación (Ale).

2.5 MALTA PARA LA ELABORACION DE CERVEZA

La malta es un producto a base de cereales como trigo, cebada, centeno y avena, siendo ésta la base de la cerveza, y es la que aporta los azúcares necesarios para la fermentación, así como color y cuerpo.

Durante el proceso de malteado, los granos son calentados a diferentes temperaturas para brindarles diferentes sabores. Entre más se tuesten los granos menos azúcar tendrán para generar alcohol. Por lo tanto, las recetas de cervezas usualmente incluyen granos ligeramente tostados (maltas base) para el cuerpo y alcohol, y granos tostados (maltas especiales) para color y sabor. (Kunze, 2006)

2.5.1 TIPOS DE MALTA

La calidad de la malta será adecuada si presenta: bajo contenido en proteína, buena modificación, gran poder enzimático, extracto alto y alto contenido en sustancias reductoras. (IICA, 1999)

Existen 3 tipos de maltas bases, Pilsen, Munich y Vienna que son las más comunes y utilizadas.

Grano germinado – secado a baja temperatura	=	MALTA PILSEN
Grano germinado – secado a mediana temperatura	=	MALTA MUNICH
Grano germinado – secado a alta temperatura	=	MALTA VIENNA

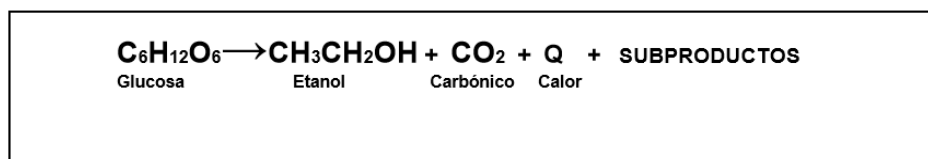
En este proyecto se trabaja con malta tipo Pilsen, debido a que su color es muy claro y su sabor suave, este tipo de malta da como resultado cervezas rubias o doradas con sabores muy suaves. Las maltas Múnich y Vienna da como resultado cervezas de tonos un poco más oscuros que pueden llegar al rojo claro y sabores más intensos a malta. (CAE, Gorostiaga 2008)

2.6 FERMENTACION ALCOHOLICA

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico que además de generar etanol desprende grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) además de energía para el metabolismo de las bacterias anaeróbicas y levaduras.

El oxígeno es el desencadenante inicial de la fermentación, ya que las levaduras lo van a necesitar en su fase de crecimiento. Sin embargo, al final de la fermentación conviene que la presencia de oxígeno sea pequeña para evitar la pérdida de etanol y la aparición en su lugar de ácido acético.

El proceso, simplificado, de la fermentación es:

Elaboración de Cerveza de Quinua

(Fuente: Nieto Galarza, 2009)

La fermentación alcohólica es un proceso exotérmico, es decir, se desprende energía en forma de calor. Por ello es necesario controlar este aumento de temperatura ya que si ésta ascendiese demasiado (25°C – 30°C) las levaduras comenzarían a morir deteniéndose el proceso fermentativo. Otro producto resultante de la fermentación es el anhídrido carbónico (CO₂) en estado gaseoso, que provoca el burbujeo, la ebullición y el aroma característico de una cuba de mosto en fermentación.

Esta ebullición hace que las partes sólidas (hollejos) suban a la superficie del mosto formándose una capa en la parte superior del depósito llamado “sombrero”. Esta capa protege al mosto de ataques bacterianos y de posibles oxidaciones y fundamentalmente, cede al mosto gran cantidad de sustancias contenidas en los hollejos, sobre todo los taninos.

A lo largo de todo el proceso de fermentación y en función de las condiciones (cantidad de azúcar disponible, temperatura, oxígeno, etc,) cambia el tipo de levadura que predomina pudiéndose distinguir varias fases en la fermentación:

1° fase: (primeras 24 horas), predominan levaduras no esporogéneas, que resisten un grado alcohólico de 4 a 5. Son sensibles al anhídrido sulfuroso.

2° fase: (2°- 4° día), predomina el *Sacharomyces Cerevisae* que resiste hasta un grado de alcohol entre 8 y 16 v/v. En esta fase es cuando se da la máxima capacidad fermentativa.

3° fase: Sigue actuando *Sacharomyces Cerevisae*. También pueden existir otros microorganismos procedentes principalmente de las bodegas y de los utensilios, suelen ser hongos entre los que se destacan *Penicillium*, *Aspergillus*, *Oidium*, también podrían formarse otras sustancias como ser: ácido acético, ácido láctico, ácido pirúvico y acetaldehído. Ácido succínico, acetoina, diacetilo y 2-3 butanodiol, alcoholes superiores, ésteres y acetatos.

2.7 TIPO DE FERMENTACIONES

Esta es la clasificación más sencilla, según el tipo de fermentación las cervezas se dividen en dos grandes grupos: Lager, de baja fermentación, y Ale (pronunciado en inglés) las de alta fermentación, en las que se incluyen también las de fermentación espontánea. No obstante, se trata de una división demasiado genérica, por lo que normalmente se denominan lager las cervezas que no tienen ninguna otra característica especial.

2.7.1 FERMENTACION ALTA (CERVEZA ALE)

Las cervezas de alta fermentación se remontan a tiempos antiguos. Son cervezas con mucho cuerpo. Para estas cervezas se utilizan levaduras que actúan a temperaturas más altas que las lagers (de 18 a 25°C) denominadas *Saccharomyces cerevisae* y tienden a situarse cerca de la superficie, como si fueran a flotar, de ahí que sean denominadas **cervezas de alta fermentación** o “top fermentation”, en inglés.

Por lo general, las cervezas tipo lager son ligeras, claras, con bastante gas y una graduación moderada. También suelen ser muy refrescantes. Las cervezas tipo Ale, en cambio, son menos habituales, al menos en el mediterráneo, aunque en Reino Unido y el centro de Europa son las más populares. Se trata de cervezas más oscuras, espesas y con poco gas. Suelen tener mayor graduación y un sabor mucho más intenso, en el que se nota más el cereal. El nombre Ale suele aplicarse

únicamente a las cervezas inglesas, mientras que el resto suelen adoptar su denominación en función de otras propiedades. (Knudse, 1977)

2.7.2 FERMENTACION BAJA (CERVEZA LAGER)

Las cervezas tipo lager son cervezas que se producen en Alemania (dónde las temperaturas son muy bajas), por ello necesitan mayor tiempo de fermentación porque el frío ralentiza el proceso de actividad de la levadura y requieren un tiempo de maduración más extenso.

Así mismo, el frío impide la producción de ésteres que si se pueden encontrar en las cervezas tipo ale y por consiguiente la producción de aromas frutales. Es una cerveza de sabor más limpio, aunque de envejecimiento largo llamado *lagering* (palabra en alemán de donde proviene el nombre de la bebida) que funciona como suavizador del sabor de la misma. (Knudse, 1977)

2.8 CONTROL DE CALIDAD DE LA CERVEZA

La cerveza al igual que otros productos, es un alimento perecedero, es decir que, a partir de su envase, en botella o barril, su calidad físico-química y organoléptica (puede ser percibida por los sentidos, su sabor, textura, olor, color, etc.) empieza a disminuir. Por lo tanto, es fundamental mentalizarse al respecto para lograr que el producto llegue al consumidor en las mejores condiciones posibles.

El control de calidad de la cerveza se caracteriza por una serie de parámetros, unos de orden legal, extracto seco primitivo, acidez, alcohol, entre estos últimos se puede citar, amargor, color, anhídrido carbónico, grado de fermentación, entre otros. Por ello para cada una de las cervezas que se elabora está establecida una Norma que presenta parámetros que mejor definen cada tipo de cerveza y señala los valores, con sus tolerancias, que cada uno debe alcanzar.

Por si ello fuese poco, la elaboración de la cerveza, al ser un proceso multi-enzimático, da lugar de forma natural a la aparición de unos trescientos

compuestos, de los que los más representativos, los mayoritarios, son el alcohol y el anhídrido carbónico.

Pero unas buenas materias primas no son suficientes para producir una cerveza de calidad. Es necesario que el proceso productivo sea técnicamente bueno para que absorbiendo las variaciones naturales que, por las causas anteriores, se producen, la cerveza resultante concuerde al máximo con la diseñada que en definitiva es la que los consumidores esperan encontrar.

Por ello se pone en marcha y desarrolla un sistema de control en cada una de las fases del proceso para asegurar que la cerveza que sale al mercado cumple con las especificaciones establecidas.

2.8.1 COLOR DE LA CERVEZA

La medición del color es importante en la industria de la cerveza a medida que aumenta la percepción de la calidad. El matiz o la tonalidad de una cerveza se deriva principalmente de los granos y, a veces, proviene de los frutos u otros ingredientes en la cerveza. Los estilos de cerveza elaborados con maltas o granos caramelizados, tostados o asados presentarán colores cada vez más oscuros.

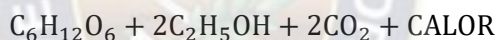
La aplicación de calor puede ser la causa de muchas reacciones complejas que comprometen a los carbohidratos. La actividad del agua y los protones regulan el grado de liberación de azúcares reductores por hidrólisis a partir de sus conjugados glicosídicos en los alimentos. Después de la liberación ocurren muy pocas reacciones de los azúcares en medio acuosos a pH 4,0 aproximadamente.

Sin embargo, si el medio vuelve a ser neutro o débilmente alcalino, entonces los hemiacetales pasan más rápidamente a la forma carbonilo de los azúcares reductores, es decir, a aldehídos y cetonas reactivas, las cuales se enolizan y comienzan una serie de reacciones de descomposición. Los grupos amino básicos de las proteínas, péptidos y aminoácidos se añaden rápidamente a los grupos carbonilo de los azúcares y se condensan. Entonces ocurre la reacción

entre el grupo amino y el grupo del azúcar, conocida como reacción de Maillard, con la aparición de color pardo que es el punto inicial de la enlización de la glicosilamina. Cuando no participan compuestos amino en las reacciones de descomposición inducidas por el calor (sobre 100°C), reciben el nombre de reacciones de caramelización. (Kunze, 2006)

2.8.2 GRADO ALCOHOLICO

El grado alcohólico o graduación alcohólica es el porcentaje en volumen de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica.



Fuente: Dantur, 2006

El grado alcohólico varía de acuerdo al tipo de cerveza, su lugar de elaboración, los ingredientes que aportan los azúcares fermentables y el tipo de microorganismo. Según Dantur, 2006, el grado alcohólico de una cerveza tipo Ale oscila en el rango de 4 – 5 % de alcohol.

2.8.3 CAPACIDAD Y ESTABILIDAD ESPUMANTE

La espuma se puede definir como una dispersión de burbujas de gas suspendidas en el seno de un líquido viscoso o de un semisólido, y se forman por una adsorción de moléculas reactivas en la interface gas líquido.

La formación de espuma es uno de los factores más importantes en la evaluación de calidad que realizan los consumidores de cerveza, ya que transmite la primera impresión del producto tan pronto es servido en el vaso. La espuma se forma por

Elaboración de Cerveza de Quinua

gases que se encuentran repartidos en el líquido y materias sólidas, principalmente el CO₂ (Rodríguez, 2003).

Se le denomina capacidad espumante (E) a la habilidad para la incorporación en solución de CO₂ en forma de una distribución fina de burbujas, las cuales persisten en la superficie del líquido sin coalescencia de una con la otra y sin ruptura en el espacio de vapor; es decir, este parámetro indica la capacidad de formación y expansión de la espuma. Los elementos que participan positivamente de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las isohumulonas provenientes del lúpulo.

Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a caracterizar a cervezas con capacidades espumantes deficientes. Cabe resaltar que cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma. La capacidad espumante de una cerveza industrial se encuentra en el rango de 50 – 70 %. (Wallin y otros, 2010).

La estabilidad espumante tiene que ver directamente con la capacidad de retención de espuma que posee una cerveza desde el momento en que es servida. El concepto de estabilidad involucra los fenómenos de decaimiento y drenado.

La velocidad de decaimiento o disminución del volumen de la espuma en el tiempo (EE1) es característica del tipo y/o estilo de cerveza, la cual también puede ser influenciada por la temperatura y la edad ya que, dependiendo del estilo, una segunda fermentación puede seguramente ocurrir en la botella cambiando la gravedad específica y la tensión superficial de la cerveza conforme envejece (Barrientos, 2011).

Tan pronto como la espuma se forme, el líquido comienza a drenar de ella. En un líquido simple, como el agua pura, el fenómeno es muy sencillo; sin embargo, la cerveza contiene proteínas disueltas, aminoácidos e innumerables moléculas juntas en una solución homogénea. Conforme el líquido drena varía la forma de

la viscosidad localizada debido a las variaciones homogéneas internas de las proteínas de la superficie de la burbuja. Una vez que la espuma ha alcanzado la estabilidad el drenado aparece junto con el decaimiento. La medición de la velocidad de drenaje del líquido de la espuma (EE2) se realiza teniendo en cuenta el volumen del líquido drenado en la cerveza a un tiempo fijo (Romero, 2013).

2.8.4 TURBIDEZ

La estabilidad de la cerveza se define como unidades de tiempo transcurridas hasta alcanzar un determinado nivel de turbidez. La pérdida de brillo, el descenso de la transparencia, el grado de enturbiamiento, incluso la floculación, precipitación y sedimentación, son las sucesivas manifestaciones visuales de la falta de estabilidad o inestabilidad de la cerveza (Romero, 2013).

2.8.5 DENSIDAD

La densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza (mientras se va transformando los azúcares en alcohol se hace más ligera) e indica si la fermentación ha tenido lugar de forma satisfactoria. El rango de densidades finales en cervecería oscila entre 0.997 – 1.040 g/ml dependiendo del tipo de material amiláceo utilizado (Romero, 2013).

2.8.6 pH

El pH final de las cervezas fluctúa entre 3 - 5. Las cervezas elaboradas con una mayor relación de malta y otros cereales adjuntos poseen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente con malta. El pH final también depende del pH inicial regulado generalmente en el proceso de maceración, el cual a su vez depende del tipo de agua utilizada y el tratamiento de la misma con ácidos y/o sales de calcio (Rodríguez, 2003).

2.8.7 INDICE DE AMARGOR

Elaboración de Cerveza de Quinua

El impacto sensorial ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma, y del olor como distintas variedades de aromas. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas es importante, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto.

El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales coadyuvan en el proceso de clarificación.

El sabor amargo característico de la cerveza, proviene de la secreción glandular de las flores femeninas no fecundadas del lúpulo, la cual contiene dos compuestos clasificados como resinas; las humulonas o ácidos alfa lupulínico y las lupulonas o ácidos beta lupulínico. (Martin, 2004)

El amargor de la cerveza se mide a través del índice de amargor ($^{\circ}$ IBU del origen inglés, International Bitterness Units), el cual resulta de calcular la proporción de ácidos alfa y beta por unidad de peso de lúpulo contenido en un mosto. Según el tipo de cerveza y el lugar de fabricación los rangos de $^{\circ}$ IBU varían de 10 a 60 (Rodríguez, 2003).

La Asociación Internacional de Cerveceros (2014) menciona los índices de amargor ($^{\circ}$ IBU International Bitterness Units) característicos de los principales estilos de cervezas Ale comercializadas en el mundo:

- 15-20 $^{\circ}$ IBU Cream Ale
- 15-28 $^{\circ}$ IBU Blonde Ale
- 17-28 $^{\circ}$ IBU Irish Red Ale
- 20-35 $^{\circ}$ IBU American Pale Ale

Elaboración de Cerveza de Quinua

- 20-40 °IBU American Brown Ale
- 20-30 °IBU Belgian Pale Ale
- 20-35 °IBU Belgian Golden Strong Ale
- 30-60 °IBU Old Ale

(Fuente: Asociación de Cerveceros, 2014)

2.9 LA QUINUA

La quinua real (*Chenopodium Quinoa Willd*) es un grano originario de la zona altiplánica de la Cordillera de Los Andes. Tradicionalmente crece en tierras áridas y semiáridas en la zona intersalar (Salar de Uyuni y Salar de Coipasa) con una amplia variabilidad genética de más de tres mil eco tipos y con capacidad de adaptabilidad a las adversidades climáticas y diversos pisos ecológicos

Los cultivos andinos han dado productos de alto valor nutricional durante milenios. Sin embargo, la diversidad genética en los Andes está siendo amenazada por la desertificación, la deforestación, la erosión y los cambios socioeconómicos.

La quinua real representa un alimento alternativo estratégico y potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional de la humanidad. La producción de quinua en Bolivia incrementó de manera considerable tras las políticas efectuadas para el sector y el precio elevado en el mercado internacional.

La riqueza del grano de quinua en términos alimenticios ha conducido a una mayor demanda tanto interna como externa. Contribuyendo así un mayor desarrollo de demanda a nivel nacional e internacional. Adicionalmente, cabe señalar que la quinua no solamente puede ser consumida como grano pasando por el proceso

Elaboración de Cerveza de Quinua

de beneficiado, sino que también es factible adicionar mayor valor agregado generando harinas, hojuelas, manjares, fideos, galletas, snack y barras energéticas, entre otros. Entre ellas destaca que la quinua real es una semilla que posee ácidos omegas 3 y omega 6, es baja en grasas y resulta beneficiosa para las personas que padecen de problemas al corazón.

Así como también es beneficiosa para las dietas de las personas celiacas, segmento al que apuntaron estos emprendedores cuando desarrollaron su producto, tiene bajo índice glucémico, por lo que también sirve para que las personas puedan perder peso y controlar los niveles de colesterol. A esto se suma, que también permite tener una buena digestión, es antiagástrico, antiinflamatorio y cicatrizante, por lo que contar con esta opción, resulta beneficioso para las personas que optan por este tipo de productos. (Nina, 2012)

Finalmente, es importante señalar que Bolivia es uno de los principales productores del cereal, conjuntamente con Perú y Ecuador y, prácticamente, sólo en el país se cultiva la llamada quinua real (por las características climáticas), que es la de mayor interés comercial por el tamaño de su grano, así como por sus mayores ventajas nutricionales. (Cabolqui, 2017).

