

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Trabajo de titulación en la modalidad de Proyecto de Investigación
previo a la obtención del Título de Ingeniería Agroindustrial

“Evaluación de la producción de alcohol etílico a base de papa
china (*Colocasia esculenta*), utilizando el método germinativo del
tubérculo”

AUTORES:

Carla Mishell Morales Ibadango

Anderson Javier Quinatoa Pérez

TUTOR:

Ing. Vicente Fabricio Domínguez Narváez. MSc.

PASTAZA-ECUADOR

2019– 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Los criterios emitidos en el proyecto de investigación **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO A BASE DE PAPA CHINA (*COLOCASIA ESCULENTA*), UTILIZANDO EL MÉTODO GERMINATIVO DEL TUBÉRCULO”**, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de nuestra autoría, como autores de este trabajo de grado.

Autores,

Morales Ibadando Carla Mishell

CI. 1004408983

Quinatoa Perez Anderson Javier

CI. 2101059216

CERTIFICACION DE CULMINACION DE PROYECTO DE INVESTIGACION

Por medio del presente, Ing. Vicente Domínguez MsC., con cedula de identidad N° 1710717628, certifico que los estudiantes Carla Mishell Morales Ibadango y Anderson Javier Quinatoa Perez, egresados de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, realizaron el Proyecto de Investigación Titulado **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO A BASE DE PAPA CHINA (*COLOCASIA ESCULENTA*), UTILIZANDO EL MÉTODO GERMINATIVO DEL TUBÉRCULO”**, Previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial bajo mi supervisión.

Ing. Vicente Domínguez MsC.

CI: 1710717628



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 24-SAU-UEA-2020

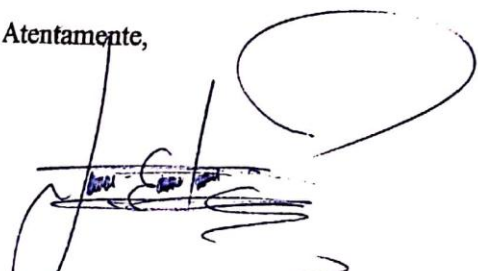
Puyo, 24 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados MORALES IBADANGO CARLA MISHELL con C.I. 1004408983; y QUINATO A PÉREZ ANDERSON JAVIER con C.I. 2101059216 con el Tema: **“Evaluación de la producción del alcohol etílico a base de papa china (Colocasia esculenta), utilizando el método germinativo del tubérculo”**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director del proyecto Ing. Domínguez Narváez Vicente Fabricio MSc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 23 de enero de 2020 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,



Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: evaluacion de la produccion de alcohol 2020.docx (D62889531)
Submitted: 1/23/2020 5:11:00 PM
Submitted By: \${Xml.Encode(Model.Document.Submitter.Email)}
Significance: 4 %

Sources included in the report:

VODKA MALANGA URKUND 2.docx (D58692007)
Informe Final.docx (D46511323)
TESIS MALANGA 25-10-2019.docx (D57921305)
ANA BETSABE URKUND.docx (D54293266)
[http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4160/Richar_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=yBenavides,](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4160/Richar_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=yBenavides)
[https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/viewFile/56568/55513GADPp.](https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/viewFile/56568/55513GADPp)
https://www.academia.edu/21607198/Qu%C3%ADmica_del_almid%C3%B3nMart
[http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1061/BC-TES-5841.pdf?sequence=1&isAllowed=yRivera,](http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1061/BC-TES-5841.pdf?sequence=1&isAllowed=yRivera)
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4323/1/Tesis-46agr.pdf>
<https://docplayer.es/13901521-Universidad-tecnica-del-norte-facultad-de-ingenieria-en-ciencias-agropecuarias-y-ambientales-escuela-de-ingenieria-agroindustrial.html>

Instances where selected sources appear:

21

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación aprueba el Proyecto de Investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO A BASE DE PAPA CHINA (*COLOCASIA ESCULENTA*), UTILIZANDO EL MÉTODO GERMINATIVO DEL TUBÉRCULO”**,

Dr. Amaury Pérez
Presidente del Tribunal

MSc. Santiago Aguiar
Miembro del Tribunal

MSc. Aida Romero
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente al creador del universo por el regalo de la vida y por permitirme vivir lo suficiente para cumplir mis sueños, por colocar en mi vida a las personas correctas que tuvieron las palabras exactas en mis días oscuros, estoy eternamente agradecida con mi madre por creer en mí, gracias por su amor, por dejarme volar lejos del nido y buscar mi libertad, su apoyo fue vital, toda la vida no bastaría para reponer todo lo que has hecho por mí, gracias a mi padre que a pesar de su temperamento sé que hacia lo mejor por mí.

Gracias a mi hermana por mostrarme en su espejo de vida que las decisiones marcan tu destino, y que sin embargo a los golpes de esta te puedes levantar más fuerte y triunfante, eres admirable. Gracias a mi familia que con su trabajo aportaron a mi formación profesional y permitieron que culmine mis estudios, gracias a mis amigos por todo el apoyo moral brindado, por enjuagar mis lágrimas cuando lo necesite, gracias a mi novio por motivar mi desarrollo profesional y personal, gracias por las palabras de ánimo y por buscar que nunca me rindiera, gracias a todos ustedes tienen un lugar especial en mi corazón por siempre.

Gracias a la Universidad Estatal Amazónica y a quienes forman parte de ella, por permitirme ser parte de esta gran familia y poder adquirir todo el conocimiento brindado.

Gracias a quienes no creyeron en mí, en ellos pensé cuando dijeron que no podía y por ello seguí.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios, por todo su amor y bondad, que me permite sonreír ante mis logros, que me apuesto pruebas enormes y me ha permitido aprender cada día sobre los errores y como poder superarlos. Te agradezco Dios, por permitirme conocer a tanta gente buena, y sobre todo por darme una familia tan increíble que lucharon por verme crecer y ser alguien en la vida, agradezco a mi padre la manera más gratificante por ser esa persona que me apoyo siempre, aunque falle varias veces, supo tenerme confianza y darme oportunidades que se solo un padre como tu puede hacerlo, te amo papa, tu eres mi héroe por muchas cosas y por toda la vida, te agradezco por este regalo que me has dado.

Le doy gracias a mi novia Carla Morales, por permitirme ser parte de su vida y darme siempre ese apoyo incondicional, eres una de la persona que nunca renuncio a seguir adelante y por esa y mil razones te amo, quiero dar un agradecimiento especial a la señora Emma Ibadango, mi suegra que me acogió como un hijo más de su hogar y me apoyo siempre que hubo apuros, muchas gracias de todo corazón.

Agradezco a la Universidad Estatal Amazónica por dejarme ser parte de tan linda institución, quiero agradecer a mis profesores, que me compartieron sus conocimientos, sin darse por vencidos dieron todo de ellos para permitir que lograra este objetivo tan anhelado.

Anderson Javier Quinatoa Perez

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño a mi amada familia que siempre con sus palabras de aliento y su esperanza en mí no dejaron que desmaye en el camino universitario, aquellos quienes motivaron mis ganas de seguir y enorgullecerlos; los mismos que formaron parte en esta etapa de mi vida, logrando reconocer todo el esfuerzo y entrega en las actividades transcurridas desde el inicio de mi formación académica hasta este punto del desarrollo del proyecto de titulación, dedico de manera especial a mi madre Emma Ibadango por su eterna paciencia, amor y por inculcar en mi la fortaleza, valentía y las ganas incansables de luchar por un futuro mejor.

Dedicado a mis amigos la familia Girón Yépez aquellos que se convirtieron en mi familia, que me adoptaron como parte de un vínculo especial y me enseñaron que con amor y pasión los sueños se logran sin dejar de lado la humildad, la unión y la bondad.

A mi novio Anderson Quinatoa quien con su amor supo ser una fortaleza en mi vida, siempre presente para brindarme un hombro y su apoyo en los momentos difíciles, fue mi fortaleza para culminar la carrera y el proyecto.

Carla Mishell Morales Ibadango

DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación se lo dedico a todas las personas que fueron parte de esta gran etapa de mi vida, y en especial dedico este logro con todo mi amor y cariño infinito a mi familia que siempre estuvo dándome esa voz de aliento, a mis hermanos, y sobre todo a mi padre Bolívar Quinatoa, por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad y brindarme ese gran regalo que es el estudio y lograr ser un profesional, aunque las dificultades no han faltado, siempre has sabido darme ese apoyo incondicional necesario para enfrentarlo todo, mostrándome cada día el gran luchador que eres.

A mis amigos más cercanos que me supieron alentar, a Nixon Grefa, Steven Gálvez y a Marion Bermeo, que más que una gran amiga es una hermana más, me supiste aconsejar en momentos difíciles y me alentaste, aunque a la distancia, siempre estuviste ahí. A la familia Moreno que fue como mi segunda familia.

Quiero hacer una mención especial con infinito amor a mi novia Carla Morales, a quien amo tanto y quien fue una de las más grandes bendiciones en esta etapa de mi vida, por ser ese apoyo moral y sentimental cada día.

Anderson Javier Quinatoa Perez

Resumen ejecutivo

El proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar la producción de alcohol etílico a partir del uso de papa china previamente germinada, así como también las variables implementadas en el estudio, para poder determinar cuál tratamiento permite obtener la mayor cantidad de alcohol. Dentro de las variables de estudio se plantearon: tiempos de germinación (5 y 10 días), el tipo de preparación de la materia prima (almidón y cocción) y el tipo de presentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) (bloque y Grano), se seleccionó estas variables dado que cada una interviene directamente en el proceso.

Los parámetros de estudio del proyecto fueron los grados alcohólicos, °Brix y pH. Se trabajó con un total de 24 unidades experimentales de 1000 ml cada una. La tecnología usada fue previamente investigada y se eligió la más adecuada para el tipo de materia prima usada en el estudio, permitiendo el logro del primer objetivo planteado. En la etapa experimental se tomaron en cuenta parámetros de control importantes, como el pH y temperatura, en rangos donde la actividad de las enzimas y levaduras tengan una óptima función en el mosto, permitiendo una mayor cantidad de producción de alcohol.

En los resultados obtenidos en el análisis estadístico permitió evidenciar el tratamiento de mayor grado alcohólico, que presenta la siguiente combinación de factores: tiempo de germinación de 10 días, la preparación de la materia prima es el uso de almidón y el tipo de levadura que no afecta de manera exponencial en cualquiera de los dos casos. Durante la etapa final de fermentación de los tratamientos se obtuvo 5% de grado alcohólico como mayor resultado, y en cuanto al pH se encuentra alrededor de 4,2, y °Brix los cuales van descendiendo hasta valores de 1 y 5 °Brix, siendo el 5 donde no hubo consumo de los azúcares por la levadura.

Palabras Claves: Papa China, Germinación, preparación, levadura, Grado alcohólico

Abstract

The purpose of the research project is to evaluate the production of ethyl alcohol from the use of previously germinated Chinese potatoes, as well as the variables implemented in the study, in order to determine which treatment allows the greatest amount of alcohol to be obtained. Within the study variables, the following were considered: germination times (5 and 10 days), the type of preparation of the raw material (starch and cooking) and the type of presentation of the yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) (block and grain). These variables were selected since each one intervenes directly in the process.

The study parameters of the project were alcoholic degrees, °Brix and pH. We worked with a total of 24 experimental units of 1000 ml each. The technology used was previously researched and the most suitable was chosen for the type of raw material used in the study, allowing the achievement of the first objective. In the experimental stage, important control parameters were taken into account, such as pH and temperature, in ranges where the activity of the enzymes and yeasts have an optimal function in the must, allowing a greater amount of alcohol production.

In the results obtained in the statistical analysis allowed to evidence the treatment of greater alcoholic degree, which presents the following combination of factors: germination time of 10 days, the preparation of the raw material is the use of starch and the type of yeast that does not affect in an exponential way in any of the two cases. During the final stage of fermentation of the treatments was obtained 5% of alcoholic strength as a result, and as for the pH is around 4.2, and °Brix which are falling to values of 1 and 5 °Brix, being 5 where there was no consumption of sugars by the yeast.

Keywords: Chinese potato, germination, preparation, yeast, alcoholic strength

INDICE GENERAL

CAPITULO I	17
1 INTRODUCCION.....	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
CAPITULO II.....	20
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1 Etanol	20
2.2 Tecnología	20
2.3 Materias primas que contienen almidón	21
2.4 Papa china.....	21
2.4.1 Composición de la papa china.....	22
2.4.2 Contenido de azúcares reductores y almidón en la papa china	22
2.4.3 Almidón de papa china	23
2.5 Hidrolisis	23
2.5.1 Hidrolisis acida.....	24
2.5.2 Hidrolisis enzimática.....	25
2.6 Fermentación	25
2.7 Destilación.....	25
CAPITULO III.....	27
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	27
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.5 MANEJO EXPECIFICO DEL EXPERIMENTO	30
3.5.1 PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA CHINA	30
3.5.2 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A BASE DE PARA CHINA GERMINADA	31
3.6 DETERMINACIÓN DE PARAMETROS QUIMICOS.....	34
3.6.1 pH	34
3.6.2 BRIX.....	34

3.6.3	GRADO ALCOHÓLICO	34
3.7	COSTOS DIRECTOS PRELIMINARES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL	35
3.7.1	Costos directos o variables	35
3.7.2	Costos Indirectos de Fabricación (CIF)	37
3.7.3	Costos preliminares de producción de alcohol destilado	37
CAPITULO IV		38
4	RESULTADOS.....	38
4.1	OBTENCIÓN DE ALCOHOL DE PAPA CHINA	38
4.1.1	Grado alcohólico.....	38
4.2	ANÁLISIS DE TUKEY PARA DETERMINAR LA VARIABLE RESPUESTA Y SU EXPLICACIÓN FENOMENOLÓGICA.....	39
4.3	INFLUENCIA DE LOS FACTORES Y SUS INTERACCIONES EN EL GRADO ALCOHÓLICO.....	41
4.4	CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS ANTES Y DESPUES DE LA FERMENTACIÓN.....	43
4.4.1	pH.....	43
4.4.2	°BRIX.....	44
4.5	ÁNÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS PRELIMINARES	44
CAPITULO V.....		47
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1	CONCLUSIONES.....	47
5.2	RECOMENDACIONES.....	48
CAPITULO VI		49
6	BIBLIOGRAFIA.....	49
CAPITULO VII.....		54
7	ANEXOS.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Rendimiento estimado de alcohol por toneladas (peso fresco) para materias primas que contienen almidón	21
Tabla 2.- Composición química de la papa china/ 100 g de porción comestible.....	22
Tabla 3.- Contenido de azúcares reductores libres (A) y de almidón (B)	23
Tabla 4.- Factores de estudio para el diseño experimental.....	29
Tabla 5.- Combinación de Factores y niveles.....	29
Tabla 6.- ANOVA considerando 3 factores de estudio: Tiempo de germinación tipo de preparación, tipo de levadura y la interacción de los factores, con respecto a la influencia del grado alcohólico	39
Tabla 7.- Resultado de Tukey del factor tiempo de germinación	39
Tabla 8.- Resultado de Tukey del factor tipo de preparación	40
Tabla 9.- Resultado de Tukey de la Interacción tiempo de germinación por el tipo de preparación	40
Tabla 10.- Resultado de Tukey de la Interacción tiempo de germinación por el tipo de preparación	41
Tabla 11.- Resultado de Tukey de la Interacción tiempo de germinación por el tipo de preparación	41
Tabla 12.- Parámetros químicos iniciales y finales de los tratamientos.	43
Tabla 13.- Costos directos o variables	45
Tabla 14.- Costo preliminar por unidad experimental	45
Tabla 15.- Costo preliminar de alcohol destilado por ml.....	46

INDICE DE FIGURAS Y ECUACIONES

Figura 1.-Ubicación satelital.....	27
Figura 2.-Diagrama de bloques para la extracción de almidón.....	31
Figura 3 Diagrama de bloques del proceso de obtención de alcohol a base de papa china.....	33
Figura 4.- Diagrama de Pareto del efecto de los factores individuales y sus interacciones en el grado alcohólico.....	42
(Ecuación 1) Costos totales preliminares de la producción de alcohol destilado:	35
(Ecuación 2) Costos de materias primas por gramo	36
(Ecuación 3) Costo total de cantidad usada en gramos.....	36
(Ecuación 4) Cálculo de costo de envases:.....	37
(Ecuación 5) Cálculo de costo de manguera:	37
(Ecuación 6) Costo por cada unidad experimental:	37
(Ecuación 7) Costo por ml de mosto:	37
(Ecuación 8) Costo por ml de alcohol destilado:.....	37

CAPITULO I

1 INTRODUCCION

La papa china (*Colocasia esculenta*), es un tubérculo perteneciente a la familia de las Aráceas, este producto es de origen asiático y es considerado como uno de los primeros cultivos realizados por el hombre. Este cultivo fue introducido al continente americano desde el archipiélago de las Islas Canaria. (Ararat, Sinesterra, & Hernández, 2014)

La importación es necesaria en el Ecuador debido al déficit de cereales, por consiguiente se ha buscado vías de producción distintas, explotando las cualidades del medio tropical que proporciona constante energía radiante para otro tipo de cultivos de ciclos bianual y perenne, como son la yuca, ñames, papa china, caña de azúcar y las musáceas. Este tipo de cultivos se han vuelto tendencia de producción en zonas aisladas convirtiéndose en cultivos extensivos, estos son cultivos de baja dependencia de consumo de insumos, fácil adaptabilidad al terreno y se pueden aplicar técnicas que van desde sencillas hasta complejas, permitiendo enfocar a estos productos como una de las alternativas viables para disminuir así el déficit de carbohidratos e importaciones de cereales. (Lozada, 2005)

El cultivo de papa china (*Colocasia esculenta*), es considerada importante en la amazonia ecuatoriana, después del cultivo de yuca y plátano es un alimento básico e importante en la provincia de Pastaza. La parroquia Teniente Hugo Ortiz es una de las de mayor número de hectáreas destinadas a este cultivo con 100 hectáreas, así como las vecinas parroquias que también tienen cultivos de papa china como El Triunfo, Fátima, San José y los alrededores de la ciudad del Puyo, esta producción ha permitido fortalecer la economía de las familias. (Escobar et al, 2014)

Su contenido de almidón es de alrededor del 27%, este almidón puede ser usado como materia prima para la fabricación de nuevos productos, con un contenido de amilopectina (730,7 g/Kg) es superior a la amilosa (269,2 g/Kg), lo cual influye directamente en la consistencia final de la masa de la papa china, este almidón tiene varios usos en la industria de alimento como puede ser el de adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante de pan, geleificante, aglutinante, etc. (Escobar et al, 2014)

El almidón puede ser obtenido mediante una hidrólisis por acción enzimática en contacto con la amilasa, pudiendo ser alfa o beta amilasa, para el primero la hidrólisis produce

dextrinas y en menor proporción de alfa maltosa, la beta maltosa produce una alfa maltosa, permitiendo que se catalice la hidrólisis del segundo enlace α -1,4, rompiendo los enlaces de maltosa y permitiendo que estos sean de más simple en su estructura y puedan así tener mayor eficiencia en la producción de azúcares fermentables. (Alvarado, 2015)

Existen varios métodos de producción de etanol a partir de fuentes amiláceas, una de ellas es la de fermentación independiente, la cual consta de las dos etapas que son la licuefacción y sacarificación y una tercera etapa que es la de fermentación la cual es mediante el uso de microorganismos. (Castaño & Mejía, 2008)

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción agrícola, es una de las principales actividades económicas del país, actualmente en la provincia de Pastaza se realizan actividades relacionadas a la producción de yuca, plátano y papa china (*Colocasia esculenta*), esta última se concentra en la parroquia teniente Hugo Ortiz, con más de 100 hectáreas de este cultivo, de acuerdo a registros presenta una sobreproducción en la provincia de Pastaza, sumado a ello una demanda nacional deficiente, además una evidente falta de industrialización, debido a lo anterior es indispensable estudiar nuevas alternativas de industrialización a gran escala de productos nuevos y rentables, para mejorar los ingresos de los productores y asociados. (Escobar, González, Herrera, & Lema, 2014)

La mayoría de este cultivo tiene fines de exportación para el consumo humano, uno de los principales motivos se debe a la escasa investigación que permita la transformación de dicha materia prima, por lo tanto, los agricultores de la provincia se ven en la necesidad de vender a un bajo precio e incluso con pérdidas por la devolución del producto dado que debe cumplir parámetros de calidad en el momento de su recepción, como el tamaño y aspecto físico del tubérculo. (Buenaño, 2015)

El mercado de papa china es cambiante, cada temporada es diferente, en ciertos años donde no hay compradores se comercializa el tubérculo a nivel local, lo que no llevan los exportadores. El porcentaje de exportación varía entre 40 al 60%, el resto es considerado rechazo. Se exporta la papa china de primera, segunda calidad; en ocasiones dependiendo el comprador se comercializa la de tercera calidad. (GADPp, 2014)

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la mejor alternativa tecnológica de producción de alcohol a partir de un almidón, que permita la utilización de forma industrial de la papa china (*Colocasia esculenta*) procedente de la sobreproducción y el rechazo de las exportaciones?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la producción de alcohol etílico a base de papa china (*Colocasia esculenta*) utilizando el método germinativo del tubérculo.

1.3.2 Objetivos específicos

Obtener alcohol a base de papa china (*Colocasia esculenta*), mediante el uso de tecnología apta para la elaboración de bebidas alcohólicas.

Cuantificar las propiedades químicas de los tratamientos y sus réplicas en la etapa previa a la fermentación y al final de esta.

Estimar los costos directos preliminares del proceso de obtención de alcohol.