2.9.1 PROPIEDADES DE LA QUINUA

La quinua es un alimento valorado por su naturaleza química, por las transformaciones que sufre al ser ingerido y por los efectos que produce en el consumidor. La quinua es fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la alta combinación de aminoácidos esenciales, su proteína es de alta calidad y a la vez tiene alto contenido de lisina. Su valor calórico es mayor a otros cereales, tanto en grano y harina, alcanza a 350 Cal/100g, el cual lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. Su composición de aminoácidos esenciales, le permite ser comparable solo con la carne, leche y huevo. Es también rica en minerales como el Calcio, Hierro,

Fosforo, Zinc y Magnesio. También es rica en Vitaminas B₁, B₂, B₃, B₆, C y E, y contiene Omega 3 y 6. (Nina, 2012)

2.9.1.1 PROTEINAS

Es una fuente de proteínas de alto valor biológico, presenta un balance de aminoácidos especialmente atractivos para la dieta alimentaria. Contiene los 10 tipos de aminoácidos esenciales que el organismo no produce y que solo pueden ser obtenidos a través de una alimentación adecuada (Valina, Leucina, Treonina, Lisina, Triptófano, Histidina, Fenilalanina, Isoleucina, Arginina y Metionina) (Cabolqui, 2017).

TABLA: 2.2 QUINUA REAL COMPARADA

QUINUA REAL COMPARADA (100g de producto)							
Aminoácidos	QUINUA REAL	TRIGO	LECHE	Aminoácidos	QUINUA REAL	TRIGO	LECHE
Histidina*	4,6	1,7	1,7	Ácido Aspártico	8,6	--	--
Isoleucina*	7	3	5	Ácido Glutámico	16	--	--
Leucina*	7,3	5,8	7,3	Cisterina	7	--	--
Lisina*	8,4	2,2	5,6	Serina	7,8	--	--
Metionina*	5,5	2,1	2,1	Tirosina	6,7	--	--
Fenilalanina*	5,3	4,2	3,7	Arginina *	7,4	3,6	2,8
Treonina*	6	3	3	Prolina	4	--	--
Triptofano*	1,2	1	1	Alanina	4,7	3,7	3,3
Valina *	7,6	3,6	4,6	Glicina	5,2	3,9	2

*= Aminoácidos esenciales para el ser humano

(FUENTE: Velasco, 2010)

Los aminoácidos que contiene en mayor cantidad con respecto a otros cereales son: ácido glutámico, ácido aspártico, isoleucina, lisina, fenilalanina, tirosina y valina.

La biodisponibilidad de la lisina de la Quinua (el aminoácido esencial más abundante en sus semillas), es muy alta, mientras en el trigo, el arroz, la avena, el mijo o el sésamo es notablemente más baja. Este aminoácido,

Elaboración de Cerveza de Quinua

que mejora la función inmunitaria al colaborar en la formación de anticuerpos, favorece la función gástrica, colabora en la reparación celular, participa en el metabolismo de los ácidos grasos, ayuda al transporte y absorción del calcio e, incluso, parece retardar o impedir (junto con la vitamina C) las metástasis cancerosas, por mencionar sólo algunas de sus numerosas actividades terapéuticas. (Cabolqui, 2017)

Tampoco es común en los cereales corrientes el ácido aspártico (que mejora la función hepática y es indispensable para el mantenimiento del sistema cardiovascular), el ácido glutámico (que participa en los procesos de producción de energía para el cerebro y en fenómenos tan importantes como el aprendizaje, la memorización y la plasticidad neuronal), la cisterína (protector hepático al unirse a los metales pesados para favorecer su eliminación además de destruir radicales libres y potenciar el sistema inmune), la serina (potente agente hidratante natural) y la tirosina (que tiene un importante efecto antiestrés y juega un papel fundamental en el alivio de la depresión y la ansiedad, entre otras funciones) (Velasco 2010).

2.9.1.2 GRASAS

La mayoría de sus grasas son monoinsaturadas y poliinsaturadas, destacándose el ácido linoleico, graso esencial poliinsaturado perteneciente a los ácidos Omega 6, importante precursor de diversos mediadores celulares indispensables para el correcto funcionamiento y estabilidad de las membranas de las células de nuestro organismo, el desarrollo del sistema nervioso, el hormonal y la regulación de los procesos de coagulación. (Alvarez, 2012)

2.9.1.3 FIBRA

La Quinua es un alimento rico en fibra que varía su composición dependiendo del tipo de grano, con rangos que van desde los 2,49 y 5,31g por cada 100 gr

de producto. Se ha demostrado que la fibra dietética disminuye los niveles de colesterol total, LDL-colesterol, presión arterial y actúa como antioxidante. Los antioxidantes nos protegen frente a los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades. (Velasco, 2010)

2.9.1.4 MINERALES

El grano de la Quinua tiene casi todos los minerales en un nivel superior a los cereales. Contiene fósforo, calcio, hierro, potasio, magnesio, manganeso, zinc, litio y cobre. Su contenido de hierro es dos veces más alto que el del trigo, tres veces más alto que el del arroz y llega casi al nivel del frijol. (Alvarez, 2012)

TABLA: 2.3 TABLA NUTRICIONAL DE LA QUINUA

TABLA NUTRICIONAL (100 g de producto)						
COMPOSICION	QUINOA	MAIZ	TRIGO	AVENA	CENTENO	CEBADA
Calcio Mg	66	150	44	88	54	38
Fósforo Mg	408	256	406	253	323	376
Magnesio Mg	204	120	147	0	0	0
Potasio Mg	1.040	330	502	0	0	0
Hierro Mg	11	0	3,3	5,3	5,8	3,7
Manganeso Mg	2,2	0,5	3,5	0	0	0
Zinc Mg	7,5	2,5	4	0	0	0
Proteína g	14	10,5	11,5	8	10,5	9,5
Fibra g	5	1,7	2,5	8,5	3,5	1,7
Grasa g	5,5	4,5	2	5,5	1	1,6
Carbohidrato g	60	70	70	62	69	76

(FUENTE: Velasco, 2010)

En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y los del trigo, arroz y maíz se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa, y la mayoría de minerales

2.9.1.5 VITAMINAS

La quinua posee un alto contenido de vitaminas del complejo B, C y E, donde su contenido de vitamina B y C es superior al del trigo. Es rica en caroteno y niacina (B₃). Contiene sustancialmente más riboflavina (B₂), tocoferol (vitamina E) y caroteno que el trigo y el arroz. (Romero, 2009)

2.9.1.6 PODER DIASTÁSICO DE LA QUINUA

Es la capacidad que tiene el grano de convertirse, por sí mismo en azúcares fermentables, es una medida de las enzimas que degradan el almidón presente en la malta. (Flores, 2015)

Los valores están influenciados por la variedad de grano y el contenido de proteína. La modificación de la malta y las condiciones de secado también ayudan a determinar el nivel de enzimas en la malta. El resultado se expresa en WK (WindischKolbach) o grados Lintner (expresados por °L) y representa la cantidad de maltosa que se obtiene de 100 gramos de malta; Por Ejemplo, un Poder Diastásico de 350 WK significa que 100 gramos de malta pueden formar 350 gramos de maltosa.

El poder germinativo de la quinua es del 90% según estudios de PROCESOS E INVESTIGACIONES AGROINDUSTRIALES EN QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.) Realizado en el departamento de Potosí (Flores, 2015).

Así también según el estudio de Caracterización de Alfa Amilasa de granos germinados de Chenopodium quinoa (Quinua). (Bedón, Cárdenas, 2013). La actividad enzimática fue evaluada mediante el método de Miller mostrando máxima actividad a pH 7 y a temperatura de 37°C. La linealización de

Elaboración de Cerveza de Quinua

Lineweaver-Burk (herramienta gráfica para calcular los parámetros cinéticos de una enzima). Dio como resultado un K_m (constante de Michaelis-Menten) de 16mg/ml y V_{max} (velocidad máxima) de 110 $\hat{E}M$ de maltosa/min. Que indican que el Poder Diastásico de la quinua es de 36° Lintner o 110 WK. (Bedón, Cárdenas, 2013)

Es decir, que el malteado de quinua estaría en disposición de sacar todo el extracto disponible sin tener que adicionar enzimas extras.

2.9.2 PRODUCCION DE LA QUINUA

En los últimos años se ha producido un incremento significativo de la demanda mundial de la quinua, lo que dio lugar a un importante incremento de su precio y, en correspondencia, también a un significativo crecimiento de la superficie cultivada y de la producción en el país. (Nina, 2012)

FIGURA 2.1. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCION DE QUINUA



(Fuente: El Diario.net, 2015)

Elaboración de Cerveza de Quinua

El incremento de precios en los últimos años ha implicado que la superficie cultivada tenga un crecimiento vertiginoso, pasando de 46.316 hectáreas (Ha) en 2006 a 181.529 (Ha) en 2015, por lo que la producción de quinua en este mismo período se incrementó de 27.739 Tn. a 89.754 Tn.

TABLA 2.4 PRODUCCION Y RENDIMIENTO 2005-2015

AÑO AGRICOLA	SUPERFICIE [Ha.]	PRODUCCION [Tn.]	RENDIMIENTO [kg/Ha]
2005-2006	46.316	27.739	599
2006-2007	48.897	28.231	577
2007-2008	50.356	28.809	572
2008-2009	59.924	34.156	570
2009-2010	63.010	36.106	573
2010-2011 (p)	64.789	38.257	590
2011-2012 (p)	96.544	50.566	524
2012-2013 (p)	131.192	61.182	466
2013-2014 (p)	159.549	83.603	524
2014-2015 (p)	181.529	89.754	494

(FUENTE: MDRyT-INE, El diario.net)

FIGURA 2.2. LA QUINUA SEGÚN AÑO AGRICOLA SEGÚN SUPERFICIE, PRODUCCION Y RENDIMIENTO AÑO 2005- 2015



(FUENTE: MDRyT-INE, El diario.net)



CAPITULO III

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1 LOCALIZACIÓN Y FUENTE DE MATERIA PRIMA.

3.1.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO

En el presente trabajo de investigación, las pruebas de calidad del producto se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química Ambiental y Alimentos (IIDEPROQ) de la Universidad Mayor de San Andrés.

3.1.2 FUENTE DE MATERIA PRIMA

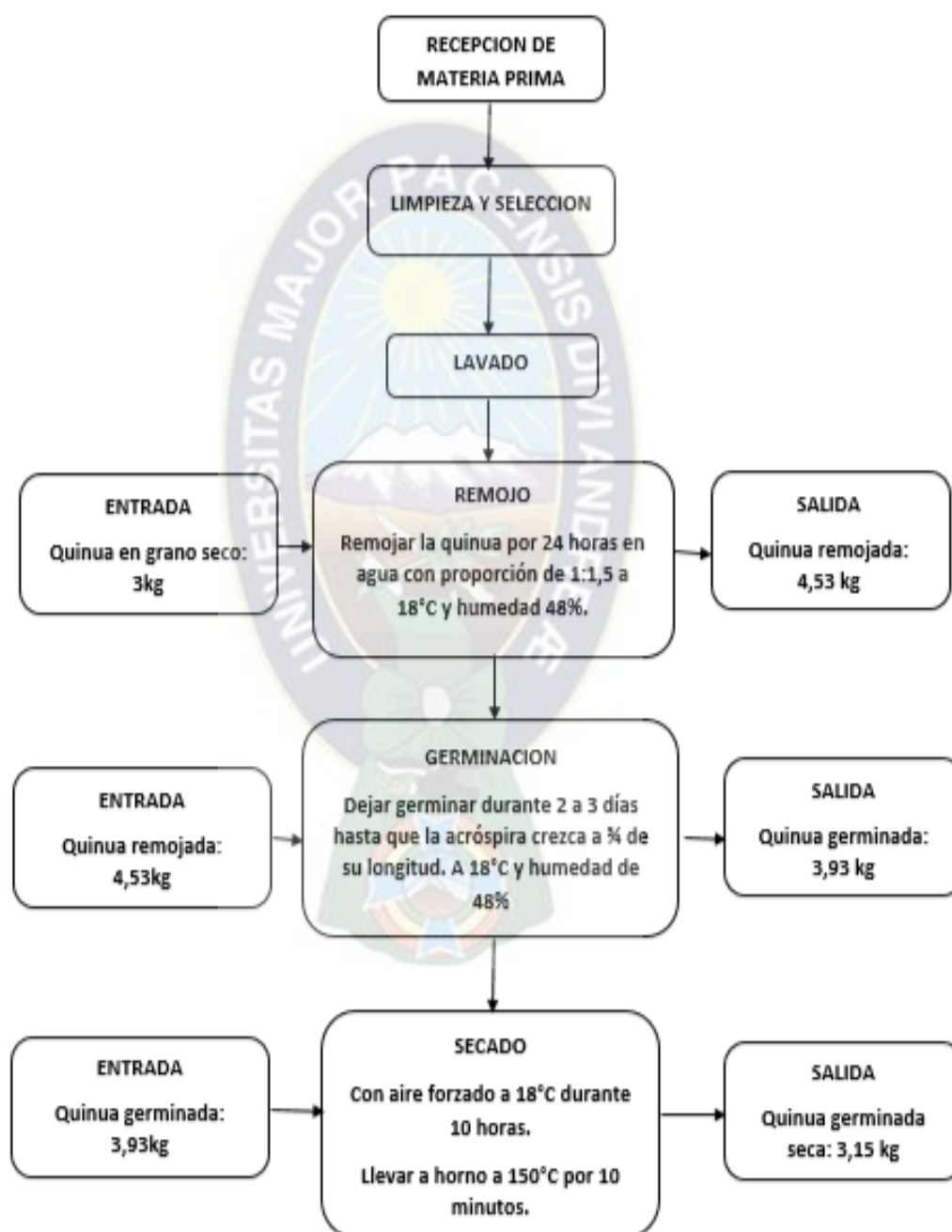
La materia prima (Quinua Real) fue adquirida en diversos lugares de abasto en la ciudad de La Paz y fue sometida a una rigurosa inspección para la preparación de la materia prima previo a la elaboración de la cerveza.

La Quinua Real crece solamente bajo las características de los salares de Uyuni y Coipasa en Bolivia. El principal proveedor mundial de este grano es Bolivia, puesto que la variedad más conocida y demandada de quinua es la Quinua Real, que crece únicamente en el Altiplano Central y Sur de Bolivia.

En este proyecto se utiliza un 75% de malta de quinua debido a que el objetivo es elaborar una cerveza de quinua con alto valor nutritivo, y el restante 25% se lo utiliza con malta base de cebada debido a que éste es el encargado principal de enriquecer con carbohidratos necesarios para la fermentación.

3.2 ELABORACION DE LA MALTA

Figura 3.1. Diagrama de flujo para la elaboración de malta cervecera de quinua.



Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de Cerveza de Quinua

A continuación, se describe cada operación del diagrama de flujo de la elaboración de malta cervecera.

3.2.1 Recepción de la Materia Prima.

Los granos de quinua se reciben en bolsas de polipropileno. En el laboratorio de la facultad de ingeniería (IDEPROQ).

La malta base de cebada se obtuvo de la empresa de Cerveza Niebla Boliviana.

3.2.2 Limpieza y selección del grano de Quinua.

Se retira de forma manual todas aquellas impurezas que puedan tener los granos de quinua, tales como pajillas, piedrecillas o granos partidos, seleccionando sólo los que se encuentran en buen estado.

3.2.3 Lavado o Desaponificación de la Quinua.

Se realizan abundantes lavados manuales con agua a los granos de quinua, extrayendo la tierra u otro tipo de suciedad restante que pueda presentar el grano, al igual que las saponinas que pueden provocar más amargor al producto. Dichos lavados se los continúa haciendo hasta que desaparezca toda la espuma de la quinua.

3.2.4 Remojo.

Durante el remojo, los granos de quinua son colocados en recipientes de plástico por 24 horas, suministrando previamente una cantidad de agua en proporción 1:1.5 de relación grano: agua a 18°C, con 2 recambios cada 3 horas, eliminando además los anti nutrientes (saponina) en el agua de desecho. Luego de esta operación, los granos de quinua adquirieron una humedad cercana al 48%. En los ambientes del IDEPROQ. (ANEXO C)

3.2.5 Germinación.

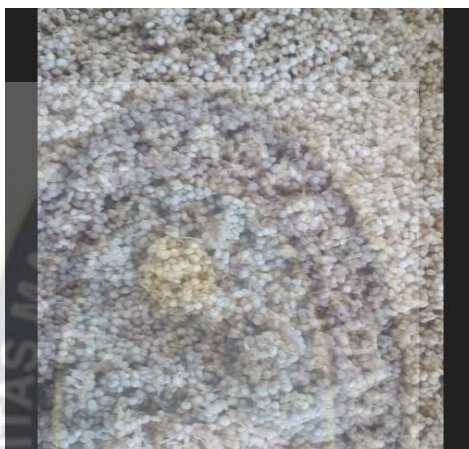
Se colocan los granos de quinua en bandejas acanaladas durante 2 a 3 días hasta que el crecimiento de la acróspira llegue a $\frac{3}{4}$ de su longitud. Teniendo en cuenta la humectación de los granos cada 12 horas haciendo uso de agua adicionada a través de dispensadores de plástico; además, los granos tienen que ser removidos tres veces al día por lo menos para airearlos y evitar que se enraícen. El proceso se lleva a cabo dentro del rango de temperatura de 18 a 20°C hasta 48% de humedad. En los laboratorios de IDEPROQ.

3.2.6 Secado.

El secado estabiliza la malta verde (permitiendo su almacenamiento hasta su uso en la fabricación de cerveza) debido a la desnaturalización de las proteínas y disminuyendo considerablemente la actividad de los enzimas.

La quinua germinada es secada inicialmente con aire forzado (uso de ventilador eléctrico, ANEXO B) a temperatura de (18 a 20) °C durante 10 horas alternadamente, con el fin de no dañar los granos y de detener la actividad enzimática hasta reducir la humedad de la malta a 4%. Se decide secar a temperaturas bajas para obtener una malta tipo Pilsen, luego se lleva a hornaje a 150°C por 10 minutos para el tostado del total del grano de quinua, este procedimiento define el color, aroma y sabor de la cerveza; esta etapa se realiza en casa, por falta de equipamiento en los laboratorios de IDEPROQ.

La malta a utilizar para la elaboración de cerveza de quinua, es mezclada con malta base de cebada de acuerdo a un porcentaje (75 - 25) % quinua – cebada respectivamente. La malta de quinua se considera un energizante natural que aporta con una cantidad importante de vitaminas, minerales y aminoácidos. Como malta base (malta más clara) se utiliza la malta de cebada que aporta un carácter diferente a la cerveza por su alta actividad enzimática. (J. Fitter, A. Kumari, 2015)

FIGURA 3.2. QUINUA GERMINADA

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 3.3. SECADO DE LA QUINUA GERMINADA

Fuente: Elaboración Propia.