CAPITULO II

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Etanol

Es un líquido combustible, volátil, incoloro, con un punto de ebullición a 78°C, este es el resultado de la fermentación producida por levaduras, que al alimentarse de los azúcares los transforman en alcohol etílico, gas carbónico, acompañado de la liberación de energía. Mediante el proceso de destilación se puede separar el alcohol del resto de componentes producidos en la fermentación, para ser usado en diferentes ramas de la industria como en la farmacéutica y alimentaria. (Madrid & Esteire, 2013)

“Cualquier materia prima con un alto contenido de azúcar, o de ingredientes que se convierten en azúcar como el almidón o la celulosa, se puede usar para producir etanol” (FAO, 2008)

2.2 Tecnología

La tecnología de obtención de etanol a partir de la yuca, una materia prima que contiene almidón en su composición y por ello es necesario la hidrólisis del mismo, que se efectúa por medio de la exposición al sol de la yuca en forma de chips, donde el contenido de almidón es del 75%, esta técnica de secado al sol es usada en los cereales. La sacarificación simultánea con la fermentación facilita una vía para reducir tiempo y costos. (Martínez, Otero, & Saura, 2005)

Algo similar ocurre en el proceso de obtención de etanol usando el maíz, ya que posee almidón en su composición debe ser hidrolizado si se quiere promover una fermentación alcohólica, donde las cadenas de amilosa y amilopectina se degradan mediante procesos enzimáticos, sin embargo, previo a ellos es propicio ejecutar una etapa de gelatinización, con la finalidad de solubilizar el almidón y ceder accesibilidad a las enzimas amilasas. Por consiguiente, en las etapas posteriores de hidrólisis se obtiene un jarabe de glucosa, que marca el punto de partida para una fermentación, donde el producto principal es el etanol que debe ser destilado para recuperarse. (Cardona, Montoya, Quintero, & Sánchez, 2005)

El trabajo con tubérculos reporta modificaciones en comparación con el método tradicional usado en cereales para el aislamiento del almidón, puesto que luego de la molienda se efectúa un filtrado, en el cual se obtiene una denominada “lechada de almidón” que consiste en una

solución acuosa que contiene al almidón, mismo que puede ser recuperado mediante centrifugación o por simple decantación. (Marín, 2016)

2.3 Materias primas que contienen almidón

El almidón es un carbohidrato de reserva, el cual es sintetizado por las plantas, sirve como fuente de energía para los organismos vivos y es uno de los componentes más importantes en la gran variedad de materias primas agroindustriales como los cereales, donde el contenido de polisacáridos va de un 30 a 80 %, en legumbres es menor con un rango de 25 a 50 %, en el caso de los tubérculos el porcentaje se incrementa a un 60- 90%. (Cruz, 2012) El rendimiento del alcohol de la papa china es más bajo que el de yuca y cereales, pero más alto que el sorgo dulce. La proporción de conversión de almidón- alcohol aceptada es de aproximadamente 1,67kg. De almidón a 1 litro de alcohol (Lozada, 2005)

Tabla 1.- Rendimiento estimado de alcohol por toneladas (peso fresco) para materias primas que contienen almidón

COSECHA	Rendimiento del alcohol (litro.t ⁻¹)
Papa china	142
Patata dulce	142
Sorgo dulce	76.7
Yuca	180
Trigo de primavera	368

Fuente: (Lozada, 2005)

2.4 Papa china

Tem(2018) Afirma que la papa china tiene un potencial alto para la utilización integral de la planta, tanto hojas, tallos y por supuesto del cormo, se denota la importancia en este último para la obtención de almidón para ser usado con fines industriales y producción de alimentos procesados; la viabilidad de esta materia prima se debe a su eficiencia como una planta productora y almacenadora de carbohidratos.

Ferreira, Ortiz, & Pardo(1990) Detallan en su trabajo de carácter bromatológico en el cual catalogan a los cormos de papa china como un alimento sustancialmente energético tanto como la yuca, ñame, plátano y batata; a causa de su elevado contenido de carbohidratos, en efecto puede ser una materia prima potencial para la extracción de almidón, producción de alcohol, pegantes, entre otros.

Los glúcidos y más específico del almidón es el primordial compuesto de reserva. La hidrólisis previa del almidón es indispensable para obtener moléculas de glucosa, que será usada como la energía necesaria para la activación del metabolismo de la semilla en la etapa de germinación. El inicio de este proceso se evidencia por la liberación de giberelinas hormonas vegetales que emergen del embrión, mismas que determinan la síntesis de las enzimas responsables de la degradación del almidón. (Perez & Pita, 1998)

En la etapa de fotosíntesis de la papa china (*Colocasia esculenta*) es necesario que la temperatura se encuentre en 20°C, esto permite una óptima tuberización, en rangos elevados de temperatura se produce un incremento en la combustión de hidratos de carbono almacenados en el tubérculo, debido al efecto de respiración, las temperaturas altas por el contrario, favorecen el crecimiento vegetativo. La luminosidad también influye en la producción de carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando esta es alta. (Mosquera, 2016)

2.4.1 Composición de la papa china

La papa china es un tubérculo que el principal alimento almacenado en el son los hidratos de carbono, cuya fracción está compuesta tal como se expresa en la tabla 2:

Tabla 2.- Composición química de la papa china/ 100 g de porción comestible

Humedad	68,3	%
Proteína	1,4	g
Grasa	0,2	g
Carbohidratos	26,2	g
Fibra	2,9	g

Fuente: (Songor & Tenesaca, 2019)

2.4.2 Contenido de azúcares reductores y almidón en la papa china

Como se observa en la tabla 3 la cantidad de azúcares reductores son bajos y al parecer aumentan con la edad, y que el almidón representa más del 75% del peso seco del cormo pelado, cabe señalar que el material del análisis es seco y pulverizado. (Ferreira, Ortiz, & Pardo, 1990)

Tabla 3.- Contenido de azúcares reductores libres (A) y de almidón (B)

Material	Muestra N°							
	1		2		3		4	
	A*	B**	A*	B**	A*	B**	A*	B**
Corno pelado	0,63	78,56	0,16	76,85	0,36	79,70	0,28	78,68
Corno sin pelar	0,30	71,53	0,08	68,98	0,13	72,91	0,11	71,48

A* Azúcares reductores libres expresados como gramos de glucosa/ 100 g Base seca

B** Contenido de almidones expresados como gramos/ 100 g Base seca

Fuente: (Ferreira, Ortiz, & Pardo, 1990)

2.4.3 Almidón de papa china

El almidón de papa china contiene de 17-28% de amilosa, mientras que la diferencia pertenece a la amilopectina. Por molécula de amilopectina se tiene 22 unidades de glucosa, mientras que la molécula de amilosa posee 460 unidades de glucosa. Los granos de almidón son muy pequeños y van en diámetro de 1 a 4 μ m. Estos influyen directamente en la capacidad de hidratación y gelatinización del almidón (Lozada, 2005).

La amilosa es una molécula lineal que consta de hasta 5000 unidades de glucosa, su promedio en almidones varía de entre 20 a 25 %, esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura tridimensional helicoidal, donde cada vuelta del hélice consta de 6 moléculas de glucosa. (Pardo, Castañeda, & Ortiz, 2013)

La amilopectina es un polímero ramificado que consta de cientos de pequeñas cadenas lineales y laterales de unidades de glucosa que forman enlaces de α (1-4) y por consiguiente de estos enlaces se unen a los laterales los α (1-6) que dan lugar a una ramificación cada 12 unidades de glucosa. La molécula de amilopectina está constituida por 100000 moléculas de glucosa. (Songor & Tenesaca, 2019)

2.5 Hidrolisis

Es un tipo de reacción química donde se rompen los enlaces covalentes entre dos subunidades mediada por la adición de una molécula de agua que se descompone en H⁺ y

OH-, con el fin de transformar los polímeros de almidón en azúcares monoméricos con capacidad fermentativa. Los almidones pueden ser hidrolizados por ácidos o catalizadores como enzimas. (Herrera & Meers, 2013)

La hidrólisis del almidón comprende una sucesión de tres etapas, las que se conocen por varios autores como gelatinización, licuefacción y sacarificación. (Rodríguez, Gallardo, Medina, Nieblas, & Ortiz, 2015)

La gelatinización es la aplicación de temperatura al almidón en un medio acuoso, debido a que los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, es aquí donde la amilosa se solubiliza y ocurre una dispersión coloidal del almidón, con una fase continua rica en amilosa y una fase dispersa de gránulos de almidón ensanchados, enriquecidos con amilopectina. (FAO, 2007). La temperatura de gelatinización de la papa china inicia a los 54,7 °C y termina a 104 °C. (Espinoza, 2019)

“La licuefacción consiste en la hidrólisis parcial del almidón en dextrinas” (Hernández, Alfaro, & Arrieta, pág. 208). Esta segunda etapa se ejecuta mediante la adición de enzimas amilasas, del proceso se obtiene dextrinas, maltosas entre otras. Para evitar la cristalización de las moléculas cuando la temperatura desciende, se usa encimas termofílicas. (Molina, Ruiz, Torres, & Sanchez, 2009)

La sacarificación es donde las dextrinas se convierten en glucosa, mediado por la actividad de las enzimas glucoamilasas, en esta etapa la temperatura adecuada oscila de 50 a 55 °C, a un pH de 4 y 5, es aquí donde se obtiene un jarabe enriquecido de glucosa. (Hernández, Alfaro, & Arrieta)

2.5.1 Hidrólisis acida

“La Hidrólisis acida por acción del HCL a 100 °C produce una hidrólisis total del almidón y forma glucosa, maltosa e isomaltosa” (Jimenez, 2017, pág. 1). La hidrólisis acida del almidón presenta varias complicaciones, como lo es la formación de productos que no se desean, no accede a modificar el grado de hidrólisis del producto final, adicional a ello es indispensable que el equipo sea resistente cuando entre en contacto con el ácido y a su vez cuando se aplique una determinada temperaturas. (Carrera & Mera, 2005)

2.5.2 Hidrolisis enzimática

En este tipo de hidrólisis intervienen agentes catalizadores bioquímicos, que promueven la reacción sin la formación de subproductos. En este proceso intervienen dos etapas, la licuefacción y la sacarificación, en la que intervienen las enzimas amilasas y glucoamilasas respectivamente. Cuando se obtenido glucosa, maltosa y dextrinas se dice que la hidrólisis enzimática se ha concluido satisfactoriamente independientemente de la cantidad del almidón presente en el material vegetativo con la que se esté trabajando (Espinosa, 2017).