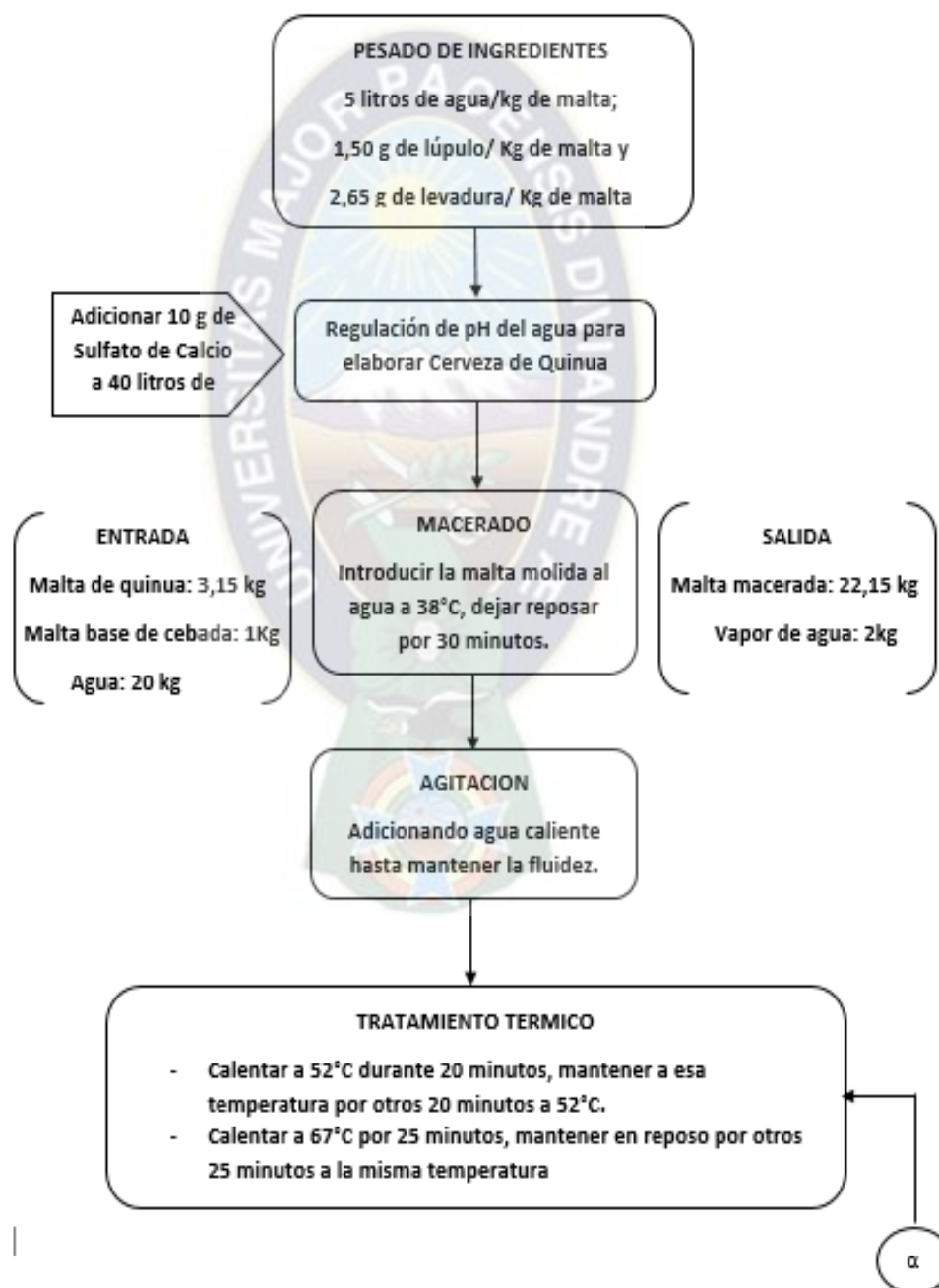
FIGURA 3.4. TOSTADO DE LA QUINUA GERMINADA

Fuente: Elaboración propia.

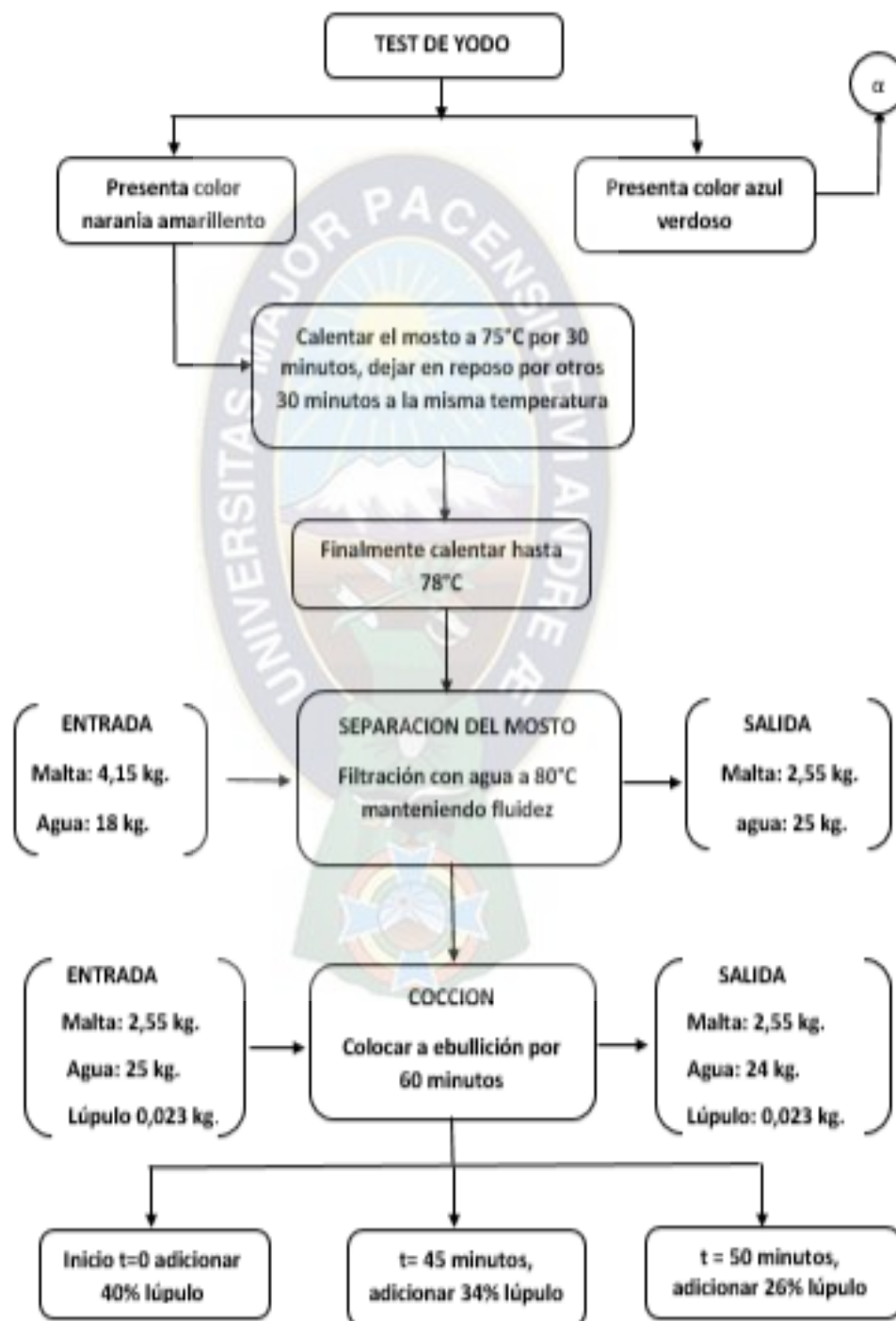
3.3 ELABORACION DE LA CERVEZA

Balance para elaborar 20 litros de cerveza

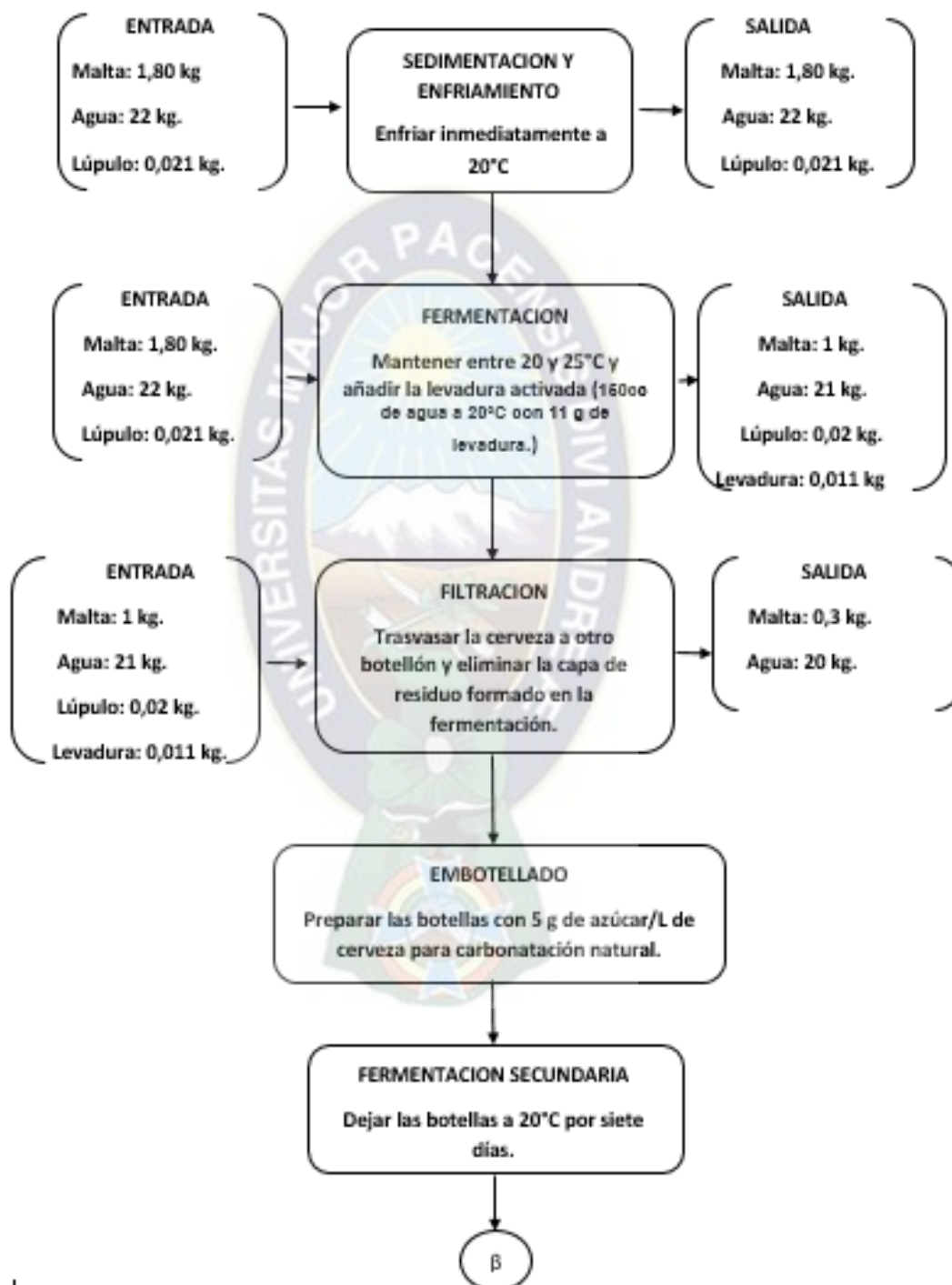
FIGURA 3.5. Diagrama de flujo para la Elaboración de Cerveza de Quinua.



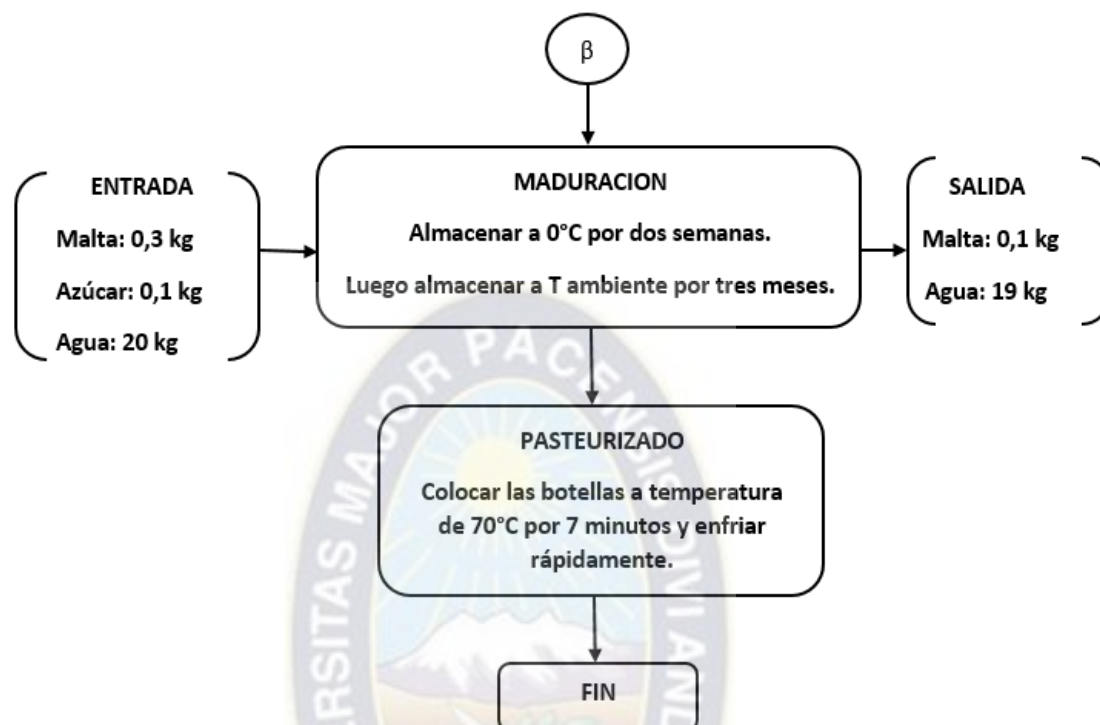
Elaboración de Cerveza de Quinua



Elaboración de Cerveza de Quinua



Elaboración de Cerveza de Quinua



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se describe cada operación del diagrama de flujo de la elaboración de la Cerveza de Quinua. Realizada en los laboratorios de IDEPROQ.

3.3.1 Pesado

Los ingredientes agua, lúpulo y levadura se pesan en una balanza de precisión de acuerdo a: 5 litros de agua por cada kg de malta; 1,50 g de Lúpulo por cada kilogramo de malta y 2,65 g de levadura por cada kilogramo de malta.

3.3.2 Regulación de pH del agua

El agua juega un papel muy importante en el sabor de la cerveza, los iones del agua son críticos en el proceso de maceración para cervezas de maltas, donde el carácter del agua determina la eficiencia y el sabor del mosto. El agua también afecta la amargura de los lúpulos. Finalmente, el agua por sí mismo añade sabor

Elaboración de Cerveza de Quinua

a la cerveza, puesto que es el mayor componente en una cerveza. (Rodríguez, 2003).

Primeramente, se realiza la medición de pH del agua que se va a utilizar para la elaboración de la Cerveza de Quinua, en este caso dio un pH de 5,5, por lo que se decide utilizar sulfato de calcio para subir la alcalinidad ya que, si los niveles de carbonato en el agua son bajos, el mosto será demasiado ácido, especialmente cuando se usan maltas tostadas (que tienen un nivel de acidez mayor). (Rodríguez, 2003).

Razón por la cual se regulariza el pH del agua para la cerveza de quinua adicionando 10 gramos de Sulfato de Calcio hidratado a 40 litros de agua para luego llevar a ebullición.

El sulfato de calcio disuelto en agua tiene como efecto el endurecimiento de la misma, es decir que se incrementa su contenido en minerales, como el calcio. (La abundancia de iones de calcio reaccionan con los fosfatos de la malta acidificándola, es decir reduciendo el pH del mosto). Además de tener la cualidad de potenciar el sabor del lúpulo. (Rodríguez, 2003).

3.3.3 Maceración

El primer paso es introducir la cantidad de malta molida y agua caliente a 38-40°C en una olla. La cantidad de malta utilizada depende del poder enzimático, de la naturaleza de adjuntos del ciclo de calentamiento de la olla y la altura a la que se encuentra la cocción con respecto al nivel del mar.

La mezcla de malta se deja reposar y luego es batida suavemente por un periodo de descanso de 15 a 30 minutos para permitir la peptonización. En el momento del remojo se activan los sistemas enzimáticos desarrollados a lo largo del periodo de malteo. Al final del descanso se vierten los adjuntos a la mezcla de malta mientras se continúa homogenizando con un batidor, posteriormente se adiciona

Elaboración de Cerveza de Quinua

agua caliente en cantidad y velocidad suficiente para mantener la fluidez de la mezcla y así asegurar el remojo inmediato de los ingredientes adicionales. El pH de la mezcla se mantiene en 5,2 invariablemente.

Al iniciar la transferencia de los adjuntos a la olla se va realizando un calentamiento gradual hasta llegar a una temperatura de ebullición.

Se comienza calentando la mezcla hasta 52°C por un tiempo de 20 minutos, manteniendo el pH en un rango de 5,2 – 5,8 para activar enzimas.

Se mantiene a 52°C por 20 minutos en estado estacionario para dar paso a la proteólisis, a esta temperatura se da un descanso de proteína ya que durante este tiempo las enzimas proteolíticas disgregan las proteínas de peso molecular alto e intermedio en sustancias más pequeñas que puedan ser metabolizadas por la levadura.

Se calienta la mezcla a 67°C en un tiempo de 25 minutos, se deja en reposo por otros 25 minutos a la misma temperatura para la conversión de los almidones en azúcares principalmente en maltosa, glucosa y dextrinas.