Las amilasas hidrolizan las sustancias amiláceas, las cadenas de los polisacáridos a oligosacáridos y monosacáridos, estos últimos son más solubles en medios acuosos. Las glucoamilasas estas hidrolizan la amilosa y la amilopectina, separando unidades de glucosa a partir de hidrólisis catalizada por esta enzima. La estabilidad como la actividad de la enzima, se afecta rápidamente cuando el pH es igual o menor a 3.0 y, sufre una desactivación irreversible por tratamientos a pH menor o igual a 2.5. Los máximos niveles de actividad de esta enzima se realizan a un pH entre 4.5 a 6.9, a temperaturas que varían entre 15 y 70°C. (Rios & Zelada, 2017)

2.6 Fermentación

La fermentación alcohólica es un proceso bioquímico en el que intervienen directamente las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, es el microorganismo más usado para la obtención de etanol, poseen una ventaja de tolerancia a las altas concentraciones de etanol. (Argote, Cuervo, Osorio, Delgado, & Villada, 2015)

Los azúcares contenidos en el mosto, sumado a las condiciones necesarias como la ausencia de oxígeno, temperatura, nutrientes y las sustancias nitrogenadas; en el proceso fermentativo las levaduras consumen el azúcar de estructura molecular simple como lo es la glucosa, fructosa, galactosa y sacarosa, por consiguiente los almidones por medio de una hidrólisis enzimática permiten transformar su estructura compleja en más una simple, que servirá de alimento a las levaduras y permite el proceso fermentativo, en el que se obtiene además del alcohol, CO₂ y energía. (Barrera & Reyes, 2015)

2.7 Destilación

La destilación es un proceso usado para separar componentes contenidos en un líquido orgánico, aprovechando los puntos de ebullición y volatilidad del componente a extraer. Los parámetros de interés en este procedimiento como los puntos de ebullición, composición, el equilibrio entre el líquido y el vapor, la temperatura, presión. La destilación

comprende básicamente en la exposición de un líquido a temperaturas específicas, hasta que este se volatilice y por medio de una columna de refrigeración el mismo se condense accediendo a la recuperación del líquido, este proceso es realizado con la finalidad de incrementar la pureza del líquido condensado, tal es el caso de la destilación del alcohol donde se considera los puntos de ebullición del agua a 100 °C y del alcohol a 78 °C. (Mulet, 2012)

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se desarrollará en la Universidad Estatal Amazónica ubicada en la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, en la vía Km. 2½, vía Puyo - Tena (Paso Lateral) Puyo, en las inmediaciones de los Laboratorios de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, siendo estos de química y procesos, en el transcurso del desarrollo del Proyecto de Investigación. Cada etapa del proyecto desde la investigación, desarrollo y análisis en su mayoría se ejecutarán en la misma Institución, en el período de titulación desde el mes de septiembre a diciembre del 2019.

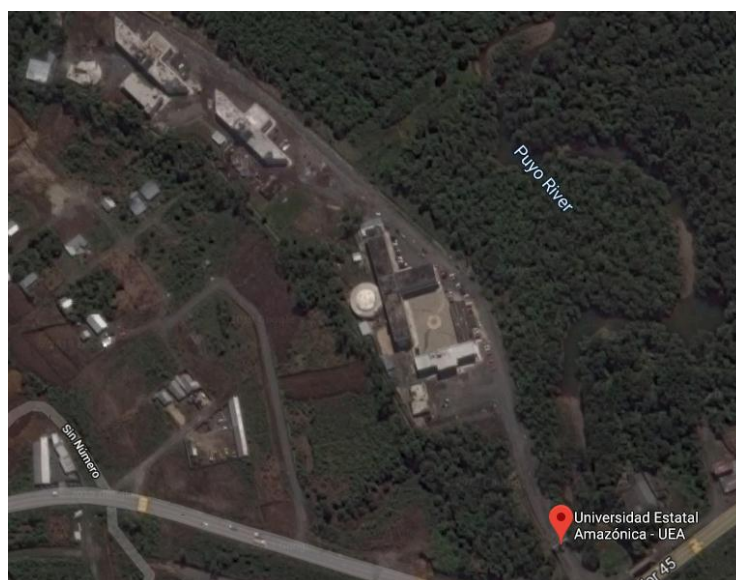


Figura 1.-Ubicación satelital

Fuente: (Maps, 2019)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo exploratorio, descriptivo y experimental. En el primer caso es considerado así debido a que se realizará una aproximación del tema desde lo desconocido, el descriptivo será establecido mediante el análisis y evaluación del estudio, que permite describir las características reales del proceso, y experimental porque trata de replicar una tecnología ya existente para la obtención de alcohol, controlando variables, según los lineamientos del método del proceso.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En la investigación que se llevó a cabo se establecieron tres tipos de procedimientos, los cuales permitirán el desarrollo de cada objetivo planteado, sin embargo, es necesario determinar el área en la que se enfoca el estudio en general, el cual es descrito a continuación:

Área de producción: éste es un espacio de investigación amplio, dado que este proyecto está dirigido al proceso directo de una materia prima específica, permitiendo ampliar los conocimientos en la producción de alcohol, para lo cual relacionaremos esta área de análisis y control de la producción.

Una vez establecido el área de la investigación e impacto, es necesario determinar el procedimiento investigativo que permita el desarrollo del proyecto, mediante dos métodos de trabajo:

Trabajo de campo: este método es el más común en el desarrollo de investigaciones enfocadas a la producción de un alimento o derivados de la industria alimentaria, esto quiere decir, que durante el desarrollo del proyecto se trabajó directamente en la elaboración de un producto, desde la recepción, hasta el proceso final de destilación que recae en la obtención de alcohol.

Trabajo de laboratorio: este método permitió establecer los parámetros químicos, los cuales fueron analizados a nivel de laboratorio, especificando los que influyen directamente con la calidad final del producto.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), con un arreglo factorial de 2^3 con 3 repeticiones, involucrando un factor cuantitativo y dos cualitativos, cada uno de ellos con dos niveles.

Es necesario establecer cuáles son los factores que intervienen directamente en los tratamientos, con el uso de la papa china germinada, estado de materia prima y tipo de levadura, descrito en la tabla 4.

Tabla 4.- Factores de estudio para el diseño experimental.

Factores de estudio	
Factor A	Tiempo de germinación
A1	5 días
A2	10 días
Factor B	Tipo de preparación
B1	Cocido
B2	Almidón
Factor C	Tipo de levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)
C1	Bloque
C2	Granulada

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados los factores y niveles de estudio, se procedió a realizar todas las combinaciones posibles entre las mismas, se evidencia un total de ocho tratamientos, cada tratamiento se encuentra codificado en concordancia con los factores planteados, tal como se evidencia en la tabla 5. Cada tratamiento posee dos repeticiones más, es decir se procesó un total de 24 unidades experimentales que se procesó para la obtención de alcohol a base de papa china, por lo tanto, fue necesario continuar con el trabajo de laboratorio, para poder evaluar cuál de los tratamientos posibilita un mayor rendimiento en la producción de etanol.

Tabla 5.- Combinación de Factores y niveles

Nº	Código	Germinación (días)	Método de preparación	Tipo de Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)
T1	A1B1C1	5	Cocido	Bloque
T2	A1B1C2	5	Cocido	Granulada
T3	A1B2C1	5	Almidón	Bloque
T4	A1B2C2	5	Almidón	Granulada
T5	A2B1C1	10	Cocido	Bloque
T6	A2B1C2	10	Cocido	Granulada
T7	A2B2C1	10	Almidón	Bloque
T8	A2B2C2	10	Almidón	Granulada

Fuente: Elaboración propia

3.5 MANEJO EXPECIFICO DEL EXPERIMENTO

3.5.1 PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA CHINA

El procedimiento para la extracción de almidón requiere de varios pasos, como se muestra en la figura 2, en síntesis, se realizó el método de extracción en húmedo, donde se obtuvo una sustancia lechosa que contiene al almidón, denominada “lechada de almidón”, se describe a continuación las etapas que intervienen en el proceso:

Clasificación: luego de la compra de la papa china en el mercado Mariscal de la ciudad de Puyo, se realizó una clasificación bajo un criterio del tiempo que se deja en germinación al tubérculo, dividiendo así para 5 y 10 días.

Pesado: se pesó la materia prima para facilitar un registro de la cantidad usada en el proceso.

Germinación: se llevó a cabo durante 5 y 10, según los tratamientos planteados, este proceso se efectúa en un ambiente con condiciones óptimas de temperatura entre 20°C a 25°C. (Mosquera, 2016), se humedeció diariamente con agua a la papa china, para promover la tuberización.

Lavado: se realizó un lavado con agua potable y un cepillo de plástico durante aproximadamente 15 minutos para eliminar todo tipo de impurezas y tierras que puedan estar adheridas.

Pelado: se retiró la cascará con el uso de un cuchillo de acero inoxidable y seguido se colocó en un recipiente limpio y con agua para evitar su inmediata oxidación, en esta etapa es importante el uso de guantes de manera estricta, para evitar la irritación en la piel, causada por los altos niveles de oxalato de calcio. (Caicedo, Rodríguez, & Valle, 2014)

Picado: se picó en rodajas del tamaño de 2 cm para facilitar su ingreso al molino, acompañado de un enjuague para eliminar impurezas adheridas a la papa china.

Molido: se usó de un molino industrial apto para procesos de alimentos en el que se procedió a moler de 2 a 3 veces las rodajas de papa china para lograr obtener una pasta fina y poder de esta manera separar la fibra de los gránulos de almidón.

Lavado de pulpa: una vez obtenida la pulpa, se colocó sobre un tamiz de 100µm y se lavó con agua destilada con una relación de 2:1 en peso, para esta etapa fue necesario realizar dos lavados a la pulpa, para extraer la mayor cantidad de almidón.

Sedimentación: se dejó reposar durante 24 horas, para que todo el contenido de almidón sedimente.

Decantación: dentro de esta etapa se realizó la eliminación del agua residual que no sedimentó, dejando así solo la lechada de almidón de papa china.

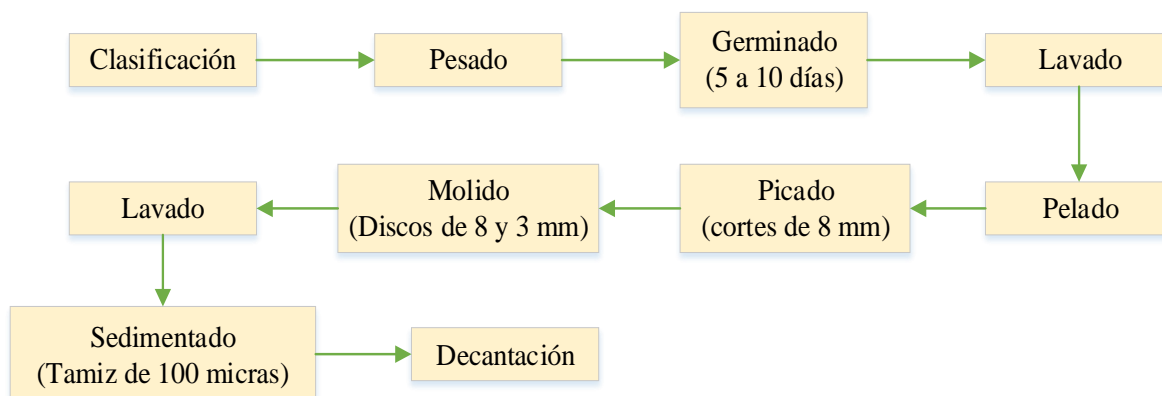


Figura 2.-Diagrama de bloques para la extracción de almidón

Fuente: (Benavides & Pozo, 2008)

3.5.2 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A BASE DE PARA CHINA GERMINADA

Para la obtención de alcohol se escogió una tecnología que permitiera fusionar los dos procesos de materia prima distintas, donde en el primer caso se utilizó una base de lechada de almidón de papa china previamente obtenida y el segundo realizando una cocción previa de la papa china antes de transformarla en puré. Para los dos procesos se ha desarrollado un solo diagrama de flujo como se muestra en el Figura 3, con el fin de obtener un solo resultado, dado que un método se diferencia del otro por tres etapas más que son el pelado, la cocción y triturado. A continuación, se detalla el proceso de obtención de alcohol mediante el uso del almidón de papa china previamente tratada y con la cocción.