Se realiza el test de yodo y se mide la densidad que debe estar entre (1,040 – 1,045) g/l. En este caso el test presenta una coloración amarilla-naranjada que indica que la conversión del almidón está terminada con una densidad de 1,043 g/l. Se continúa el calentamiento hasta llegar a los 75°C donde tiene lugar la conversión del almidón, dando un tiempo de descanso de 30 minutos para la sacarificación, se vuelve a calentar la mezcla hasta llegar a los 78°C con el propósito de neutralizar las enzimas de modo que quede lista para el filtrado.

Durante el calentamiento que va desde la peptonización hasta ebullición se producen dos fenómenos importantes. En el primero los gránulos del almidón de los adjuntos absorben agua por lo cual se hinchan y en el segundo la mezcla se espesa y toma consistencia. Esta acción es considerada como gelatinización del

almidón. Mientras el almidón se va gelatinizando, se vuelve susceptible a las enzimas que lo descomponen y disminuyen la viscosidad de la mezcla. Es necesario que se dé una licuefacción completa de los almidones con el fin de asegurar su conversión total. Al terminar esta etapa se eleva la temperatura al punto de ebullición y se deja hervir la mezcla por un periodo relativamente corto.

FIGURA 3.6 MACERADO DE LA MALTA



Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 Separación de Mosto

De la olla de mezcla se pasa a la de filtración donde se hace recircular el mosto a través del lecho de afrecho, el recipiente lleva provisto un falso fondo por donde el grano no puede atravesar. Una vez que el mosto sale claro se comienza la transferencia a la olla de cocción. Finalmente, se rocía con agua caliente manteniendo un sistema estacionario en entradas y salidas del líquido iguales. El agua de lavado se mantiene a 80°C con el fin de aumentar la fluidez de los azúcares y dejar que continúe la actividad enzimática de las alfa amilasas la cual corta las cadenas de almidones que aun pudieran quedar y que estarían siendo extraídas por el agua de lavado.

FIGURA 3.7 SEPARACION DEL MOSTO

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Cocción del mosto

Se procede a ebullición del mosto previamente filtrado por 60 minutos. Tan pronto como comienza la ebullición se adiciona el 40% de la cantidad total de lúpulo (lúpulo de amargor), a los 45 minutos se le añade 34% del lúpulo total (lúpulo del sabor) y a los 50 minutos se añade 26% restante de lúpulo (lúpulo de aroma). (La Sagra, 2018). El lúpulo empleado corresponde a una variedad cascada con un contenido de 6 a 8% de Alfa Ácidos.

La ebullición sirve para mejorar los siguientes aspectos:

Esterilización Eliminando todo tipo de microorganismos hirviendo el mosto por una hora.

Concentración El agua adicionada en las etapas de macerado y filtración producen un mosto con una gravedad específica inferior a la deseada, debiendo ser concentrado mediante evaporación.

Extracción Durante el hervor al que es sometido el mosto, los alfa-ácidos sufren un cambio estructural llamado isomerización, originando los compuestos solubles amargos llamados iso-alfa-ácidos.

Los beta-ácidos considerados resinas blandas, pueden también isomerizarse durante el hervido con el fin de crear compuestos amargos, aunque como la solubilidad de los iso-beta-ácidos en el mosto es muy baja la contribución de estos al sabor amargo es casi despreciable. (Torrez, 2011).

- **Desnaturalización de Proteínas** La estructura helicoidal de la proteína puede romperse por el calor, cambio de pH oxidación, reducción de los grupos sulfhídricos y por la reacción con compuestos de enlaces de hidrógenos fuertes, tales como polifenoles de las cascaras de malta o de lúpulos. Todos estos

fenómenos ocurren durante la ebullición, siendo las proteínas de la malta desnaturalizada, aglomerándose en una masa floculante llamada trub.

La precipitación en esta etapa del proceso es importante ya que el trub, puede ser fácilmente removido para que no llegue a la cerveza terminada, causando de esta forma turbiedad. Adicionalmente las enzimas de la malta, siendo proteínas, serán desnaturalizadas completamente durante la ebullición del mosto, terminando así la hidrólisis adicional de la proteína y carbohidratos. (Salinas, 2012).

FIGURA 3.8 LUPULO EN PELLETS



Fuente: Elaboración Propia

3.3.6 Sedimentación y enfriamiento

Luego del hervido y lupulación del mosto, éste en la olla de cocción es sometido a agitación por 20 minutos a una temperatura de 20 a 25°C con la ayuda de una cuchara de acero. El objetivo de esta operación es para que sedimenten en el fondo de la olla los restos de harina, taninos, lúpulo y proteínas coaguladas que afectan al sabor y amargor del producto.

3.3.7 Enfriado

El mosto clarificado es trasladado a otra olla de acero la cual es colocada sobre una cámara de hielo con el objeto de enfriar inmediatamente el mosto hasta la

temperatura necesaria para inocular la levadura. En el caso de la cerveza Ale esta temperatura es de 20°C. (Kunze, 2006).

3.3.8 Fermentación

Se enfría el mosto entre 20 a 25 °C, se trasvasa a un botellón fermentador (sparkling) previamente desinfectado con alcohol, esto es importante para evitar la contaminación con bacterias. Se trasvasa el mosto y se agrega la levadura ya activada, se agita enérgicamente el botellón para que el mosto se oxigene y las levaduras puedan trabajar mejor.

Para activar la levadura se coloca de 100 a 150 cm³ de agua hervida y enfriada a una temperatura de entre 20 a 25°C, y se adiciona 11g de levadura cervecera, para 20 litros de mosto y se deja reposar durante 5 min.

El botellón se cierra de forma hermética, a la salida del mismo se conecta un airlok casero (que consta de una pequeña manguera ubicada en el tapón del botellón y va directamente conectado a un recipiente herméticamente cerrado conteniendo agua), el cual funciona como trampa de aire o como indicador del proceso fermentativo, al observar la aparición de burbujas durante los días de fermentación. Este proceso se lleva a cabo durante 6 días, en los primeros días se observa una actividad importante en el botellón por la formación de espuma oscura y la formación de burbujas en movimiento.

FIGURA 3.9 FERMENTADO DEL MOSTO

Fuente: Elaboración Propia

3.3.9 Filtrado

Transcurridos los 6 días de fermentación, se realiza el trasvase de la cerveza a otro botellón. Este procedimiento se realiza para eliminar la capa de residuo que se forma durante la fermentación. En este segundo botellón se deja por siete días más a temperatura ambiente, con esto se logra que la cerveza termine la fermentación completamente y al mismo tiempo se reduce la capa de sedimentos, para obtener una cerveza más cristalina.

3.3.10 Embotellado

En esta etapa se coloca de forma hermética una manguera mediana que choca hasta la base de la botella y con la ayuda del grifo del segundo botellón se realiza el llenado de la cerveza de quinua a las botellas de vidrio previamente

esterilizadas. Antes de ser llenadas las botellas, se preparan adicionando 5 gramos de azúcar molida por litro de cerveza, para obtener una carbonatación natural.

FIGURA 3.10 EMBOTELLADO DE LA CERVEZA



Fuente: Elaboración Propia

3.3.11 Fermentación Secundaria

Esta operación consiste en almacenar las botellas llenas durante siete días a 20°C. Con la finalidad de que la levadura vuelva a fermentar y produzca la carbonatación naturalmente. (Vertí, 2002).

3.3.12 Maduración o reposo

En esta etapa continua la fermentación secundaria para aprovechar las ultimas cantidades de azucares residuales; además de expulsar las sustancias olorosas, clarificar la cerveza, saturar la cerveza con gas carbónico y precipitar partículas amorfas y resinas de lúpulo. Se almacenan las botellas llenas a 0°C, durante dos semanas para ayudar en la clarificación y por último se almacenan a temperatura ambiente por tres meses más.

3.3.13 Pasteurizado

Las botellas se colocan en baño maría hasta que la temperatura dentro de los envases llegue a 70°C durante 7 minutos. Luego rápidamente se enfría en bañeras llenas de hielo hasta los 35°C y finalmente se colocan bajo refrigeración a 0°C.



CAPITULO IV

METODOS DE ANALISIS



4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en los laboratorios de IDEPROQ, con la finalidad de obtener datos referenciales y no así para determinar datos óptimos o estándares, ya que estas son características propias del producto.

4.1.1 HUMEDAD

Este parámetro se realiza de acuerdo al método gravimétrico, indicada en la Norma Boliviana 312026-06 Cereales-Quinua en grano.

4.1.2 CENIZAS

Este parámetro se realiza de acuerdo al método gravimétrico, indicada en la Norma Boliviana 322030-06 Cereales-Quinua en grano.

4.1.3 PROTEINAS TOTALES

Este parámetro se realiza de acuerdo al método gravimétrico, indicada en la Norma Boliviana 312028-06 Cereales-Quinua en grano, método Kjendal..

4.1.4 CONTENIDO EN GRASA

Este parámetro se realiza bajo la Norma Boliviana NB 312027 Determinación del contenido de grasa, Cereales Quinua en grano.

4.2 DETERMINACION DEL GRADO ALCOHOLICO

El grado alcohólico se determina aplicando el método de referencia de la Norma Boliviana 082. CS 67.160.10 Bebidas Alcohólicas.

Elaboración de Cerveza de Quinua

Este método consiste en destilar una mezcla de 100 ml de cerveza con 45 ml de agua destilada; recoger el destilado en un matraz aforado, llevar su volumen a 100 ml y determinar su densidad relativa, y mediante tablas de la NB 082 se halla el contenido de alcohol correspondiente.

La tabla de la Norma 082 pide el contenido de alcohol expresados en gramos de alcohol por 100 ml y en porcentaje en volumen, correspondiente a la densidad relativa del destilado.

El contenido de alcohol expresado en gramos de alcohol por 100 ml de cerveza se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{G}{D_{20}^{20}}$$

Donde:

A = el contenido de alcohol en la cerveza, expresado en porcentaje en peso.

G = el contenido de alcohol en el destilado, expresado en gramos /100 ml.

D_{20}^{20} = la densidad relativa de la mezcla hidro-alcoholica a 20°C/20°C.

Calculo alternativo:

De acuerdo con tablas OIML de NB 082, conociendo el peso específico 20°C/20°C del destilado " D_{20}^{20} " se puede convertir al correspondiente contenido de alcohol "A" expresado en porcentaje de masa/masa, utilizando la siguiente expresión polinómica:

$$A = 517 * 4(1 - D_{20}^{20}) + 5084(1 - D_{20}^{20})^2 + 33503(1 - D_{20}^{20})^3$$

A en el destilado = A en la cerveza

(Fuente: Norma Boliviana, Cerveza – Determinación del contenido de alcohol)

4.3 CAPACIDAD Y ESTABILIDAD ESPUMANTE

La capacidad espumante se determina mediante el método Constant (Romero y otros, 2013), en el cual se toma 40 ml de muestra de cerveza (V_I), la cual se somete a agitación, haciendo uso de un agitador magnético, durante diez minutos a una velocidad de 2000 rpm. Tras la agitación, se realiza la medición del volumen del líquido (V_L), el volumen total (V_T) y el volumen de espuma (V_E). Finalmente, la capacidad espumante (E) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{V_T - V_L}{V_I} = \frac{V_E}{V_I}$$

La estabilidad de la espuma se determina teniendo en cuenta dos variables EE_1 y EE_2 . EE_1 que consiste en la medición de la disminución del volumen de la espuma en un tiempo fijo (30 minutos) en intervalos de medida de 5 minutos, y EE_2 consiste en la medición de la velocidad de drenaje del líquido de la espuma, midiéndose el volumen del líquido drenado en un tiempo fijo (30 minutos) en intervalos de medida de 5 minutos. En ambos casos se toma en cuenta el partir con un volumen inicial de espuma de 40 ml (Romero, 2013).

4.4 DENSIDAD

La densidad final de la cerveza se determina utilizando el densímetro Stevenson. Se procede a destapar las botellas y a tomar una muestra de 100 ml de cerveza a 20 °C en una probeta graduada dejando que el densímetro flote libremente. A continuación, se toma la lectura de la densidad final de la cerveza.

El densímetro Stevenson está calibrado para su uso a 20 °C; por ello, cuando la temperatura de la cerveza es distinta se procede a aplicar las correcciones a la lectura, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Corrección de la densidad específica en función a la temperatura.

Temperatura de medición en °C	Corrección
10	-0.002
25	-0.001
20	-
24	+0.001
28	+0.002
32	+0.003

Fuente: Elaboración propia.

4.5 DETERMINACION DE ACIDEZ TOTAL

Se determina cuantitativamente la acidez de la cerveza bajo las condiciones de la NB 088. Por titulación con NaOH 0,1N y 2,5 ml de muestra, obteniendo los resultados en % m/m.

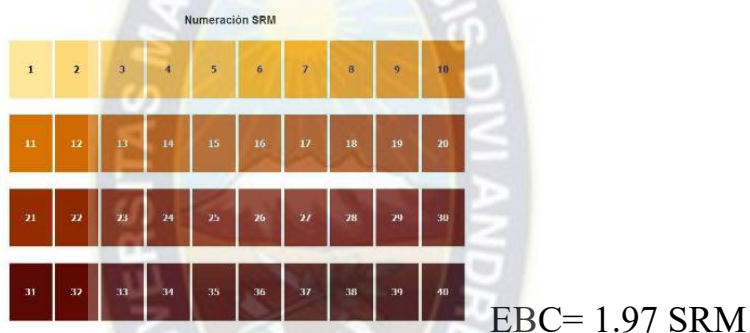
4.6 pH

Para la determinación de la concentración de iones hidrógeno, se sigue la metodología descrita por la Norma Boliviana 339:1997. Dicha metodología inicia con la calibración del pHmetro a utilizar haciendo uso de soluciones tampón de 7.0 y 4.0 con 50 ml de cerveza. A continuación, se traslada la muestra, retirando la espuma, a un vaso de precipitación y se introduce el electrodo dentro de la cerveza, registrándose así la lectura. Se debe tomar en cuenta el ajuste de la temperatura del medidor de pH a la temperatura de la cerveza.

4.7 DETERMINACION DEL COLOR

La escala más conocida en el mundo cervecero es la escala EBC que se adopta en Europa (European Brewery Convention) cuyo valor se determina igual que en la SRM. Haciendo uso de un vaso de vidrio pequeño y adicionando como un centímetro de cerveza, se coloca sobre una superficie blanca y se compara con una de las escalas de BeerColor.

Tabla 4.2 Determinación de Color de la Cerveza



SRM/Lovibond	Example	Beer color	EBC
2	Pale lager, Witbier, Pilsener, Berliner Weisse		4
3	Maibock, Blonde Ale		6
4	Weissbier		8
6	American Pale Ale, India Pale Ale		12
8	Weissbier, Saison		16
10	English Bitter, ESB		20
13	Biere de Garde, Double IPA		26
17	Dark lager, Vienna lager, Marzen, Amber Ale		33
20	Brown Ale, Bock, Dunkel, Dunkelweizen		39
24	Irish Dry Stout, Doppelbock, Porter		47
29	Stout		57
35	Foreign Stout, Baltic Porter		69
40+	Imperial Stout		79

Fuente: Revista Mash ciencia cervecera sección color de la cerveza.

Según la tabla 4.2. la cerveza tiene 10 SRM, multiplicados por 1,97 da como resultado en EBC igual a 19,7.

4.8 INDICE DE AMARGOR

Para la determinación del índice de amargor (°IBU) se toma la siguiente fórmula matemática descrita por (Rodríguez, 2003), que considera la utilización de un solo tipo de lúpulo:

$$^{\circ}IBU = \frac{W_h \times \%AA \times \%U_{AA}}{V_W \times 10}$$

Dónde:

°IBU: Unidades Internacionales de amargor (International Bitterness Units).

W_h : Peso del lúpulo utilizado, en gramos.

%AA: Porcentaje de alfa ácidos del lúpulo (especificado según tipo de lúpulo).

% U_{AA} : Porcentaje de alfa ácidos que se utiliza realmente en el proceso de ebullición.

V_W : Volumen del mosto, en litros.

En el siguiente cuadro se presenta el porcentaje de utilización de lúpulo (% U_{AA}) en función a la densidad del mosto y al tiempo que le resta en ebullición. Se determina la densidad del mosto previo a la cocción y luego se toman los valores de % U_{AA} de acuerdo a los momentos en el que se agregue el lúpulo. En general, el lúpulo es agregado por partes teniendo diferentes valores de % U_{AA} , relacionados a los diferentes momentos de adición del lúpulo, los cuales se suman para obtener el aporte de alfa ácidos final. Además, se puede observar que él % U_{AA} aumenta con el tiempo de ebullición y disminuye a mayor densidad del mosto (Rodríguez, 2003).

TABLA 4.3 Porcentaje de utilización de lúpulo en función de la densidad y del tiempo de ebullición.

Densidad (g/mL)	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110
Tiempo (min)	%U _{aa}								
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	5.5	5.0	4.6	4.2	3.8	3.5	3.2	2.9	2.7
10	10.0	9.1	8.4	7.6	7.0	6.4	5.8	5.3	4.9
15	13.7	12.5	11.4	10.5	9.6	0.087	8.0	7.3	6.7
20	16.7	15.3	14.0	12.8	11.7	0.107	9.8	8.9	8.1
25	19.2	17.5	16.0	14.7	13.4	0.122	11.2	10.2	9.4
30	21.2	19.4	17.7	16.2	14.8	0.135	12.4	11.3	10.3
35	22.9	20.9	19.1	17.5	16.0	0.146	13.3	12.2	11.1
40	24.2	22.1	20.2	18.5	16.9	0.155	14.1	12.9	11.8
45	25.3	23.2	21.2	19.4	17.7	0.182	14.8	13.5	12.3
50	26.3	24.0	21.9	20.0	18.3	0.168	15.3	14.0	12.8
55	27.0	24.7	22.6	20.6	18.8	0.172	15.7	14.4	13.2
60	27.6	25.2	23.1	21.1	19.3	0.176	16.1	14.7	13.5
70	28.5	26.1	23.8	21.8	19.9	0.182	16.6	15.2	13.9
80	29.1	26.6	24.3	22.2	20.3	0.186	17.0	15.5	14.2
90	29.5	27.0	24.7	22.6	20.6	0.188	17.2	15.7	14.4
100	29.8	27.2	24.9	22.8	20.8	0.190	17.4	15.9	14.5

Fuente: Rodríguez (2003)

4.9 EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DEL PROCESO DE FERMENTACION.

El pH desciende durante los primeros días de fermentación, fundamentalmente por la producción de ácidos orgánicos, a la vez que se consumen aminoácidos básicos y fosfatos primarios. El pH mínimo alcanzado durante la fermentación depende del pH del mosto elaborado y del crecimiento de levadura. Normalmente, un bajo pH en la cerveza final, se asocia a un mosto de bajo pH y al aumento en el crecimiento celular. Y un pH elevado se asocia a un mosto alcalino que nos conduce a una

Elaboración de Cerveza de Quinua

fermentación incompleta, debido al estrés oxidativo que sufriría la levadura. Según estudios realizados en la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol, el pH óptimo en el cual se desarrollan mejor estos microorganismos durante la fermentación está entre 4 y 5 (ICIDCA).

Las amilasas son las principales responsables de la maceración (transformación de los almidones de la malta en azúcares fermentables) los cuáles durante la fermentación nos permitirán conseguir el alcohol y el CO₂. La media ideal para que las enzimas realicen el proceso de maceración correctamente ronda entre los 5,2 y los 5,5. Es importante mantener estos niveles de pH para la extracción y transformación del lúpulo durante la cocción, la precipitación de proteínas y la clarificación del mosto. (Vertí, 2002)

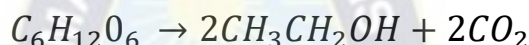
Para la evaluación de fermentación de la cerveza de quinua, se realiza tres pruebas a nivel laboratorio con distintos valores de pH final del producto: 4; 4,5; 5 se prepara tres soluciones amortiguadoras. En la realización de estas soluciones amortiguadoras se elabora una curva de valoración (véase fig. 5.6) que se obtiene con 20 ml de una solución de ácido acético 0,1 N se valora con una solución de acetato de potasio 0,5 M. Esta curva se obtiene experimentalmente, al medir el pH del ácido acético 0,1 N antes y después de añadir una alícuota de 5 ml de acetato de potasio.

El estudio cinético del proceso de fermentación, incluye un sistema complejo de mecanismos, que deben evaluarse desde el sistema metabólico de las levaduras. Este tipo de estudios debe abordarse a través de modelos cinéticos que evalúen el crecimiento de microorganismos, como la conocida expresión propuesta a través de la ecuación de Monod. Sin embargo, la aplicación de estos modelos requiere un estudio del comportamiento de la biomasa a lo largo del proceso, así como un acercamiento a la evaluación de la viabilidad celular y el planteamiento de las curvas de crecimiento de la levadura. Análisis que se contemplaron dentro de los alcances de este primer acercamiento en la elaboración de cerveza.

Elaboración de Cerveza de Quinua

No obstante, con base en la expresión estequiometría simplificada de la fermentación alcohólica, descrita por Gay Lussac, en la que se evalúa la relación entre la variación en la concentración de sustrato, y su tasa de consumo, asumiendo que este nivel de consumo se correlaciona con los tiempos de proceso.

Aunque estos parámetros cinéticos no describen el proceso global, se emplea para hacer una aproximación a la evaluación del proceso; asumiendo que, a una mayor tasa de consumo inicial de sustrato, el sistema desarrollaría una mejor velocidad de reacción, que repercutiría en tiempo más cortos del proceso general.



Ecuación de la Cinética elemental de la fermentación alcohólica

Generalmente se emplea un método basado en la medida de una propiedad física proporcional a la concentración de la especie de interés. En este caso, la concentración de sustrato en el medio, se monitorea a través del contenido de sólidos solubles, que es expresado como concentración de azúcares fermentables, según la Ecuación anterior.

$$\frac{\Delta(\text{Glucosa})}{\Delta t} = -r_{\text{sustrato}} = -r_s$$

$$-r_s = kS^n$$

Expresión cinética para reacciones con un solo sustrato

(Fuente: Evaluación de los parámetros cinéticos, Duarte)

Con base en la concentración de sustrato obtenida a lo largo del proceso, se obtiene una correlación matemática para representar la concentración del sustrato en función del tiempo. La derivada de esta correlación permite tener una expresión para el valor (dS/dt). A partir de esta expresión, y con el tratamiento matemático de la última

ecuación, se describe la ecuación de una recta en la que la pendiente, indica el orden de reacción (n) y el intercepto el logaritmo de la constante cinética (k) (Nielsen 2003).

$$\log(-r_s) = \log k + n \log S = \log\left(-\frac{dS}{dt}\right)$$

Tratamiento matemático de la velocidad consumo de sustrato

(Fuente: Evaluación de los parámetros cinéticos, Duarte)

4.9.1 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES COMO GLUCOSA.

Para determinar la concentración de glucosa se elabora una curva patrón (absorbancia vs. concentración de glucosa) para lo cual se utiliza un espectrofotómetro UV-Visible con una longitud de onda de 546 nm, reactivo enzimático RGT y estándar STD (1000 mgr/l o 1 gr/l).

Para la construcción de la curva patrón se realiza lo siguiente:

- ❖ Se hace uso de 3 tubos de ensayo estériles.
- ❖ Al tubo 1 se coloca 0.1 ml del estándar + 2,5 ml de reactivo enzimático.
- ❖ Al tubo 2 se realiza una dilución 1:1 del estándar para tener una concentración 0,500 gr/l de glucosa y se coloca + 2,5 ml de reactivo enzimático.
- ❖ Al tubo 3 se realiza una dilución 1:4 del estándar para tener una concentración 0,250 gr/l de glucosa y se adiciona + 2,5 ml de reactivo enzimático.
- ❖ A los tubos se los coloca en baño maría durante 5 minutos a 37 °C.

4.9.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA EN gr/l DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN.

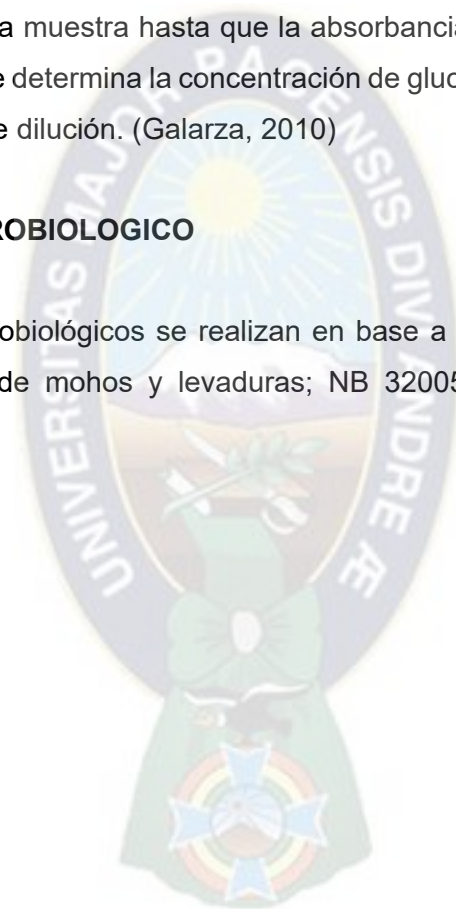
En un tubo de ensayo se toma una alícuota de 10 ml de sustrato de cada fermentador. A los tubos con las muestras se los lleva a centrifugación a 5000 rpm durante 10 minutos, al sobrenadante obtenido se realiza una dilución 1:1000,

Elaboración de Cerveza de Quinua

1:100 o 1:10 con agua destilada. De las muestras diluidas se toma una alícuota de 1 ml en un tubo de ensayo estéril y se adiciona 2,5 ml de reactivo enzimático e inmediatamente se le coloca en baño maría a 37 °C durante 5 minutos. Después de transcurridos los 5 minutos en baño maría, se procede a leer la absorbancia con la utilización de una celda para espectrofotómetro frente a un blanco, si la absorbancia determinada es mayor a los 0,700 se procede a realizar la dilución de la muestra hasta que la absorbancia sea menor. Con el dato de la absorbancia se determina la concentración de glucosa en gr/l previa multiplicación con el factor de dilución. (Galarza, 2010)

4.10 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Los análisis microbiológicos se realizan en base a la Norma Boliviana NB 32006-2003 Recuento de mohos y levaduras; NB 32005-2002 Recuento de bacterias Coliformes.



CAPITULO V

PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



5.1 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA**5.1.1 HUMEDAD**

Se utilizó como materia prima la “Quinua Real”, para la determinación de humedad se realizó veinte pruebas ya que proviene en diferentes envases y diferentes números de lotes.

TABLA 5.1 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA QUINUA

N° DE MUESTRA	% HUMEDAD	N° DE MUESTRA	% HUMEDAD
1	6,95	11	6,68
2	7,30	12	7,88
3	6,98	13	7,45
4	6,56	14	6,74
5	6,74	15	7,34
6	6,55	16	6,56
7	6,92	17	6,95
8	6,84	18	6,87
9	6,76	19	6,84
10	6,47	20	6,55

Fuente: Elaboración Propia

PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	FACTOR DE DESVIACIÓN	VARIACIÓN	INTERVALO DE CONFIANZA
6,85	0,998	1,65	0,25	7,88

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 RESULTADOS DE ANALISIS BROMATOLOGICOS DE LA QUINUA COMO MATERIA PRIMA

De acuerdo a las Normas Bolivianas, los resultados de los análisis están dentro de los parámetros establecidos.

TABLA 5.2 ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA QUINUA

N° MUESTRA	CONTENIDO % CENIZA	% MATERIA GRASA	% PROTEINA
1	4,45	3,23	14,65
2	3,56	3,56	13,46
3	3,48	3,35	14,63
4	4,39	3,20	14,26
5	3,75	3,30	13,44
PROMEDIO	3,926	3,328	14,088

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 ANALISIS ORGANOLEPTICO DE LA QUINUA COMO MATERIA PRIMA

Para el análisis organoléptico se realiza una encuesta a un grupo de 20 personas entre hombres y mujeres que participan en la festividad del Gran Poder de la ciudad de La Paz, todos mayores de edad y expertos consumidores de cerveza.

TABLA 5.4 CARTILLA UTILIZADA PARA LA EVALUACIÓN DEL PRODUCTO**CERVEZA DE QUINUA TIPO ALE**

NOMBRE DEL JUEZ:

EDAD:

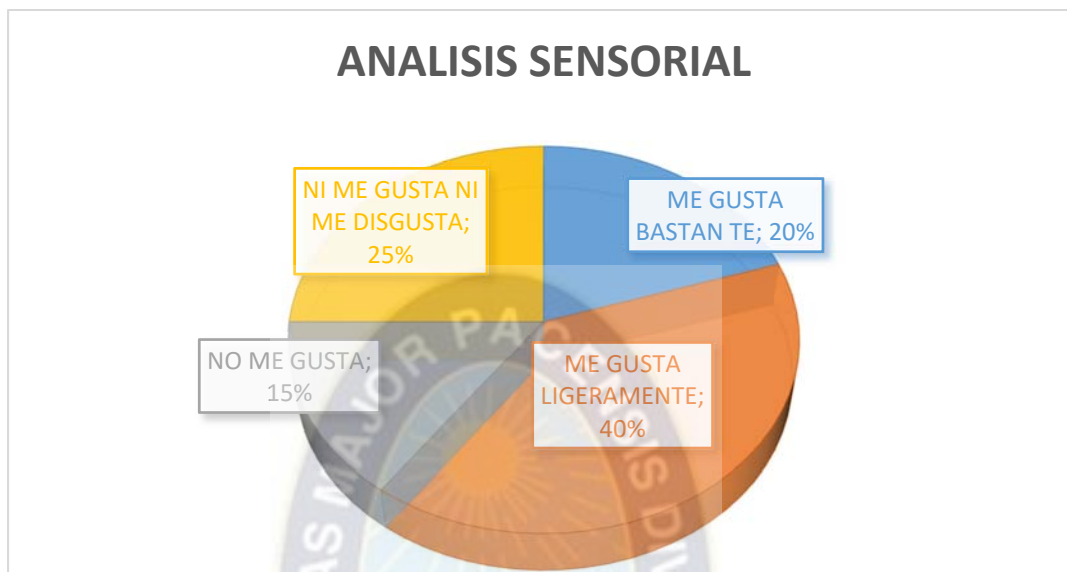
MUESTRA EVALUADA: CERVEZA DE QUINUA

Instrucciones: Pruebe la muestra que se le presenta e indique, según la escala, su opinión sobre ella. Marque con una (X) en las líneas punteadas según su agrado o desagrado.

PUNTUACIÓN	ATRIBUTO	COLOR	AMARGOR	SABOR	AROMA
9	Me gusta muchísimo				
8	Me gusta mucho				
7	Me gusta bastante				
6	Me gusta ligeramente				
5	Ni me gusta ni me disgusta				
4	Me disgusta ligeramente				
3	Me disgusta bastante				
2	Me disgusta mucho				
1	Me disgusta muchísimo				

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 5.1 ANALISIS SENSORIAL DE LA CERVEZA DE QUINUA



Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los resultados obtenidos el 25% son mujeres que dan un promedio de 7 en color, 5 en amargor, 4 en sabor y 6 en aroma. El 75% son varones y dan como promedio de 8 en color, 7 en amargor, 6 en sabor, y 6 en aroma. En las hojas de encuesta se obtiene que el producto terminado es de mayor gusto para los varones y no así para las mujeres.

En la torta mostrada en la figura anterior se tiene como resultado de un 20% del total me gusta bastante, 40% del total me gusta ligeramente, 25% del total ni me gusta ni me disgusta y un 15% del total no me gusta.

5.2 BALANCE DE MASA PARA LA ELABORACION DE 20 LITROS DE CERVEZA DE QUINUA TIPO ALE

- Se define el sistema para el balance.
- Se identifica las corrientes de entrada y salida.
- Se identifica componente por corriente, los componentes involucrados en el balance.
- Se plantea las ecuaciones de balance.

Planteamiento de la ecuación general para el balance de masa.

$$\left[\begin{array}{l} \text{Entrada por} \\ \text{las fronteras} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Generación} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Salida por} \\ \text{las fronteras} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Acumulación} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right]$$

Ref.: Felder y Rousseau.

En el sistema de fabricación de cerveza (un sistema abierto). No hay acumulación, generación ni consumo. Por lo tanto, el balance de masa total es:

$$\text{Entrada por las fronteras del sistema} = \text{Salida por las fronteras del sistema}$$

En el siguiente cuadro se indica el balance de masa para cada proceso involucrado en la elaboración de malta y cerveza con sus respectivas corrientes, en el proceso de fermentación donde existe reacción química se deja especificada la suma de CO₂ formado y la levadura. Se identifica las corrientes de entrada y salida de cada proceso y se resume en las siguientes tablas.

5.2.1 BALANCE DE MASA EN LA ELABORACIÓN DE MALTA

Tabla 5.4 Balance de masa del remojo del grano de quinua

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	G ₁	A ₁	G ₂	A ₂
Grano entero seco	3	5		
Grano remojado			4,53	3,47
Total	3	5	4,53	3,47
Balance	8		8	

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de Cerveza de Quinua

M_1 = Grano Entero

M_2 = Grano Germinado

A_1 = Agua de entrada

A_2 = Agua Restante

Tabla 5.5 Balance de masa en la germinación

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	G_2	A_1	G_g	A_v
Grano húmedo	4,53		3,93	
Agua		-		0,6
Total	4,53	-	3,93	0,6
Balance	4,53		4,53	

Fuente: Elaboración Propia

G_g = Grano Germinado

A_v = Agua Evaporada

Tabla 5.6 Balance de masa en el secado y tostado

Componentes	Corrientes		
	Entradas (kg)	Salidas (kg)	
	G_g	A_v	G_s
Malta de quinua	3,93		3,15
Agua	-	0,78	
Total	3,93	0,78	3,15
Balance	3,93	3,93	

Fuente: Elaboración Propia

G_s = Grano Seco

Elaboración de Cerveza de Quinua

Por lo tanto, para 3 kg de grano de Quinua Real, se tiene 3,15 kg de malta para la cerveza de quinua.

5.2.2 BALANCE DE MASA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

Tabla 5.7 Balance de masa en la molienda

Componentes	Corrientes	
	Entradas (kg)	Salidas (kg)
	M_g	M_t
Malta de quinua y cebada	4,15	
Malta triturada		4,15
Total	4,15	4,15
Balance	4,15	4,15

Fuente: Elaboración Propia

M_g = Malta en Grano

M_t = Malta Triturada

Tabla 5.8 Balance de masa en la maceración

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	M_g	A_p	M_1	A_v
Malta triturada	4,15		4,15	
Agua		20	18	2
Total	4,15		22,15	2
Balance	24,15		24,15	

Fuente: Elaboración Propia

A_p = Agua Potable

M_1 = Primer Mosto

A_v = Vapor de Agua

Tabla 5.9 Balance de masa en el proceso de separación de mosto

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	M_1	A_{pc}	M_2	M_R
Malta triturada	4,15		2,55	1,60
Agua	18	15	25	8
Total	22,15	15	28,05	9,10
Balance	37,15		37,15	

Fuente: Elaboración Propia

 A_{pc} = Agua Caliente M_2 = Segundo Mosto M_R = Mosto Residual

Tabla 5.10 Balance de masa en el proceso de cocción

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	M_2	L_p	M_3	M_v
Malta triturada	2,55		2,55	
Agua	25		24	2
Lúpulo		0,023	0,023	
Total	27,55	0,023	25,57	2
Balance	27,57		27,57	

Fuente: Elaboración Propia

 L_p = Lúpulo M_v = Vapor de Mosto M_3 = Tercer Mosto

Tabla 5.11 Balance de masa en la sedimentación

Componentes	Corrientes		
	Entradas (kg)	Salidas (kg)	
	M ₃	M ₄	S
Malta triturada	2,55	1,80	0,75
Agua	24	22	2
Lúpulo	0,023	0,021	0,002
Total	26,57	23,82	2,75
Balance	26,57	26,57	

Fuente: Elaboración Propia

M₄ = Cuarto Mosto

S = Sedimentos

Tabla 5.12 Balance de masa en el enfriamiento

Componentes	Corrientes	
	Entradas (kg)	Salidas (kg)
	M ₄	M ₅
Malta triturada	1,80	1,80
Agua	22	22
Lúpulo	0,021	0,021
Total	23,82	23,82
Balance	23,82	23,82

Fuente: Elaboración Propia

M₅ = Quinto Mosto

Tabla 5.13 Balance de masa en la fermentación

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	M ₅	L _v	C ₁	R
Malta triturada	1,80		1,00	0,8
Agua	22		21	1
Lúpulo	0,021		0,02	0,001
Levadura		0,011	0,011	
Total	23,82	0,011	22,03	1,80
Balance	23,83		23,83	

Fuente: Elaboración Propia

C₁ = Primera Cerveza

R = Residuos

Tabla 5.14 Balance de masa en la filtración

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	C ₁	L _v	C ₂	R
Malta triturada	1,00		0,3	0,7
Agua	21		20	1
Lúpulo	0,02		0,02	
Levadura		0,011	0,011	
Total	22,02	0,011	20,33	1,7
Balance	22,03		22,03	

Fuente: Elaboración Propia

C₂ = Segunda Cerveza

Tabla 5.15 Balance de masa en la maduración

Componentes	Corrientes			
	Entradas (kg)		Salidas (kg)	
	C ₁	L _v	C ₂	R
Malta triturada	0,30		0,10	0,2
Agua	20		19	1
Lúpulo	0,02		0,02	
Levadura	0,011		0,011	
Extra (azúcar)		0,1	0,1	
Total	20,33	0,1	19,23	1,2
Balance	20,43		20,43	

Fuente: Elaboración Propia

$$m_{\text{cerveza}} = 19,23 \text{ kg} \quad \rho_{\text{cerveza}} = 1,016 \text{ kg/l}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{19,23}{1,016}$$

$$V = 18,94 \text{ L}$$

A partir de 4,15 kg de malta se obtiene 18,94 litros de cerveza de quinua de alta fermentación con una densidad de 1,016 kg/l.