Método 1 (uso de lechada de papa china)

Pesado: se pesó la lechada de almidón previamente obtenido, esto permitió determinar su rendimiento durante el proceso.

Mesclado: se realizó una mezcla del almidón con agua destilada o purificada, evitando que se formen grumos (200gr de almidón por 1 litro de agua destilada) (Benavides & Pozo, 2008), dado que el almidón obtenido es diluido, la cantidad de agua a mezclar se reduce dando una relación de 1:1.

Método 2 (cocción de papa china)

Pelado y lavado: se pelo con un cuchillo de acero inoxidable, donde se retiró la cascara e impurezas del tubérculo usando agua purificada, es una etapa ejecutada con uso

obligatorio de guantes debido a la capacidad de la materia prima para irritar la piel. (Caicedo, Rodríguez, & Valle, 2014)

Cocción: mediante el uso de una cocina de gas se procedió a cocinar por 15 minutos una vez alcanzada la temperatura de 55°C, esta temperatura permitió que el agua no se pierda por evaporación con el exceso de calor.

Triturado: mediante el uso de una bandeja de acero inoxidable y un mazo limpio se aplasto la papa china cocinada formando una masa uniforme.

Una vez especificado las etapas iniciales que tiene el un método con el otro, se realiza una descripción general del resto de las etapas a partir de la gelatinización, para ello hay que tener en cuenta que no importara el tipo de proceso previo que se le dio a la materia prima, las tres siguientes etapas son simultaneas para obtener azucares fermentables.

Proceso complementario

Gelatinización: consistió en obtener una mezcla homogénea por medio de la aplicación de calor a una temperatura de 70°C, dando como resultado una gelatinización del almidón.

Licuefacción: etapa donde se preparó una solución al 30% en peso de almidón y 70% en agua, midiendo el pH inicial y ajustándolo con hidróxido de sodio a 7,6, y se midió los °Brix iniciales de dicha solución, para colocarlo después en baño María y agitar continuamente hasta llegar a 45°C y se adicionó el 1,5 % de enzima alfa – amilasa o añadir lo recomendado por la ficha técnica del insumo. Se calentó y se agitó constantemente la solución y se midió los grados °Brix en intervalos de tiempo cada 10 minutos sin permitir que los valores cambien. (Espinosa, 2017)

Reposo 1: Para que la enzima alfa amilasa actué se realizó un primer reposo por 1 hora, para que la enzima hidrolice los enlaces glucósidos alfa 1,4 de amilasa y amilo pectina. (Benavides & Pozo, 2008)

Sacarificación: se llevó a cabo midiendo el pH y se ajustándolo a 4,5 con ayuda de ácido cítrico y se enfrió hasta llegar a un rango entre 55°C, se colocó 1,5 % en peso de la enzima Gluco amilasa o lo recomendado por la ficha técnica del insumo en la solución. (Espinosa, 2017)

Reposo 2: se dejó durante 1 hora reposar en una temperatura establecida en la estufa.

Inoculación: etapa donde se agregó 2% de levadura, aquí dependerá del tratamiento porque se trabaja con levadura inactiva en grano y levadura activa en bloque, ya sea cualquiera de los dos casos se debe ajustar la temperatura a 35°C y dejar en reposo durante 5 minutos hasta que la levadura se disuelva. (Benavides & Pozo, 2008)

Fermentación: se realizó un llenado en recipientes de plástico de 2 litros de capacidad, previamente modificados con salidas de CO₂ y otra para muestras, se dejó durante 7 días a una temperatura de 18°C.

Decantación: consistió en realizar un trasvasado del mosto a otro recipiente con el fin de eliminar los sedimentos u sólidos.

Destilación: etapa final donde se llevó a un equipo de vidrio con columnas de refrigeración a una temperatura de 78°C, obteniendo alcohol etílico de alto grado (40°-50° GL) mediante arrastre de vapor.

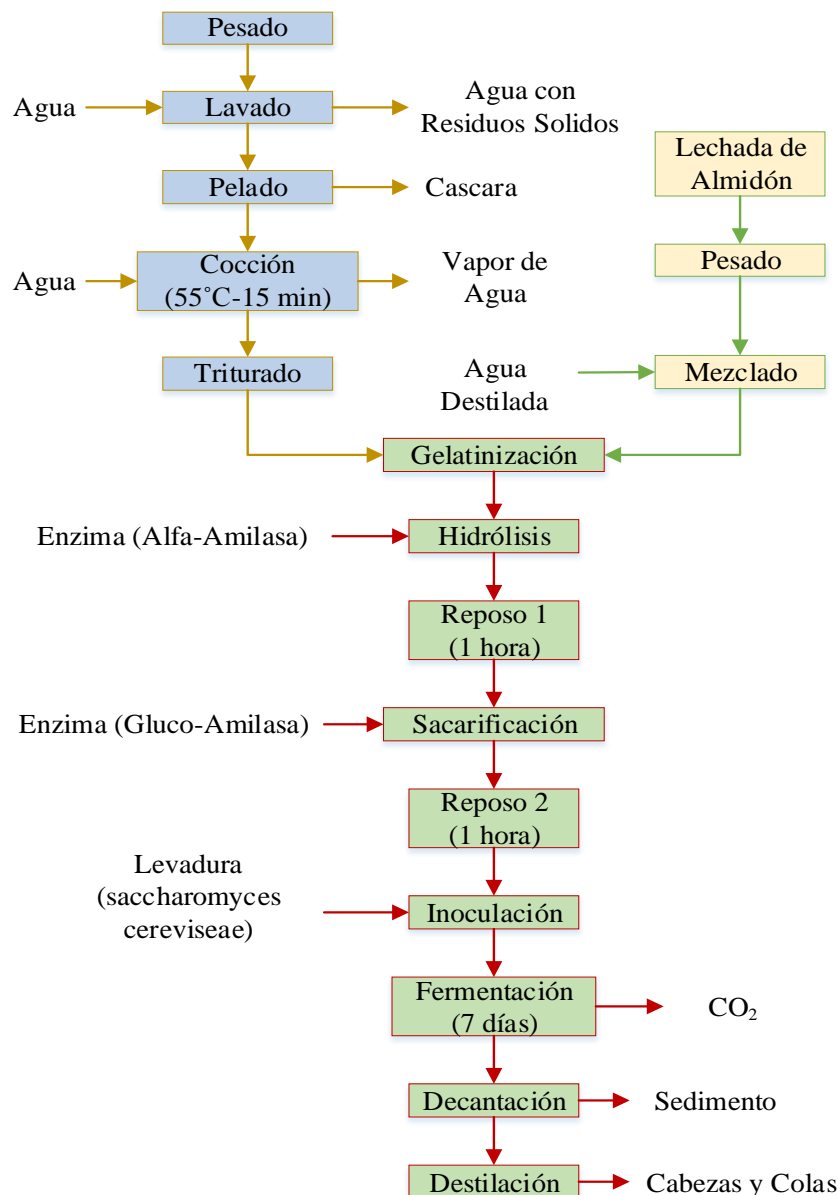


Figura 3 Diagrama de bloques del proceso de obtención de alcohol a base de papa china

Fuente: (Benavides & Pozo, 2008; Espinoza, 2017)

3.6 DETERMINACIÓN DE PARAMETROS QUIMICOS

Los análisis químicos acceden a la verificación de los parámetros de interés en el proceso de elaboración del alcohol, estos se pueden ajustar, hacer cambios y correcciones de los factores como pH, °Brix, densidad, grado alcohólico; que en rangos adecuados permiten mantener el estado de fermentación activo y sano, además de verificar los cambios ocurridos al final del proceso.

3.6.1 pH

El método emitido por la Dirección general de normas (1978) se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro). El procedimiento para obtener una medición real empieza por la homogenización de la muestra, seguido del ajuste de la temperatura a 20°C, además de calibrar el potenciómetro con soluciones que regulen el pH a 4, 7 o 10 según la acidez del producto. Se sumergen los electrodos de manera que se cubra perfectamente en la muestra agitada y a la temperatura ya establecida, realizar la medición, retirar los electrodos los mismos que deben ser lavados con agua destilada. Los resultados se verán expresados directamente en la escala del potenciómetro en pH.

3.6.2 BRIX

El método se basa en el índice de refracción, el mismo que permite una medida precisa de la concentración de azúcares disueltos en una sustancia. La refracción se permite cuando el refractómetro (instrumento usado para el análisis) es expuesto a la luz con la muestra en el prisma, el que admite una medición en una escala de °Brix, esta medida indica la cantidad en porcentaje de sólidos solubles (azúcares) presentes en la muestra objeto de análisis. Para ello es necesario preparar la muestra a analizar por medio de un colado o dilución dependiendo de su densidad, siendo para el segundo de los casos necesario multiplicar por un factor de dilución y la lectura del refractómetro, el procedimiento siguiente a realizar es limpiar el prisma con agua destilada, acto seguido tomar una gota de la muestra y colocarla en el refractómetro, observar la escala y registrar el valor indicado. (Espinoza V. , 2015)

3.6.3 GRADO ALCOHÓLICO

Se refiere a la cantidad de alcohol contenido, se determina directamente con el alcoholímetro. Cuando se tratar de un producto que no contiene cantidades elevadas de sustancias volátiles diferentes a el agua y alcohol etílico, es necesario aplicar a la sustancia un baño maría, caso contrario si la sustancia presenta componentes volátiles en mayores

cantidades es indispensable una destilación para separar el alcohol de los demás componentes, mediante la condensación considerando su temperatura la cual es apta a 78°C, sea cual fuere el caso el líquido obtenido se debe colocar en una probeta de 250ml para continuar con el procedimiento. Para efectuar una buena medición es preciso limpiar y secar cuidadosamente el alcoholímetro, el mismo que será sumergido en la probeta con el líquido hasta que encuentre una posición en equilibrio, para registrar el valor no se debe considerar el menisco que se forma entre el líquido y el instrumento. (Rivera & Valadez, 2017)

3.7 COSTOS DIRECTOS PRELIMINARES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL

Los costos directos preliminares son gastos en los que se incurrirá durante la elaboración de alcohol destilado, que están directamente relacionados con la ejecución del proyecto y no se ha incurrido en costos fijos como arriendo u otros gastos generales.