5.3 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DE LA CERVEZA DE QUINUA

Los resultados físico-químicos se midieron en instalaciones del Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos (IDEPROQ).

Únicamente el análisis de proteínas se realizó en el Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA).

Los resultados de los análisis físico-químicos son comparados con los requisitos de la NB (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad) IBNORCA. Donde indica que

el grado alcohólico está por debajo del parámetro máximo además cabe recalcar que el grado alcohólico de una cerveza tipo Ale está en un rango de 4–5 % alcohol.

TABLA 5.16 ANÁLISIS FÍSICO-QUIMICO DE LA CERVEZA DE QUINUA

PARAMETRO	VALOR MAXIMO	VALOR REAL	METODO DE ENSAYO
CONTENIDO DE ALCOHOL	14,4 % V/V	4,50 % v/v	NB 339
ACIDEZ TOTAL	0,3 % m/m	0,35 % m/m	NORMA ECUATORIANA INEN 2323
CARBONATACION	3,5	ND	
pH	5	4,5	NB 339
CONTENIDO DE HIERRO	0,2 mg/dm ³	0,08 mg/dm ³	NB 857
CONTENIDO DE COBRE	1,0 mg/dm ³	0,03 mg/dm ³	NB 858
PROTEINA	0,5 g/100g	2,56 g/100g	ISO 937-1978

Fuente: Elaboración Propia

El control de nivel de pH en la producción de la cerveza es muy importante para poder evitar la activación de agentes patógenos, pero sobre todo para obtener el sabor característico de cada cerveza, un valor de pH menor a 4,2 produce acidez y un valor mayor a 4,7 también provoca acidez y activación de microorganismos. En este caso la cerveza tiene un pH de 4,5 que influye directamente en la acidez, esta es de 0,35 misma que sale de los parámetros permitidos.

Durante todo el proceso se tiene total cuidado y estrictas medidas higiénicas para evitar algún tipo de contaminación en el producto. En la mayoría de los casos no superan los valores máximos permisibles, de esta manera este producto no presenta problemas para el consumo.

5.4 CARACTERIZACION DE LA CERVEZA DE QUINUA**TABLA 5.17 CARACTERISTICAS DE LA CERVEZA DE QUINUA**

CARACTERISTICAS	METODO DE ANALISIS	RESULTADOS
TURBIDEZ	ORGANOLEPTICO	TURBIO
DENSIDAD	GRAVIMETRICO	1,015
AMINOACIDOS TOTALES	DESTILACION	ND
SOLIDOS TOTALES	GRAVIMETRICO	3,00%
GRADOS IBU	MATEMATICO	12,40
CAPACIDAD ESPUMANTE	CONSTANT	62%
COLOR	EBC	14
OLOR	NB 382	CARACTERISTICO
SABOR	NB 382	CARACTERISTICO
ASPECTO	NB 382	TURBIO

Fuente: Elaboración Propia

Acorde a la tabla 5.5 se determinan las concentraciones de proteínas, solidos totales y aminoácidos, además de turbidez y densidad cuyos valores son aceptables de cada uno.

TABLA 5.18 COMPARACIÓN DE LA CERVEZA DE QUINUA CON CERVEZA PILSENER DE CBN

PARAMETRO	PILSENER	CERVEZA DE QUINUA
C CONTENIDO DE ALCOHOL (V/V)	4,4 – 5	4,5
AMARGOR (IBU)	15,5 – 18,5	12,4
pH	4,0 – 4,3	4,5
COLOR (EBC)	4,0 – 4,3	14
ESPUMA (seg)	210 – 280	60- 80
TURBIDEZ (EBC)	< 0,5	>0,5
ACIDEZ TOTAL % m/m	0,3	0,35
PROTEINA (g/100g)	0,5	2,56

Fuente: Elaboración Propia

5.5 ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CERVEZA DE QUINUA

TABLA 5.19 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETRO	VALOR MAXIMO	RESULTADOS	METODO DE ENSAYO
Recuento total de bacterias aéreas mesófilas	1*10 ² UFC/ml	1*10 UFC/ml	NB 32003
Coliformes y microorganismos patógenos	Ausencia	Ausencia	NB ISO 4831
Recuento total de mohos UFC/ml	2*10 ¹ UFC/ml	<10 UFC/cm ³	NB 32006

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la tabla 5.6, indica que todo está dentro de los rangos establecidos según la Norma Boliviana IBNORCA.

5.6 ANALISIS DE LA CINETICA DE FERMENTACION

➤ Seguimiento de la acidez y del pH en la fermentación.

Según la normatividad estipulada para bebidas como la cerveza, el rango de acidez total es de 0 a 0,3 % m/m. En este te caso, la acidez titulable promedio alcanza un valor final de 0,33 % m/m, expresados como ácido láctico. A través de los ensayos se obtienen niveles de hasta 0,4 % m/m durante el cuarto día de fermentación, sin embargo, con el paso del tiempo y el desarrollo general de la reacción, estos valores descienden hasta el rango de 0,29 y 0,33 m/m. Los resultados se expresan en gramos del ácido mayoritario / 100 gramos de muestra. Como se puede observar en la figura 5.1, la acidez aumenta mientras pasa el tiempo e fermentación.

FIGURA 5.1 SEGUIMIENTO DE LA ACIDEZ Y EL pH



Fuente: Elaboración Propia

El pH es un factor de importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. Un pH elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación, ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de

Elaboración de Cerveza de Quinua

proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente por la mayor extracción de taninos (polifenoles) desde la cáscara del grano en el proceso de maceración y filtración. Además, un elevado pH conlleva un mayor riesgo desde el punto de vista microbiológico. (Rodríguez., 2003).

Según la Norma Boliviana 339 para Elaboración de Cerveza, establece que el pH debe estar comprendido entre 4 y 5. Además, el pH también depende del tipo de agua y su tratamiento con ácidos y/o sales. La composición de sales del agua tiene una influencia directa en su acción en la regulación de pH del mosto y la cerveza. En este caso se obtiene un pH de 4,5 en la cerveza de quinua con lo que se comprueba que está dentro del rango aceptable de pH.

FIGURA 5.2 SEGUIMIENTO DEL pH Vs. TIEMPO



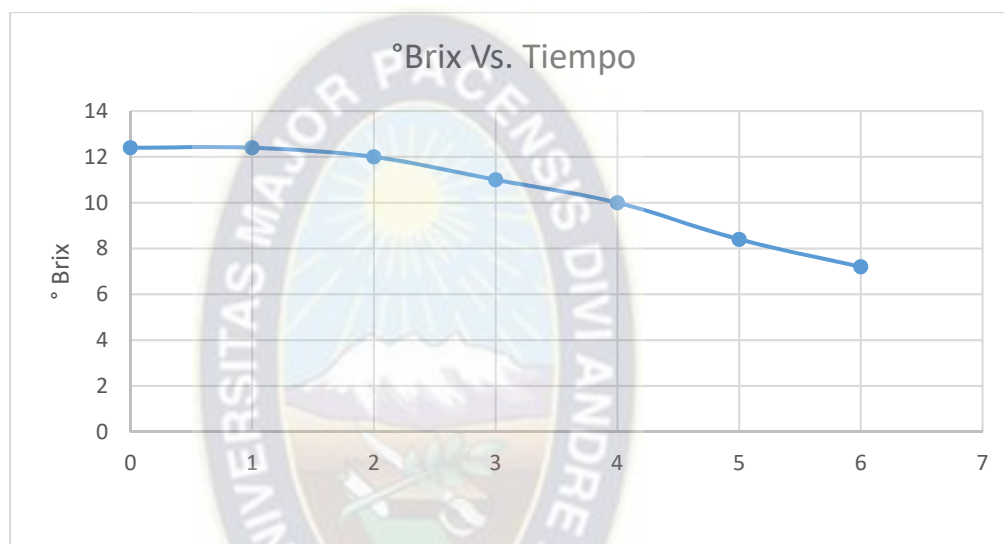
Fuente: Elaboración Propia

➤ Seguimiento de Sólidos solubles totales (°Brix)

La cantidad de grados Brix cuantificados varían dependiendo de la cantidad de azúcares presentes en la malta y como resultado de una prolongación del tiempo de fermentación. También depende de las condiciones de temperaturas en que se realiza el proceso de fermentación, dicho parámetro actúa como indicador de

que la fermentación se está llevando a cabo, se inicia con un valor de 12,4 y finaliza con 7,2, lo cual indica que se tiene una correcta reducción de azúcares convertidas en alcohol durante el proceso de la fermentación.

FIGURA 5.3 SEGUIMIENTO DE SOLIDOS TOTALES SOLUBLES Vs TIEMPO



Fuente: Elaboración Propia

➤ **Seguimiento de la Densidad y Grado Alcohólico.**

Respecto a la densidad de la cerveza de quinua, la densidad inicial es 1,058 g/l que se ve atenuada teniendo en cuenta que la atenuación es distinta según el tipo de levadura empleado y la cantidad de azúcares que puedan ser o no metabolizados por la levadura.

En la fermentación primaria la levadura consume la mayoría de los azúcares contenidos en el mosto provocando, como resultado de esta atenuación se obtiene una densidad final de 1,016 g/l. Estos descensos de densidad se consideran dentro de los valores normales en la elaboración de este tipo de cerveza, si bien se observa que la temperatura a la cual se realiza la fermentación es un factor a tener en cuenta.

FIGURA 5.4 SEGUIMIENTO DE DENSIDAD Vs TIEMPO

Fuente: Elaboración Propia

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

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

Elaboración de Cerveza de Quinua

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

La densidad final se reduce considerablemente respecto a la densidad original, por lo que se calcula de forma aproximada el grado alcohólico de la cerveza en el momento en que se conozca la densidad original del mosto.

FIGURA 5.5 SEGUIMIENTO DEL GRADO ALCOHOLICO Vs TIEMPO

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de Cerveza de Quinua

En la figura 5.5 se puede observar una pendiente positiva la cual indica la velocidad de formación de alcohol durante el proceso de fermentación que da como resultado final que la cerveza de quinua tiene 4,57 % de alcohol (v/v), este valor se encuentra dentro de los parámetros indicados según la NB 082 para la elaboración de cerveza.

5.6.1 INFLUENCIA DE LA CINETICA DE PRODUCCION DE ALCOHOL DURANTE LA FERMENTACION.

➤ **Preparación de soluciones amortiguadoras.**

De la valoración del ácido acético 0,1 N con el acetato de potasio 0,5 M se obtiene una curva, como resultado de medir el pH del ácido acético antes y después de añadir una alícuota de 5 ml de acetato de potasio.

FIGURA 5.6 CURVA DE ELABORACIÓN DE ACIDO ACÉTICO CON ACETATO DE POTASIO.



Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de Cerveza de Quinua

Esta curva permite conocer cuánto de acetato de potasio 0,5 M se tiene que añadir a 20 ml de ácido acético 0,1 N para tener tres soluciones amortiguadoras a pH 4; 4,5 y 5 respectivamente.

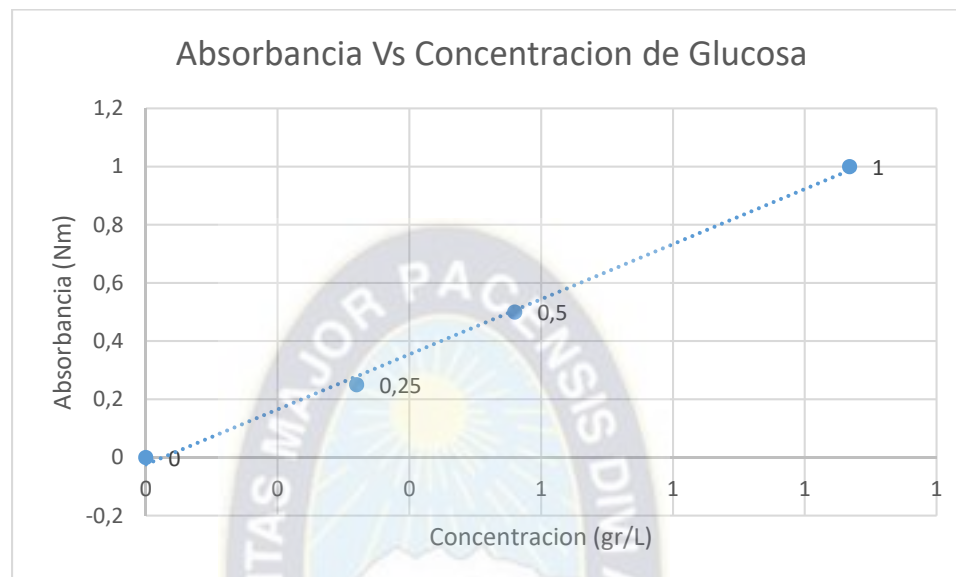
➤ **Determinación de azúcares reductores como glucosa.**

Los resultados que se obtienen al medir la absorbancia a 546 nm de glucosa a una concentración de 1 gr/l; 0,5 gr/l; 0,25 gr/l y 0,0 gr/l (blanco) se expresan a continuación:

TABLA 5.20 ABSORBANCIA A PARTIR DE LA CONCENTRACION DE GLUCOSA

Absorbancia a 546 nm	Concentración de glucosa (gr/l)
1,068	1,00
0,564	0,50
0,327	0,25
0,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 5.7 ABSORBANCIA Vs CONCENTRACION DE GLUCOSA

Fuente: Elaboración Propia

Absorbancia a 546 nm determinada al medir la glucosa a una concentración de (1; 0,5; 0,25 y 0,0) gr/l.

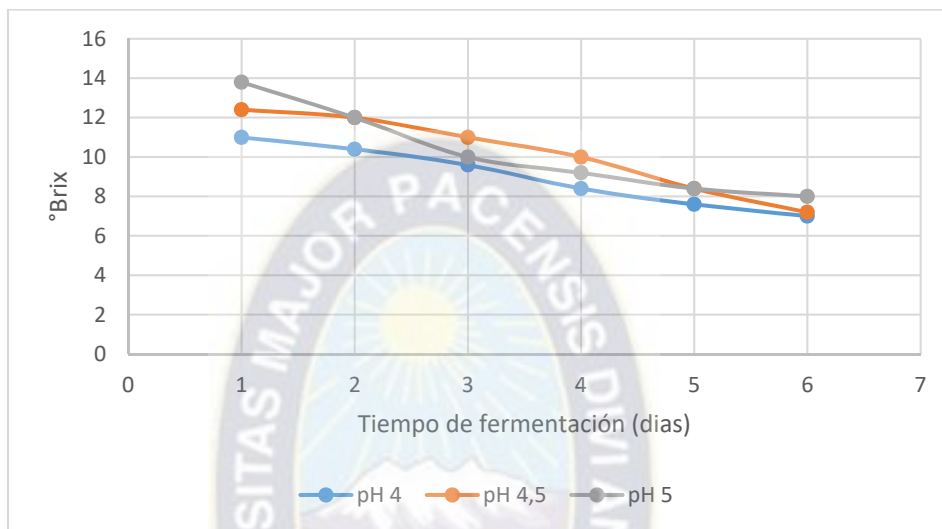
$$y = 1,0508x + 0,03$$

$$r=0,998 ; r^2=0,996$$

Esta curva permite conocer la concentración de glucosa de las muestras obtenidas del proceso de fermentación alcohólica previa multiplicación con el factor de dilución.

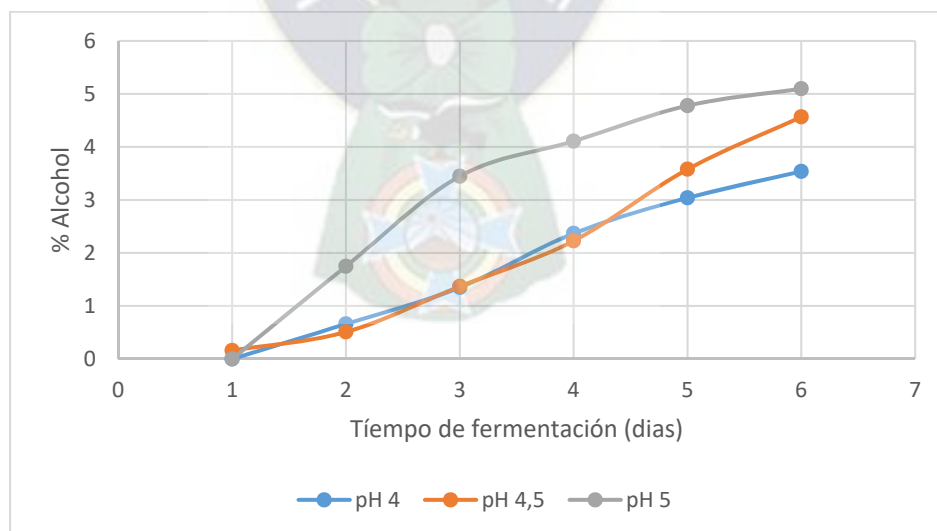
➤ **Comportamiento de los °Brix y el Grado Alcohólico formado.**

FIGURA 5.8 °BRIX Vs TIEMPO DE FERMENTACION



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 5.9 PORCENTAJE DE ALCOHOL Vs TIEMPO DE FERMENTACION



Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 5.8 y 5.9 indican el comportamiento del proceso de fermentación alcohólica de la cerveza a diferentes condiciones de pH. Las pruebas evaluadas a pH 4; 4,5, y 5 a

Elaboración de Cerveza de Quinua

una temperatura de 20°C muestran que los grados Brix disminuyen considerablemente conforme al tiempo de fermentación de la cerveza, esta variable se utiliza como uno de los indicadores junto a la densidad, para evaluar la conducta del fermento, de la misma manera, en la figura 5.9, se evidencia la tendencia a aumentar el % de alcohol mientras los grados Brix se reducen, que es similar a la disminución de los sólidos totales en la muestra.

TABLA 5.20 RESULTADOS DE DENSIDAD, °BRIX Y % ALCOHOL, A pH FINAL = 4.

	Densidad (g/l)	°Brix	% Alcohol (v/v)	pH
Inicial	1,039	11	0	5
Final	1,018	7	3,50	4

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 5.21 RESULTADOS DE DENSIDAD, °BRIX Y % ALCOHOL, A pH FINAL = 4,5.

	Densidad (g/l)	°Brix	% Alcohol (v/v)	pH
Inicial	1,058	12,4	0	5,2
Final	1,016	7,2	4,50	4,5

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 5.22 RESULTADOS DE DENSIDAD, °BRIX Y % ALCOHOL, A pH FINAL = 5.

	Densidad (g/l)	°Brix	% Alcohol (v/v)	pH
Inicial	1,056	13,8	0	5,5
Final	1,018	8	5,0	5

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la densidad en estas pruebas juega un papel importante, Rodríguez (2003) señala que la densidad de una cerveza varía de acuerdo al tipo de amiláceo utilizado; además, la densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de

Elaboración de Cerveza de Quinua

alcohol producida en la cerveza, es decir, mientras se van transformando los azúcares en alcohol, se hace más ligera. En las Tablas 5.8, 5.9 y 5.10 se presentan los resultados de las densidades con respecto a la variación del pH cada prueba, Según Severiano (2015), existen cervezas con altas y bajas densidades. Las de baja densidad (0,988 – 1,018 g/ml) son generalmente de malta base o maltas suaves, mientras que las de alta densidad (1,020 -1,060 g/ml) son las que tienen más cuerpo, por lo tanto, la cerveza de quinua tipo Ale pertenece según estos resultados a las cervezas de bajas densidades.

Los resultados analizados de °Brix, densidad y % de alcohol están dentro de los parámetros indicados por la Norma Boliviana NB 081;339 y 082 respectivamente y según la Norma Ecuatoriana INEN 2323.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1 CONCLUSIONES

El objetivo principal del proyecto de grado presentado en este documento, fue el de elaborar una cerveza de fermentación alta o tipo Ale de alto valor proteínico, a partir del grano de quinua. Razón por la que se decide utilizar una concentración de 75% de quinua y el 25% de cebada. Esta relación 3:1 de concentración es la más conveniente para la elaboración de un producto que va dirigida a la población boliviana que desea obtener mayores niveles de consumo en proteína. Y no así las concentraciones de 1:3, 2:3 o 3:3 ya que no se pretende buscar el mejor rendimiento en obtención de alcohol.

El desarrollo del presente trabajo ha permitido establecer las siguientes conclusiones:

- Se determinó las características físicas, químicas y organolépticas de la materia prima en laboratorio, según las Normas Bolivianas. Estos datos indican que la materia prima está dentro de los parámetros requeridos para la elaboración de la cerveza de quinua.
- Se evaluó las características organolépticas y nutritivas del producto final. Dando como resultado una cerveza tipo ALE con grados IBU de 12,4 con capacidad espumante de 62% y grado alcohólico de 4,5% v/v. La Cerveza de Quinua tipo Ale obtuvo un color que tiende a una cerveza americana English Bitter, el color fue medido en EBC (European Brewery Convention) igual a 14. La proteína en la cerveza de Quinua es mayor con respecto al valor de referencia de una cerveza común.
- Se utiliza el 25% de malta base de cebada para enriquecer los azúcares en la fermentación ya que de éste depende la cantidad de formación de alcohol, que en este producto tiene que ser mínimo por ser una cerveza rica en proteínas.
- Se identificó los parámetros de calidad de la cerveza, como ser el pH que da 4,5. Densidad final de 1,016 g/l; de la misma forma los grados Brix 7,2. Estos parámetros se encuentran dentro de los rangos permitidos según la Norma

Elaboración de Cerveza de Quinua

Boliviana de Elaboración de Cerveza, que indica que este producto está dispuesto para la comercialización.

- Se evaluó la influencia de la cinética de producción de alcohol, para esta etapa se toma en cuenta tres pruebas a diferentes °Brix, pH y a la misma temperatura, se realiza un análisis de reducción de azúcares durante la fermentación para la obtención del modelo matemático para la determinación de concentración de glucosa. Se eligen los pH de 4; 4,5 y 5 debido a que es un rango óptimo para el crecimiento de la levadura, a pesar de que éste soporta medios más ácidos, así también se utilizó estos valores como indicadores de un comportamiento correcto en la transformación de azúcares durante la fermentación.
- Se concluye que los °Brix influye en la cantidad de alcohol, es decir que a un mayor °Brix mayor es la cantidad de alcohol que se obtiene existiendo una relación proporcional.
- La temperatura y el pH de fermentación tienen un importante efecto en el proceso de fermentación alcohólica, como en la cantidad del producto final obtenido, lo cual demuestra que estas variables son importantes en el desarrollo de la fermentación alcohólica.
- La carbonatación se hizo de forma natural con la utilización de sacarosa ya que este proyecto es a nivel bench- scale, es por esa razón que la capacidad espumante es de 62%.
- El aporte en este proyecto se realiza obteniendo una cerveza de alto valor proteínico hecha de Quinua Real, con parámetros que se encuentran dentro de los rangos establecidos según la Norma Boliviana para Elaboración de Cerveza. Este producto no tiene el objetivo de ser un producto comercial con fines recreativos y fiestas u otro tipo de actividades donde la cerveza se consume en exceso, más bien está orientada a un consumo más familiar y ocasiones donde su consumo sea limitado pero su aporte nutricional (proteínico) sea importante para las familias bolivianas.
- Se elabora una Cerveza de Quinua de Fermentación Alta, de baja densidad, sabor ligeramente amargo, de color marrón y aroma característico a la cerveza tal como se planteó en los objetivos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe tener cuidado a la hora de lavar la quinua durante la desaponificación, ya que esta es abundante en el grano y con la presencia de ello se obtendría un producto más amargo de lo requerido.
- Se debe trabajar con materias primas de buena calidad porque de ello depende las características organolépticas y aceptabilidad del producto terminado.
- Es muy importante trabajar con equipos y materiales previamente esterilizados ya que es muy probable que las bacterias contaminen el producto antes, durante o después de la fermentación.
- Durante el enfriamiento es mejor hacerlo de manera inmediata para reducir la posibilidad de infección e incremento de proteínas.
- Es importante controlar y respetar los valores de tiempos y temperaturas definidas en cada una de las etapas de elaboración de la cerveza.
- No se recomienda el uso de agentes edulcorantes ya que afectarían al sabor y calidad final de la cerveza.
- Es importante aplicar los conocimientos de las buenas prácticas de manufactura para garantizar la calidad sanitaria y organoléptica del producto final.

CAPITULO VII

GLOSARIO

Elaboración de Cerveza de Quinua

ALFA ÁCIDOS: Una de las resinas que se encuentran en el lúpulo. Su mayor aporte es el amargor. A mayor porcentaje de alfa ácidos, mayor amargor aportado.

ÁCIDOS BETA: Una de las dos resinas que se encuentran en el lúpulo. A diferencia de los ácidos alfa, los ácidos beta contribuyen muy poco (1/10) al amargor de la cerveza.

ALE: Estilo de cerveza de origen inglés. Para su elaboración se utiliza levadura *Sacharomyces cerevisae* que fermenta en la parte superior del fermentador y a una temperatura entre los 17 y los 24°C.

DEXTRINA: Molécula de azúcar compleja, sobrante de la acción de la enzima diastásica sobre el almidón.

ESTERES: Compuestos aromáticos formados a partir de alcoholes por acción de la levadura. Típicamente huele a afrutado.

FERMENTACIÓN: Conversión total de azúcares extraídos de la malta, definida como un proceso de tres partes, fase de adaptación, primaria, y secundaria. Proceso por el cual los azúcares son convertidos en CO₂ y alcohol, debido a la actividad de la levadura.

FERMENTACIÓN PRIMARIA: La actividad de fermentación inicial caracterizada por la evolución de dióxido de carbono. La mayoría de la atenuación total tiene lugar durante esta fase.

FERMENTACIÓN SECUNDARIA: Periodo de calma de la levadura y acondicionamiento de la cerveza después de la fermentación primaria y antes del embotellado.

FLOCULACIÓN: Es la precipitación de la levadura al fondo del tanque debido a la falta de nutrientes.

I.B.U.: Acronimo de International Bitterness Unit. Unidad norteamericana usada para medir del amargor de la cerveza. Un IBU es igual a un miligramo de alfa-ácido por cada litro de cerveza.

PROTEASA: Enzima proteolítica que rompe las cadenas extensas de proteínas en el endospermo que causarían la turbidez en la cerveza.

SULFURO DE DIMETILO (Dimethyl Sulfide – DMS): Compuesto de sabor. Es deseable en bajas cantidades en “lagers”, pero que en altas concentraciones genera sabores de verduras cocinados.

TANINOS: Compuestos de polifenoles astringentes que pueden causar turbidez y/o agruparse con cadenas extensas de proteínas para precipitarlas de la solución. Los taninos son comúnmente encontrados en las cáscaras del grano y en la materia cónica del lúpulo.

ACROSPIRA: Pequeña raíz o plúmula que crece en el grano germinado, índice de una nueva semilla.

PEPTONIZACIÓN: Proceso en el que un precipitado cristalino al entrar en contacto con el disolvente frío, retorna a su primitiva forma coloidal. Al suceder esto la sustancia puede pasar por el lecho filtrante. Ello lleva al proceso de re-dispersión de una sustancia recién precipitada, que da lugar a la formación de un coloide, que se lleva a cabo mediante agentes adecuados, generalmente suele ser una sustancia que tenga un ion común con el precipitado.

HUMULENE: Aceite principal y esencial del cono de lúpulo que es transformada en una serie de compuestos activos que dan el sabor a la cerveza.

ISOMERIZACIÓN: Proceso químico mediante el cual una molécula es transformada en otra que posee los mismos átomos pero dispuestos de forma distinta. De este modo, se dice que la primera molécula es un isómero de la segunda, y viceversa.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

Elaboración de Cerveza de Quinua

- Hernandez Sampieri Roberto, Fernandez Carlos, Baptista Pilar. *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. Tercera edición Mc Grw Hill, Mexico 2002.
- Tecla Alfredo, Garza Alberto. *TEORIA, METODOS Y TECNICAS EN LA INVESTIGACION SOCIAL* Ediciones de cultura popular, S.A. 1974.
- Antonio Madrid Vicente, E. Cenzano, L. Esteire y E. Esteire. *ELABORACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS DE ALTA GRADUACION*.
- Álvarez, Y. (2012). *ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DOS BEBIDAS PROTEICAS A BASE DE QUINUA MALTEADA Y QUINUA SIN MALTEAR*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Carolina Acosta Rivero, 2014. *EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN ALCOHOLICA PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDROMIEL*. Tesis de investigación para optar al título de Magister en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Cuba (Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol.) Ciudad de la Habana Cuba, 2016.
- Hernán Oswaldo Nieto Galarza, 2009. *EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE FERMENTACION ALCOHOLICA UTILIZANDO SACCHAROMYCES CEREVISIAE Y JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTRATO PARA OBTENER ETANOL*. Tesis para obtener el Grado Academico al título de Ingeniero en Biotecnología.
- Maritza Marca Flores, 2015 *INFORME FINAL SOBRE PROCESOS E INVESTIGACIONES AGROINDUSTRIALES EN QUINUA* (*Chenopodium quinoa* Willd.).
- Melisa Bedón Gomez, Oscar Nolasco Cárdenas, *PURIFICACIÓN PARCIAL Y CARACTERIZACIÓN DE ALFA AMILASA DE GRANOS GERMINADOS DE CHENOPODIUM QUINOA*. Universidad Nacional Federico Villarreal, 2013
- Knudse, F. (1977) *EL CERVECERO EN LA PRACTICA*. Madison Asociacion de maestros cerveceros de las Americas.

Elaboración de Cerveza de Quinua

- Kunze, W. (2006) *TECHNOLOGY BREWING AND MALTING* Alemania.
- Martin, A. (2004). *CINÉTICA DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA DEL MOSTO DE CERVEZA*.
- Verti, S. (2002). *EL MUNDO DE LA CERVEZA*. México.
- Doran, P. (1998). *PRINCIPIOS DE INGENIERÍA DE LOS BIOPROCESOS*. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A.
- Baxter, E., y Hughes P. (2001). *CERVEZA, CALIDAD, HIGIENE Y CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES*. Zaragoza, Editorial Acribia.
- IICA. (1999). *Industria de la Cerveza*. Dewey.
- Miguel Llorca Marqués *MODELIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE SECADO DE MALTA, POR AIRE CALIENTE, EN LECHO FIJO Y EN CAPA PROFUNDA*. Universidad de Lleida - España 2015.
- Bonifa, N., Pucují, L. (2016). *OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS A PARTIR DE QUINUA (CHENOPODIUM TUNKAHUAN), ATACO (AMARANTHUS HYBRIDOS) Y AMARANTO (AMARANTHUS CANDATUS*, Tesis para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Técnica de Cotopaxi, 2014-2015.
- CABOLQUI, Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos. (Cabolqui.com)
- Lorena Ingrid Nina Jiménez *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA NORMA TÉCNICA NB/NA 0038 EN INDUSTRIAS IRUPANA* (2012). Memoria Técnica.
- Escobar, L., y Romero, R. (2009). *ELABORACIÓN DE CERVEZA A PARTIR DE PRODUCTOS ALTERNOS COMO: QUINUA (CHENOPODIUM QUINUA), MAÍZ (ZEA MAYS) Y MOTE (ZEA MAYS.VAR)*, Ingeniería Agroindustria, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Alberto Duarte Torrez *EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS CINÉTICOS DE LA ECUACIÓN DE MONOD*, Colombia.
- Villegas, L. (2013). *REINGENIERÍA DE LA PLANTA DE CERVEZA ARTESANAL CHERUSKER*. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Elaboración de Cerveza de Quinua

- Velasco, M. (2010). *ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA NUTRITIVA A PARTIR DEL MALTEADO DE QUINUA*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrialización de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Fabian Gorostiaga, 2008 (Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales) "[http: secaecuador.es.tl](http://secaecuador.es.tl)"
- A. Kumari, J. Fitter. α -Amylase from germinating soybean seeds – Purification, characterization and sequential similarity of conserved and catalytic amino acid residues. *Phytochemistry*, (2010).
- Dickinson, J., Scweiser, M., Ed. (2003). *METABOLISM AND MOLECULAR PHYSIOLOGY OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE*. London.
- NORMA BOLIVIANA – NB 32005. (2002). "Recuento de bacterias coliformes".
- NORMA BOLIVIANA – NB 32003. (2002). "Recuento de bacterias mesofilas, plate count agar con inhibidor de levadura o SDA con inhibidor de levadura".
- NORMA BOLIVIANA – NB 082. (1997). "Determinacion del contenido de alcohol".
- NORMA BOLIVIANA – NB 081. (1997). "Determinacion de la densidad relativa".
- NORMA BOLIVIANA – NB 176. (1977). "Determinacion del grado de fermentación real por calculo".
- NORMA BOLIVIANA – NB 339. (1997). "Metodo electrometrico para determinación de pH".
- NORMA BOLIVIANA – NB 087. (1997). "Determinacion de la acidez total".
- NORMA BOLIVIANA – NB 178. (1977). "Metodo para determinar la fermentación final".
- NORMA BOLIVIANA – NB 857. (1985). Agua Potable "Determinacion de alcalinidad".

ANEXOS

ANEXO A

FICHAS TÉCNICAS

ANEXO I Norma Técnica Nicaragüense para la elaboración de cerveza.

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 03 038 – 12 Tercera Revisión

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense - Bebidas Fermentadas. Cerveza.

Esta norma fue revisada por el Comité Técnico de Bebidas Fermentadas en la sesión de trabajo el día 15 de octubre del 2012.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones, requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir la cerveza que haya sido o no sometida a pasteurización y/o microfiltración durante el proceso de elaboración.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica a todas las cervezas que se elaboran y comercializan en el territorio nacional, sean estas de producción nacional o importada.

3. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

3.1. Cerveza. Bebida resultante de un proceso de fermentación alcohólica controlado, por medio de levadura cervecera, de un mosto elaborado con agua potable, malta y/o sus extractos solos o mezclados con azúcar y/o otros productos amiláceos, adicionado de lúpulo y/o sus extractos y concentrados. La adición de otros granos y azúcar es facultativa.

3.2. Malta. Cebada que ha sido sometida a un proceso de germinación controlada y posterior tostación, en condiciones adecuadas para ser utilizada en la elaboración de cerveza.

3.3. Mosto de cerveza. Es la solución en agua potable de carbohidratos, proteínas, sales minerales y demás compuestos resultantes de la degradación enzimática de la malta, con o sin adjuntos cerveceros realizada mediante procesos tecnológicos adecuados.

3.4. Aditivos alimentarios. Son aquellas sustancias que entran en la formulación de una bebida alcohólica fermentada con el objeto de preservar, estabilizar o mejorar su color, olor y apariencia, siempre que no perjudiquen su valor nutritivo, normalmente no se consumen como bebidas, ni se usan como ingredientes característicos de la bebida, tengan o no valor nutritivo y cuya adición intencional, en cualquiera de las fases de producción, resulta o es de prever que resulte (directa o indirectamente), en que él o sus derivados pasen a ser un componente de tales bebidas o afecten a las características de éstas.