Estos costos en general se establecen antes de que empiece un proyecto o período de producción, calculados de manera previa, dando como posible conclusión un proceso efectivo de fabricación, dichos costos se dividen en estimados o estándar. (Gómez, 2016)

Costos estimados: son cálculos usados comúnmente en empresas que necesitan dar cotizaciones de sus precios de venta utilizando métodos informales. Estos costos son calculados mediante datos obtenidos en períodos anteriores o experiencias pasadas, para lo cual se recopila informes de costos de los mismos registros contables de la empresa. (Gómez, 2016)

Este costo consistirá en establecer costos unitarios de cada artículo usado en la elaboración de un producto, previamente a su fabricación, dependiendo de su tamaño de producción, como son los costos de los materiales, materias primas, mano de obra y costos indirectos de fabricación.

(Ecuación 1) Costos totales preliminares de la producción de alcohol destilado:

$$CPp = \text{costos directos} + Cif$$

3.7.1 Costos directos o variables

Un costo directo es un precio que puede vincularse directamente a la producción de bienes o servicios específicos. Se puede rastrear un costo directo hasta el objeto de costo, que puede ser un servicio, producto o departamento. (Lenus, 2010)

Los costos directos a menudo son costos variables, lo que significa que fluctúan con los niveles de producción, como en este caso. Para esta etapa de evaluación se tomará en cuenta los materiales que se usaron para obtener el alcohol. A continuación, algunos costos involucrados:

1. Materiales directos o Materias primas directas
2. Mano de obra
3. Servicios de electricidad y combustible

3.7.1.1 Materia prima directa

Constituye todos los insumos esenciales sometidos a procesos de transformación de forma o de fondo con el fin de obtener un producto terminados o semielaborado. Estas materias primas son caracterizadas por ser fácilmente identificables y cuantificables. (Orbe & Jaramillo, 2017)

La estimación de este rubro se llevará a cabo mediante el conocimiento de los elementos de juicio que intervienen en el proceso como son:

Cantidad de materias primas e insumos requeridos para elaborar un producto: para esto será necesario una fórmula que permita determinar el costo real por gramo y mililitro usado en la elaboración del tratamiento.

(Ecuación 2) Costos de materias primas por gramo

- $$\text{Costo por gramo} = \frac{1 \text{ (g o ml)} * \text{Precio de fabrica}}{\text{Cantidad de fabrica}}$$

Una vez calculado el costo por gramo se procederá al cálculo del costo real por la cantidad a usarse mediante una simple operación de producto entre:

(Ecuación 3) Costo total de cantidad usada en gramos

$$\text{Costo total. cantidad usada} = \text{costo por gramo} * \text{cantidad usada}$$

3.7.1.2 Materiales

Estos elementos pueden estar o no directamente relacionados a los costos de elaboración, en todo caso los más comunes en la industria son aquellos que no se pueden cuantificar estrictamente, es decir son usados en el proceso, pero no se identifican como parte de producto terminado, para este costo será necesario establecer los elementos que pertenezcan a esta categoría como son los envases y mangueras.

(Ecuación 4) Cálculo de costo de envases:

$$\text{Costo} = \text{costo por unidad} * \text{numero de envases}$$

(Ecuación 5) Cálculo de costo de manguera:

$$\text{Costo} = \text{costo por metro} * \text{metros usados}$$

3.7.2 Costos Indirectos de Fabricación (CIF)

Se considera como costos indirectos a todo costo que no tienen una relación directa con el producto elaborado, comúnmente este tipo de costos es difícilmente medible con precisión. Para ello se establece elementos simples que se consideran como indirectos dentro del proyecto de evaluación:

- Combustible (Gas)
- Energía eléctrica

3.7.3 Costos preliminares de producción de alcohol destilado

Para lograr establecer costos preliminares totales de fabricación de los tratamientos se deberá plantear previamente el costo de los rubros que intervinieron y mediante fórmula realizar el cálculo del costo por unidad experimental y por mililitro.

(Ecuación 6) Costo por cada unidad experimental:

$$\text{Cost.unid.exp} = \frac{\text{Costo de elaboracion preliminar}}{\text{total unidades experimentales}}$$

(Ecuación 7) Costo por ml de mosto:

$$\text{Cost.por.ml} = \frac{\text{Cost.unid.experimental}}{\text{Cantidad de mosto en ml}}$$

(Ecuación 8) Costo por ml de alcohol destilado:

$$\text{Cost.por.ml alcohol destilado} = \frac{\text{Cost.unid.experimental}}{\text{Cantidad de alcohol destilado en ml}}$$

CAPITULO IV

4 RESULTADOS

4.1 OBTENCIÓN DE ALCOHOL DE PAPA CHINA

4.1.1 Grado alcohólico

Como se puede observar en la tabla 6 referente a los resultados en grado alcohólico donde Los valores de "Prob> F" son inferiores a 0,0500 indican que los términos del modelo son "significativos", en este caso, A, B, AB, AC, ABC son términos significativos del modelo.

Por lo tanto el tiempo de germinación de la papa china es altamente significativo. Lo que quiere decir que el tiempo de germinación afecta directamente al grado alcohólico obtenido al concluir el proceso fermentativo del mosto.

Con respecto al tipo de preparación previa de la papa china el resultado del análisis de varianza es altamente significativo, lo que indica que este factor incide en la producción de alcohol a base de papa china.

El análisis estadístico para el tipo de levadura no es significativo, lo cual demuestra que no importa los niveles de levadura usadas para la obtención de alcohol durante la fermentación del mosto.

Al analizar la interacción entre tiempo de germinación y tipo de preparación se observa un resultado altamente significativo, esto quiere decir que existe un efecto del tiempo de germinación y tipo de preparación en el resultado final en cuanto a grado alcohólico en la fermentación. Algo similar ocurre en la interacción del tiempo de germinación versus tipo de levadura, aunque la significancia es menor, lo que muestra que el tipo de levadura afecta ligeramente a la fermentación, dependiendo del tiempo de germinación de la papa china.

La interacción del tipo de preparación y tipo de levadura no es significativo, es decir la combinación de estos factores no influyen en los grados alcohólicos en el proceso fermentativo.

Al evaluar la triple relación se evidencia que es significativo, que revela una incidencia recíproca entre los tres factores en estudio y el grado alcohólico total producido en la fermentación.

Tabla 6.- ANOVA considerando 3 factores de estudio: Tiempo de germinación tipo de preparación, tipo de levadura y la interacción de los factores, con respecto a la influencia del grado alcohólico

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor	
Modelo	91,96	7	13,14	52,55	< 0.0001	significativo
A-Tiempo germinación	15,04	1	15,04	60,17	< 0.0001	
B-Tipo preparación	57,04	1	57,04	228,17	< 0.0001	
C-Tipo levadura	0,38	1	0,38	1,50	0,2384	
AB	15,04	1	15,04	60,17	< 0.0001	
AC	2,04	1	2,04	8,17	0,0114	
BC	0,38	1	0,38	1,50	0,2384	
ABC	2,04	1	2,04	8,17	0,0114	
Error	4,00	16	0,25			
Total	95,96	23				

Fuente: Elaboración propia

4.2 ANÁLISIS DE TUKEY PARA DETERMINAR LA VARIABLE RESPUESTA Y SU EXPLICACIÓN FENOMENOLÓGICA

En el análisis de Tukey al 5% que se observa en la tabla 7, compara las medias del grado alcohólico con el factor tiempo de germinación, se observa dos clases estadísticas distintos, siendo el nivel dos (10 días de germinación) la variable respuesta para obtener un mejor desempeño en la producción de alcohol. Véliz(2010) indica que en la etapa de germinación se producen las hormonas giberelinas las cuales tienen la capacidad de incrementar la plasticidad de la pared y a su vez sintetizar enzimas α -amilasa, que desdoblan el almidón en glucosa, que será usado como energía para el crecimiento de la plántula. Partiendo de ello se puede aseverar que el tiempo de germinación influye en el grado alcohólico por la producción de azúcares fermentables originados en esta etapa.

Tabla 7.- Resultado de Tukey del factor tiempo de germinación

Tiempo germinación	Medias	N	E.E.
2	2,23	12	0,14 A
1	0,75	12	0,14 B

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba de comparación de medias para el factor B (tipo de preparación de la papa china), de Tukey al 5% muestra dos clases estadísticas distintos como se evidencia

en la tabla 8, donde la variable respuesta, es mediante una preparación en almidón donde se permite obtener una mayor cantidad de alcohol. Se puede decir que en el mosto menos turbio y saturado se logra una mejor actividad para las enzimas y levaduras, que recae en la producción de alcohol, a diferencia de la preparación por cocción que presento una mayor turbidez y saturación tomando un aspecto gelatinoso.

Tabla 8.- Resultado de Tukey del factor tipo de preparación

Tipo de preparación	Medias	n	E.E.
2	3,08	12	0,14 A
1	0,00	12	0,14 B

Fuente: elaboración propia

En la comparación de medias por la interacción A*B (tiempo de germinación y tipo de preparación de la papa china) expuesto en la tabla 9 se evidencia tres estadísticas distintas, donde los mejores resultados se obtienen de la combinación A2, B2; es decir 10 días de germinación y preparado con almidón. Es resultado estadístico es de 4,63° alcohólicos como media.

Tabla 9.- Resultado de Tukey de la Interacción tiempo de germinación por el tipo de preparación

Tiempo germinación por tipo de preparación	Medias	n	E.E.
2 2	4,67	6	0,20 A
1 2	1,50	6	0,20 B
1 1	0,00	6	0,20 C
2 1	0,00	6	0,20 C

Fuente: elaboración propia

Al analizar por Tukey al 5% la interacción A*C (tiempo de germinación y tipo de levadura) como se puede notar en la tabla 10 hay tres clases estadísticas diferentes, en donde las de mejor desempeño en lo referente a grado alcohólico producido durante la fermentación son (A2, C1) y (A2, C2); lo que indicaría que no hay incidencia real de la clase de levadura que interviene en el estudio debido a que las medias una letra en común no son significativamente diferentes, aunque en la tabla 6 de ANOVA se indica que la interacción de los factores es significativo, sin embargo incide el factor tiempo de germinación de 10 días.

Tabla 10.- Resultado de Tukey de la Interacción tiempo de germinación por el tipo de preparación

Tiempo germinación por tipo de levadura		Medias	n	E.E.	
2	1	2,50	6	0,20	A
2	2	2,17	6	0,20	A
1	2	1,17	6	0,20	B
1	1	0,33	6	0,20	C

Fuente: elaboración propia

En la triple interacción A*B*C, al ser comparadas sus medias con Tukey al 5%, como advierte la tabla 11, se puede identificar tres clases estadísticas donde los mejores tratamientos son (A2, B2, C1) y (A2, B2, C2), que estadísticamente son iguales, por lo tanto no importa el tipo de levadura a usar, pero en efecto los factores tiempo de germinación y tipo de preparación son reiterativos en el estudio.

Tabla 11.- Resultado de Tukey de la Interacción tiempo de germinación por el tipo de preparación

Tiempo germinación por tipo de preparación por tipo de levadura			Medias	N	E.E.	
2	2	1	5,00	3	0,29	A
2	2	2	4,33	3	0,29	A
1	2	2	2,33	3	0,29	B
1	2	1	0,67	3	0,29	C
1	1	1	0,00	3	0,29	C
1	1	2	0,00	3	0,29	C
2	1	1	0,00	3	0,29	C
2	1	2	0,00	3	0,29	C

Fuente: elaboración propia

4.3 INFLUENCIA DE LOS FACTORES Y SUS INTERACCIONES EN EL GRADO ALCOHÓLICO

El diagrama de Pareto muestra un estadístico de forma visual, donde los factores de estudio y sus interacciones se encuentran sobre el límite representada con una línea horizontal de color anaranjado presente en la figura 4, misma que ilustra al factor B (TP: tipo de preparación) sobre la segunda línea es decir, este factor influye muy significativamente en la evaluación del estudio; del mismo modo que el factor A (TG: tiempo de germinación) y su interacción A*B, que se hallan a la misma altura, superando la segunda línea, lo que indica que el tiempo de germinación como factor individual de estudio y su interacción con el tipo de preparación intervienen directamente en la producción de alcohol, por su parte el factor

C (TL: tipo de levadura) y su interacción con el factor B se muestran por debajo de la primera línea de color negro, lo que demuestra que no es relevante el tipo de levadura a usarse en la evaluación de producción de alcohol.

La influencia de los factores A y B y su interacción se debe a los procesos bioquímicos que ocurre en la etapa germinativa, debido a la acción de hormonas específicas denominadas giberelinas que se encargan entre varias de sus funciones de sintetizar los almidones, esto dependerá del tiempo de germinación, es decir mayor tiempo, mayor degradación; acompañado a ello del tipo de preparación, ya que este es el medio donde se realiza la actividad de las levaduras, esta debe ser lo menos turbia posible, con los nutrientes y condiciones adecuadas.

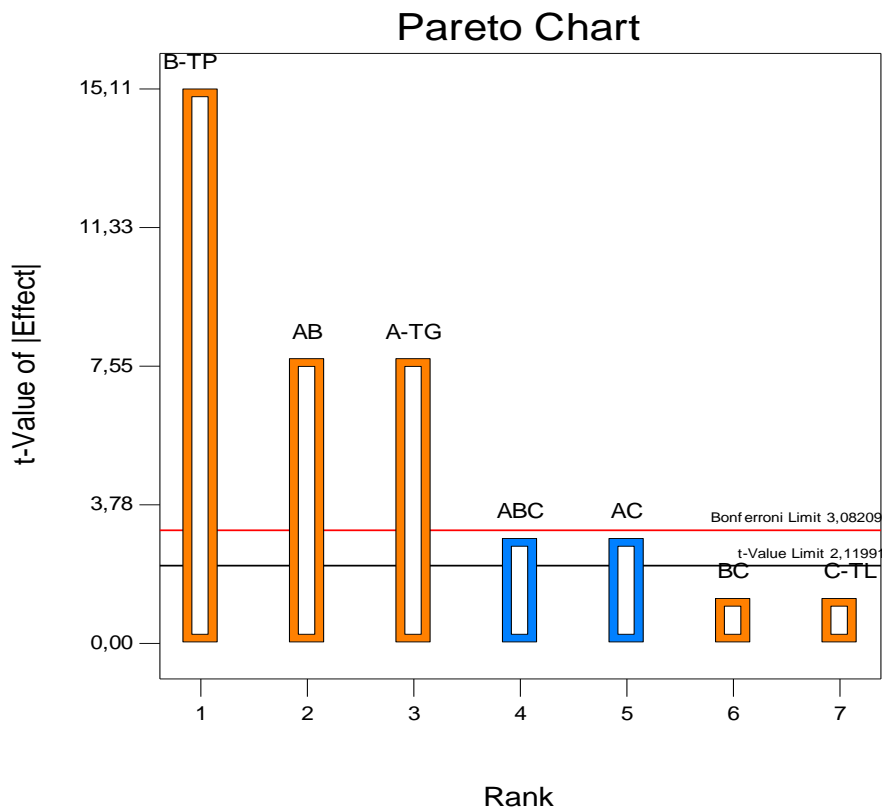


Figura 4.- Diagrama de Pareto del efecto de los factores individuales y sus interacciones en el grado alcohólico

Fuente: Elaboración propia

4.4 CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS ANTES Y DESPUES DE LA FERMENTACIÓN.

Tabla 12.- Parámetros químicos iniciales y finales de los tratamientos.

Registro de Parámetros Químicos					
Tratamientos	Replicas	pH		°Brix	
		Inicial	Final	Inicial	Final
T1	1	4	4	3	3
	2	4	4	3	3
	3	4	4	3	3
T2	1	4	4	3	3
	2	4	4	3	3
	3	4	4	3	3
T3	1	4	3,6	4	1
	2	4	3,7	4	1
	3	4	3,7	4	1
T4	1	4	3,7	4	1,5
	2	4	3,7	4	1,2
	3	4	3,7	4	1
T5	1	3,7	4,3	5,5	2
	2	3,7	4,3	5,5	3
	3	3,7	4,3	5,5	3
T6	1	3,7	3,8	5,5	3,5
	2	3,7	4,2	5,5	3
	3	3,7	4,2	5,5	3
T7	1	3,7	4,9	3	1
	2	3,7	4,9	3	1
	3	3,7	5,1	3	0,5
T8	1	3,7	4,4	3	1
	2	3,7	4,1	3	1,5
	3	3,7	4,1	3	1
Promedio		3,9	4,1	3,8	2,01

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1 pH.

Se considera que el rango de pH para un ambiente óptimo de las levaduras oscila entre 4 y 5 donde estas desarrollarán sus procesos fermentativos, de este modo en cuanto a los valores registrados tanto al inicio como al término de la fermentación del mosto se encontró dentro del rango aceptable, siendo así que el valor inicial promedio de las muestras fue de 3,9 y al término de los 7 días de fermentación se registró un pH promedio de los 8 tratamientos de

4,1, tal como se puede evidenciar en la tabla 12. En efecto el tratamiento con mejor resultado de producción de alcohol es la combinación de los factores de 10 días de germinación, preparado por almidón y levadura en bloque (A2*B2*C1) correspondiendo al tratamiento 7 con un valor de pH de 5, adicional a ello el tratamiento 8 con una combinación de 10 días de germinación, preparado con almidón y levadura granulada (A2*B2*C2) presentó un pH de 4, cabe mencionar que en estos tratamientos se realizó un análisis cualitativo de aldehídos y cetonas donde se evidenció resultados parcialmente positivos, recalcando que son muestras donde se manejaron temperaturas de destilación de alcoholes.

4.4.2 °BRIX

Como se puede observar en la tabla 12, existen una concentración inicial de sólidos solubles (°Brix) bajas, esto debido a que previamente el mosto preparado solo fue sometido a hidrólisis enzimática, la que permitió que los enlaces de carbono se liberen y dando como resultado una porción de azúcares fermentables propias del producto, estos sólidos solubles sirvieron como sustrato de crecimiento y reproducción de las levaduras.

Para mayor comprensión de los cambios por la concentración de sólidos solubles finales se puede observar en la tabla 12, la cual muestra la disminución de los azúcares presentes en el mosto por la actividad de la levadura que se llevó a cabo, lo que indica que la levadura consumió el sustrato de manera exitosa en los tratamientos 7 y 8, mostrando una disminución de 3 °Brix a 0,8 °Brix en el tratamiento 7 y 1,2 °Brix en el tratamiento 8, siendo estos los mejores tratamientos en relación a grado alcohólico.

Cabe señalar que el tratamiento 5 y 6, a pesar que se evidencian mayor presencia de sólidos solubles iniciales, no muestran un descenso de °Brix, es decir la levadura presente en el mosto no consumió en su totalidad los azúcares y por ende los °Brix finales no muestran una disminución importante.

4.5 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS PRELIMINARES

Para una mejor comprensión de los resultados de costos directos que intervienen en el proceso de obtención de alcohol se detallan en la tabla 13, en la cual se evidencia un costo total, tanto en materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación (servicios), una vez planteado cada uno de los costos por unidad y cantidad usada se procedió a la suma de cada uno de los elementos dando un total de \$233,23.

Dentro de este análisis se tomó en consideración cada tipo de costo preliminar previamente mencionado en la metodología de estudio, esto quiere decir que los valores presentados son costos directos o variables, que intervinieron en el proceso de obtención de alcohol, y un

elemento cuantificable como CIF.

Cabe recalcar que estos costos son preliminares, siendo así que no se establece un valor neto de ganancia o beneficio, pero si se establece un costo estándar que permitirá decidir si este tipo de producto es o no rentable.

Tabla 13.- Costos directos o variables

c				
Detalle	Unidad	Precio por unidad (gr)	Cantidad	Total \$
Papa China (<i>Colocasia esculenta</i>)	g	\$0,001	19030	\$10,49
Levadura en bloque (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	g	\$0,01	314,2	\$1,57
Levadura en grano (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	g	\$0,002	314,2	\$0,60
Agua purificada	lt	\$0,13	50	\$6,25
Enzima alfa-amilasa	g	\$1,20	0,4	\$0,48
Enzima gluco-amilasa	g	\$1,20	0,4	\$0,48
Materiales				
Envases de 2lt	Unidad	\$0,30	6	\$1,80
Envases de 3,78lt (galón)	Unidad	\$0,50	18	\$9,00
Manguera (8 mm de Ø)	m	\$0,30	8	\$2,40
Mano de obra directa				
Sueldos	hora	\$ 4,93	40	\$ 197
Servicios				
Energía eléctrica	kWh	\$0,02	8	\$0,16
Combustible (gas)	Unidad	\$3,00	1	\$3,00
Total				\$233,23

Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecido el costo total de materias primas, suministros y combustible, se procede a el cálculo del costo preliminar por cantidad de mosto producido los cuales se presentan en la tabla 14, con un total de 24 unidades experimentales de 1000ml cada una con un costo de \$9,72, estas cantidades fueron obtenidas al final del experimento de estudio.

Tabla 14.- Costo preliminar por unidad experimental

Costos de unidades experimentales				
Unidades experimentales	Cantidad de Mosto por unidad (ml)	Cantidad de Mosto total (ml)	Costo por Unidad	Costo total
24	1000	24000	\$9,72	\$233,23

Fuente: Elaboración Propia

Dentro del costo por ml de alcohol destilado mostrado en la tabla 15, se inició como la toma de una muestra de 250 ml, dando como resultado final del proceso de destilación una cantidad de 6,5ml de alcohol puro, con un costo por ml de \$0,37 y de \$9,72 el costo total de alcohol destilado en 26ml obtenidos en 1000ml.

Tabla 15.- Costo preliminar de alcohol destilado por ml

Costo preliminar de alcohol destilado				
Cantidad Destilada (ml)	Cantidad de Alcohol Destilado (ml)	Total de alcohol Destilado (ml)	Costo por ml de Alcohol Destilado	Costo Total de Alcohol Destilado
250	6,5	26	\$0,37	\$9,72

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo del proyecto de investigación se logró obtener etanol de la papa china germinada, por medio de etapas sucesivas de hidrólisis enzimática, fermentación y destilación, también se debe señalar que los factores de estudio y su variable respuesta identificadas son el tiempo de germinación de 10 días y el tipo de preparación por almidón, las mismas que permiten una transformación de la mayor cantidad de azúcares presentes en el mosto, evidenciándose en el volumen recuperado del destilado, siendo así que se obtuvo 6,5 ml de etanol en una muestra de mosto de 250 ml.