3.5. Bebida alcohólica fermentada. Es la bebida alcohólica obtenida por la fermentación de jugos azucarados de frutas o por la fermentación de azúcares obtenidos de almidón de cereales, por cualquier proceso de conversión.

3.6. Buenas prácticas de manufactura. Condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos, los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objeto de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente.

3.7. Etiqueta. Cualquier marbete, rótulo, marca, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado en relieve o en hueco-grabado o adherido al envase o tapón de una bebida alcohólica fermentada, que cumpla con las disposiciones de la presente Norma.

3.8. Etiquetado. Cualquier material escrito, impreso o gráfico que contiene la etiqueta.

3.9. Ingrediente. Cualquier sustancia incluidos los aditivos alimentarios que se emplee en la fabricación, preparación y conservación de las bebidas y esté presente en el producto final, aunque posiblemente en forma modificada.

3.10. Lote. Es una cantidad determinada de una bebida producida en condiciones esencialmente iguales que se identifica mediante un código al momento de ser envasado.

3.11. Métodos de prueba. Procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la norma.

3.12. Grado alcohólico. Porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica, referido a 20 °C.

3.13. Cerveza saborizada. Es la cerveza a la que se le ha adicionado aromas/jugos/extracto de origen vegetal aprobados por la autoridad competente definida en esta norma.

3.14. Adjuntos. Toda fuente donadora de almidón o azúcares fermentables.

3.15. Lúpulos. Flor o extractos naturales o procesados de la flor *Humulus Lupulus*.

3.16. Extracto original de cerveza. Es la concentración de la cerveza expresada en % en masa y calculada a partir de la concentración de alcohol y del extracto real o verdadero de la misma.

4. CLASIFICACIÓN DE LA CERVEZA

4.1. Según el tipo de levadura

4.1.1 Cervezas de baja fermentación, es elaborada usando levaduras cultivadas de la especie *Saccharomyces uvarum*, las cuales tienden a sedimentar al concluir el proceso de fermentación.

4.1.2 Cerveza de alta fermentación, es elaborada usando levaduras cultivadas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales tienden a flotar sobre la superficie del producto al concluir el proceso de fermentación.

4.2. Según el grado alcohólico

4.2.1. Cervezas sin alcohol, es la que tiene un contenido alcohólico inferior o igual a 0,5% en volumen.

4.2.2. Cervezas con alcohol, es la que tiene un contenido alcohólico superior a 0.5% en volumen

4.3. Según el contenido calórico Podrá denominarse cerveza light o ligera, la cerveza suave que contenga un valor energético máximo de 150 kJ/ 100 ml.

4.4. Según la proporción de materias primas

4.4.1. Cervezas mixtas, elaboradas a partir de un mosto cuyo extracto original proviene mayoritariamente de adjuntos cerveceros. Podrá tener hasta un máximo de 80% en peso de la totalidad de las materias primas adicionadas. Cuando dos o más cereales contribuyan en igual cantidad se deben declarar todos en la etiqueta.

4.4.2. Cervezas convencionales, son aquellas elaboradas a partir de un mosto cuyo extracto original proviene de malta de cebada. Deberá tener hasta una mínima de 50% en peso de la totalidad de las materias primas adicionadas provenientes de malta.

5. MATERIAS PRIMA Y MATERIALES

5.1. Agua. Agua tratada exenta de contaminantes y apta para consumo humano

5.2. Cereales. Los cereales utilizados para la fabricación de cerveza deben estar libres de sustancias que puedan dañar la salud de los consumidores.

5.3. Lúpulo. El lúpulo utilizado en la fabricación de cervezas no debe contener sustancias extrañas o perjudiciales para la salud de los consumidores.

5.4. Azúcar. La industria nacional que utilice azúcar en la elaboración de la cerveza, debe cumplir con la legislación nacional vigente. El azúcar utilizado en la elaboración de cervezas importadas, únicamente debe ser declarada como ingrediente en la etiqueta.

5.5. Levadura. La levadura para la fabricación de cerveza deberá de provenir de un cultivo puro.

5.6. Aditivos. Los aditivos utilizados en la elaboración de cerveza están sujetos a las clasificaciones establecidas en el Codex Alimentario.

6. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS

6.1. Características generales

6.1.1. No se permite el uso de materiales filtrantes como asbesto u otros materiales prohibidos en la industria de alimentos y bebidas.

6.1.2. La cerveza deberá estar libre de cualquier ingrediente dañino a la salud.

6.1.3. La cerveza puede contener solamente los aditivos, colorantes y preservantes establecidos por el Codex Alimentario.

Elaboración de Cerveza de Quinua

6.1.4. Las industrias que elaboren y distribuyan cervezas deberán cumplir con la NTON 03 069 – 06/RTCA 67.01.33:12, Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas Prácticas de Manufactura. Principios Generales.

6.1.5. La cerveza deberá estar libre de insectos o restos de ellos y de cualquier otro tipo de fragmento tales como plástico, metales u otras impurezas externas.

6.1.6. El alcohol etílico de la cerveza deberá provenir de la fermentación del mosto con la levadura de cerveza. No se permite la adición de alcohol a la misma

6.2. Características sensoriales. La cerveza deberá cumplir con las características propias del producto.

6.3. Características fisicoquímicas. La cerveza deberá cumplir con los requisitos físico-químicos establecidos:

Requisito	Especificaciones
Alcohol (% v/v)	2.5 – 9.0
pH final	3.0 – 4.8
Densidad (g/mL) a 20 °C	0.998 – 1.018
Amargor (°IBU)	30 – 40
Acidez total (%)	0.1 – 0.4
Extracto original mínimo (°Plato)	6
CO ₂ (%v/v)	2 - 4

6.4. Características microbiológicas. La cerveza deberá cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos:

Microorganismo	Limites máximos
Recuento total de microorganismos mesófilos (ufc/mL)	100
Recuento total de mohos (ufc/mL)	20
Coliformes y microorganismos patógenos	Ausente

ANEXO B.**DIFERENCIAS ENTRE LA CERVEZA ARTESANAL Y LA CERVEZA INDUSTRIAL**

Toda cerveza se elabora con cuatro elementos básicos: cebada, agua, lúpulo y levadura. La principal diferencia entre la cerveza industrial y la artesanal se encuentra en: las proporciones, el tratamiento de la materia prima y el proceso de elaboración (Chamorro, 2012)

En cuanto a las materias primas su proporción es menor en las cervezas industriales las que además utilizan conservantes no naturales. Las cervezas artesanales no utilizan ningún aditivo artificial, el proceso de elaboración es manual desde el molido de las maltas hasta el embotellamiento (Chamorro, 2012)

También hay que tener en cuenta que la gasificación de la cerveza artesanal, se produce en forma totalmente natural, gracias a la fermentación en botella, mientras que las cervezas industriales son inyectadas con gas carbónico. Otra de las grandes diferencias entre una cerveza artesanal y una industrial, es el esfuerzo y la preocupación que un cervecero artesanal pone en la elaboración de su producto, ya que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales, por lo que el producto final es un producto mucho más cuidado, y con mejor calidad (Insuasti y Carvajal, 2010).

Por otro lado, tanto en el Perú, como en los demás países de América, la variedad de cervezas no es grande, todas elaboran el mismo estilo "PILSEN LAGER", tienen el mismo color, la misma espuma, el mismo grado alcohólico, la misma cantidad de gas, el sabor es muy parecido y lo único que las diferencia es la etiqueta, mientras que la enorme variedad de estilos de cerveza artesanal hace que la podamos ver una infinidad de tipos de cerveza, desde Rubias o Doradas, pasando por Rojas, Negras, Ahumadas, de Trigo, Amargas, con alto o bajo contenido alcohólico como las Barley Wine o Vino de Cebada, que llegan a tener 10 o más grados de alcohol, logrando de esta manera una cerveza con un

Elaboración de Cerveza de Quinoa

contenido alcohólico similar al vino, de allí su denominación (Insuasti y Carvajal, 2010).

ANEXO C

Quinoa Germinada (Elaboración Propia)



Balanza de Humedad

(Elaboración Propia)



Secador eléctrico

Elaboración de Cerveza de Quinua

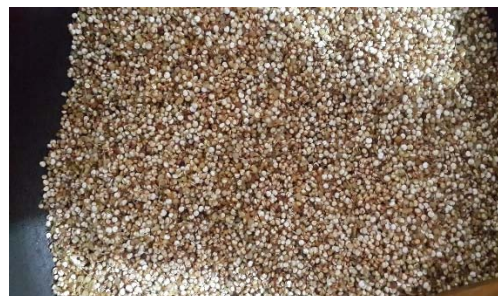


Horno de tostado de la quinua



Balanza Analítica

(Elaboración propia)



Tostado de la Quinua (Elaboración Propia)



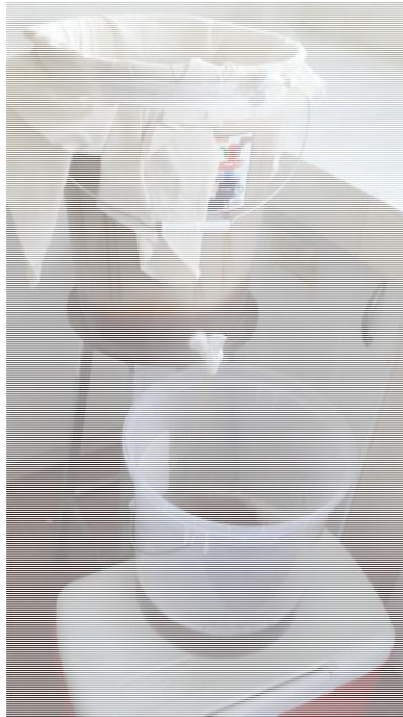
Espectrofotómetro de 1200nm (Elaboración propia)

Elaboración de Cerveza de Quinoa



Macerado de Malta de Quinoa y Cebada (Elaboración Propia)

Elaboración de Cerveza de Quinoa



Filtración del Mosto (Elaboración Propia)

Elaboración de Cerveza de Quinua



Cocción del mosto (Elaboración Propia)



1° Muestra durante el fermentado (Elaboración Propia)

Elaboración de Cerveza de Quinua



Ultima muestra finalizando la fermentación (Elaboración Propia)



Embotellado de la Cerveza (Elaboración Propia)

Elaboración de Cerveza de Quinua



Resto de cerveza sin embotellar (Elaboración Propia)



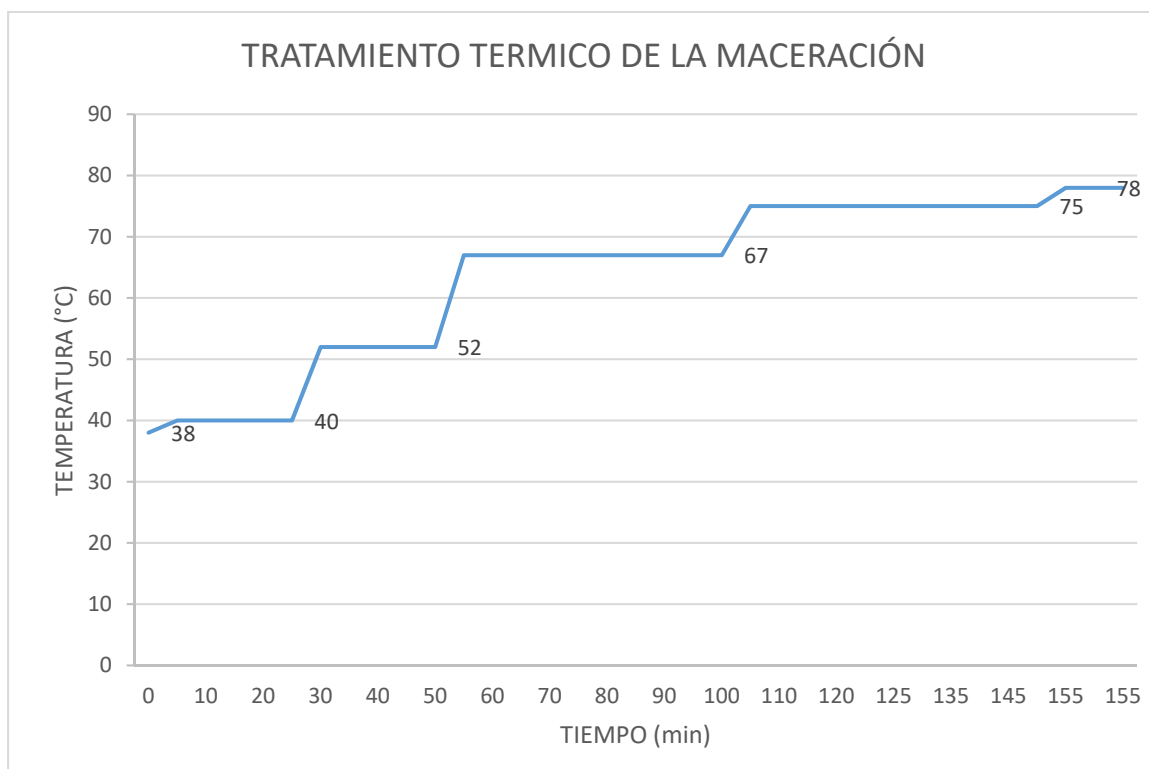
Cerveza Final (Elaboración Propia)

Elaboración de Cerveza de Quinua

Análisis de Proteína realizado en INLASA

MINISTERIO de SALUD		INLASA		INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD	
SECRETARÍA PLURINACIONAL DE SALUD		DR. NESTOR MORALES VILLAZÓN		LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS	
		COORDINADOR NACIONAL DE LA RED OAS			
ICA-PIB-003					
Versión: 01					
Número: 2019-05-09					
Página: 1 de 1					
Código: 19 - 0643			Muestra: Cerveza de Quinua y Cebada		
Nombre de Cliente:			ETA - UNCOA		
Dirección del cliente:			Pasaje Rafael Zubieta Nº 1889 (Lado Estación Mayor) Miraflores		
Procedencia:			La Paz (Distrito Arta)		
Envase: Vidrio		Central: 400 ml			
Acta de Muestra: 729		Tarjeta de muestra: 9043			
Fecha de muestra:		2019-04-03		Hora: 09:00	
Fecha de ingreso a laboratorio:		2019-04-03		Hora: 09:15	
Fecha de análisis:		2019-04-03		Hora: 09:30	
RESULTADOS					
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS					
Color: Característico			Sabor: Característico		
Olor: Característico			Aspecto: Característico		
ANÁLISIS FISIQUÍMICO					
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	UNITE	
Proteína	3,56	g/100g	ISO 927-1979		Sin límite de referencia
Clasificación: Cerveza de Quinua y Cebada					
La Paz, 14 de abril de 2019					
 Dr. Cristóbal Víctor San Román DIRECTOR GENERAL DE SALUD PÚBLICA MINISTERIO DE SALUD PLURINACIONAL		 Dr. Néstor Morales Villazón Responsable Técnico LABORATORIO CONTROL DE ALIMENTOS INLASA		 M. S. Patricia Paredes OPERADORA DE LABORATORIO CONTROL INLASA	
<small>Los resultados se refieren solamente a la muestra que ingresó al laboratorio. Cada muestra se analiza de manera independiente de este documento en el laboratorio de control de alimentos.</small>					

(Elaboración Propia)

ANEXO D**TRATAMIENTO TERMICO DEL PROCESO DE MACERADO DEL MOSTO**

RESULTADOS DE LA ENCUESTA DEL ANALISIS ORGANOLEPTICO

JUEZ	COLOR	AMARGOR	SABOR	AROMA
1	8.0	6.0	5.0	9.0
2	9.0	5.0	7.0	7.0
3	8.0	3.0	5.0	5.0
4	7.0	4.0	6.0	6.0
5	8.0	7.0	8.0	7.0
6	5.0	3.0	3.0	2.0
7	8.0	8.0	8.0	9.0
8	9.0	7.0	9.0	8.0
9	8.0	6.0	6.0	7.0
10	9.0	7.0	7.0	8.0
11	7.0	5.0	4.0	4.0
12	7.0	3.0	4.0	5.0
13	8.0	7.0	7.0	8.0
14	9.0	8.0	9.0	8.0
15	7.0	5.0	6.0	6.0
16	8.0	6.0	5.0	5.0
17	9.0	7.0	8.0	6.0
18	6.0	6.0	5.0	4.0
19	7.0	5.0	4.0	5.0
20	9.0	8.0	8.0	7.0

TABLAS DE HUMEDAD DURANTE EL REMOJO DE LA QUINUA

T= 105°C

Muestra: Recipiente N° 1

Tiempo (min)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Humedad
0,7	2,05	2,00	5
0,9	1,98	1,90	8
1,5	3,00	2,90	10
1,8	1,96	1,84	12
2,0	2,50	2,35	15
3,5	2,00	1,82	18
4,2	1,95	1,72	23
6,0	3,05	2,80	25
7,3	2,60	2,32	28
10,6	1,89	1,59	30
11,9	3,00	2,66	34
12,3	2,30	1,93	37
12,8	2,00	1,60	40
13,9	3,20	2,75	45
15,2	3,00	2,52	48

Elaboración de Cerveza de Quinua

T= 105°C

Muestra: Recipiente N° 2

Tiempo (min)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Humedad
0,5	2,55	2,52	3
0,9	2,80	2,71	9
2,0	3,00	2,88	12
2,5	2,70	2,57	13
2,9	2,50	2,35	15
3,5	2,00	1,83	17
4,2	1,95	1,70	25
5,4	2,57	2,28	29
6,9	2,60	2,30	30
8,0	2,98	2,66	32
10,5	3,00	2,66	34
11,6	2,45	2,06	39
12,0	2,60	2,18	42
12,7	2,50	2,04	46
13,7	2,75	2,27	48

Elaboración de Cerveza de Quinua

T= 105°C

Muestra: Recipiente N° 3

Tiempo (min)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Humedad
0,8	3,24	3,18	6
1,0	3,15	3,05	10
1,5	3,00	2,87	13
2,3	2,95	2,81	14
2,9	3,15	2,99	16
2,5	2,87	2,68	19
3,2	3,00	2,76	24
4,5	3,12	2,85	27
6,0	2,60	2,24	36
8,0	2,90	2,53	37
10,5	3,00	2,61	39
12,0	2,70	2,30	40
13,0	2,80	2,36	44
14,2	3,20	2,73	47
15,7	3,35	2,87	48