El proceso fermentativo se desarrolló en un ambiente propicio para las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en relación de pH, siendo ajustados a 3,7; para los dos tratamientos y un valor final de 4,9 del tratamiento 7, en el caso del tratamiento 8 el pH fue de 4,2; estos valores son el promedio de las réplicas de cada tratamiento. Cabe señalar que el contenido de grado alcohólico en los mejores tratamientos (T7 y T8), es acorde con los °Brix consumidos, además es necesario mencionar que los tratamientos 5 y 6 con respecto al contenido de °Brix, registraron un mayor valor, siendo así que los 5,5 °Brix de cada tratamiento no se consumió en su totalidad, y en efecto no hubo una mayor producción de alcohol.

Los costos directos totales para la obtención de etanol a partir de la papa china son elevados, con un valor de \$ 233, 33, que incluye, costos de materia prima, materiales, mano de obra y servicios, para un total de 24 unidades experimentales de 1000 ml de mosto, dando un costo final de \$ 9, 72 para una muestra de 26 ml de alcohol destilado, lo cual está por encima del costo actual del mercado que es de \$5,07 por 750mL.

5.2 RECOMENDACIONES

Para lograr la obtención de alcohol a base de papa china (*Colocasia esculenta*), se recomienda una evaluación de varias tecnologías, para la optimización en cuanto al volumen de alcohol obtenido después de la destilación.

Mantener un control estricto de la temperatura a 70 °C para la gelatinización del almidón, 55 °C para la adición de enzimas y a 35 °C en la inoculación de la levadura, complementando lo anterior se debe ajustar el pH a 7 para agregar las enzimas y 3,7 en la incorporación de las levaduras, el control de estos parámetros permite un medio adecuado para la actividad de enzimas y levaduras.

La presencia de CO₂ se evidencia en la formación de burbujas contenidas en la trampa de agua, lo que indica la actividad de la levadura, a partir de ello se recomienda verificar diariamente de manera visual la actividad de CO₂, donde será necesario cesar la fermentación si ya no existe liberación de estos gases, ya que esto indicaría que no existe actividad de la levadura.

Se sugiere evaluar la producción de cetonas y/o aldehídos debido a que se evidenció mediante la aplicación de métodos cualitativos de yodoformo y espejo de plata, que resultaron parcialmente positivos en el tratamiento 8, justificando así un mayor costo en este tipo de producto.

CAPITULO VI

6 BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, S. E. (2015). *Repositorio. UTM*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2865/1/CD000002-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- Ararat, M., Sinesterra, C., & Hernández, C. (07 de 14 de 2014). Valoraciones agronómicas y de rendimiento en la cosecha de "papa china"(Colocasia esculenta L) en el trópico Húmedo colombiano. *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental*, 5, 171. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5590909.pdf>
- Argote, E., Cuervo, R., Osorio, E., Delgado, J., & Villada, H. (27 de 02 de 2015). EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MELAZA CON CEPAS NATIVAS *Saccharomyces cerevisiae*. *Scielo*, 3. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n2/v13n2a05.pdf>
- Barrera, R., & Reyes, J. (2015). *OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL JUGO DE CAÑA PARA OBTENER BIOETANOL EN LA PLANTA PILOTO DE ALCOHOL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA-UNAP*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA , FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA , Perú. Recuperado el 27 de 09 de 2019, de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4160/Richar_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Benavides, I., & Pozo, M. (2008). *Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) utilizando dos tipos de enzimas*. Universidad Técnica del Norte , Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales , Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESIS.pdf>
- Buenaño, C. (2015). *REPOSITORIO, UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO*. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10544/1/Tesis-102%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20326.pdf>
- Caicedo, Rodríguez, & Valle. (01 de 01 de 2014). Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china alimentar cerdos . *REDVET*, 15, 4. Obtenido de file:///C:/Users/Mishu/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_63637992008.pdf
- Cardona, C., Montoya, M., Quintero, J., & Sánchez, Ó. (2005). SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS DE OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ. *Scientia et Technica*, 187.

- Carrera, J., & Mera, I. (15 de 02 de 2005). OBTENCION DE GLUCOSA A PARTIR DE ALMIDON DE YUCA *Manihot sculenta*. *Dialnet*, 2. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117970.pdf>
- Castaño, H., & Mejía, C. (09 de 05 de 2008). PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA UTILIZANDO LA ESTRATEGIA DE PROCESO SACARIFICACIÓN- FERMENTACIÓN SIMULTÁNEAS (SSF). *SCIELO*, 252-253. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v15n2/v15n2a07.pdf>
- Cruz, K. (2012). *Modelado del proceso de hidrólisis enzimática de almidones gelatinizados del fruto de la planta de banano*. Universidad Nacional de Colombia , Escuela de Procesos y Energía, Medellín . Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/7435/1/73007073.2012.pdf>
- Dirección general de normas. (1978). *Determinación pH en alimentos (NMX-F-317-S-1978)*. México. Obtenido de <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF>
- Escobar, J., González, J., Herrera, B., & Lema, N. (2014). Industrialización de la papa china *Colocasia esculenta* (L.) Schott con recubrimiento de chocolate en la provincia de Pastaza. *Revista socioambiental de la Amazonía Ecuatoriana*, 18-19. Obtenido de https://www.uea.edu.ec/wp-content/uploads/2018/07/vol_13_articulo_3.pdf
- Escobar, J., González, J., Herrera, B., Reinoso, J., Casco, M., & Valarezo, G. (01 de 11 de 2014). Industrialización de la papa china *Colocasia esculenta* (L.) Schott con recubrimiento de chocolate en la provincia de Pastaza. *Revista socio ambiental de la Amazonia Ecuatoriana*, 18.
- Espinosa, M. (2017). *OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE MALANGA POR MEDIO DE HIDRÓLISIS Y FERMENTACIÓN DE AZÚCARES*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA, Quito. Recuperado el 17 de 10 de 2019, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9777/1/T-UCE-0017-006-2017.pdf>
- Espinoza, G. (2019). *Comportamiento Térmico de la Colocasia esculenta (papa china)*. Universidad del Azuay , Facultad de Ciencia y Tecnología. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8698/1/14357.pdf>
- Espinoza, V. (2015). *Utilización del jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) como medio de cultivo para la producción de Saccharomyces boulardii L.* Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3185/2/CD0000-28-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- FAO. (2007). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de Guía técnica para producción y análisis de almidon de yuca: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

- FAO. (2008). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*, 13. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i0100s/i0100s.pdf>
- Ferreira, S., Ortiz, E., & Pardo, C. (1990). ESTUDIO QUIMICO BROMATOLOGICO DE LA COLOCASIA ESCULENTA (TARO). *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS QUIMICO-FARMACEUTICAS*(18), 7. Recuperado el 17 de 10 de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/viewFile/56568/55513>
- GADPp. (2014). *Borrador Plan Productivo Provincial de Pastaza* . Obtenido de http://www.pastaza.gob.ec/pdf/plan_productivo_pastaza_borrador.pdf
- Gómez, I. G. (2016). *ACADEMIA.EDU*. Obtenido de <https://www.academia.edu/35809508/GUIACONTABILIDADCOSTOS>
- Hernández, A., Alfaro, I., & Arrieta, R. (s.f.). Microbiología Industrial. En A. Hernández. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=KFq4oEQQjdEC&pg=PA208&dq=etapas+de+la+hidrolisis+del+almidon&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiG0vXI5JLnAhWQylkKHZYsBsgQ6AEIKDAA#v=onepage&q=etapas%20de%20la%20hidrolisis%20del%20almidon&f=false>
- Herrera, A., & Meers, R. (2013). *Diseño de las etapas de hidrólisis de almidón y fermentación para producir bioetanol basado en la respuesta dinámica del sistema*. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería , Cartagena de Indias . Obtenido de <http://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/11227/67/1/DISE%C3%91O%20DE%20LAS%20ETAPAS%20DE%20HIDR%C3%93LISIS%20DE%20ALMID%C3%93N%20Y%20FERMENTACI%C3%93N%20PARA%20PRODUCIR%20BIOTANOL%20BASADO%20EN%20LA.pdf>
- Jimenez, F. (2017). *Guía de Prácticas de Laboratorio*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil. Obtenido de <https://www.studocu.com/en/document/universidad-de-guayaquil/microbiologia/practical/practica-5-hidrolisis-acida-y-enzimatica-del-almidon-grupo-g3-a/3265658/view>
- Lozada, A. (2005). *"PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA CHINA (Colocasia esculenta) UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE PROPAGACION ASEXUAL BAJO CUATRO NIVELES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA*. ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, Ecuador. Recuperado el 17 de 10 de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5423/4/T-ESPE-IASA%20I-002856.pdf>
- Madrid, A., & Esteire, E. (2013). *Ciencia y Tecnología de los Alimentos* . AMV EDICIONES.
- Marín, J. (02 de 2016). *Academia*. Obtenido de Química del almidón : https://www.academia.edu/21607198/Qu%C3%ADmica_del_almid%C3%B3n

- Martínez, J., Otero, M., & Saura, G. (2005). Producción de etanol a partir de diferentes materias primas. Un análisis comparativo. *ICIDCA*, 19. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120661004.pdf>
- Molina, Ruiz, Torres, & Sanchez. (2009). *Determinación de los parámetros hidrolíticos para la producción de jarabes de glucosa a partir de almidón de yuca*. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Química, Bucaramanga. Obtenido de <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/eventos/siquia20130429/siquia2009pos2.pdf>
- Mosquera, S. (20 de 12 de 2016). *REPOSITORIO DSPACE*. Obtenido de http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/530?fbclid=IwAR2m68In9Z8i74q1_LTGd0ELCx1eO8-D9sUvcdz8e-Dj9VhjiUNjba3nAJY
- Mulet, M. (11 de 2012). Automatización de la destilación de alcohol de la UEB destilería de la ronera Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543778001.pdf>
- Pardo, O., Castañeda, J., & Ortiz, C. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Scielo*, 2. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a01.pdf>
- Perez, F., & Pita, J. (1998). *Germinación de Semillas*. España. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Rios, E., & Zelada, H. (2017). *DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE GLUCOSA POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE ALMIDONES DE YUCA (Manihot esculenta), CAMOTE (Ipomoea batatas) Y PAPA (Solanum tuberosum)*. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, Perú. Recuperado el 27 de 09 de 2019, de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1061/BC-TEST-5841.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, A., & Valadez, L. (2017). *Evaluación de los parámetros físico-químicos de control de calidad en los diferentes tipos de rones elaborados en la industria Ron Clásico de Colima, en base a la norma oficial mexicana NOM-142-SSA1/SCFI-2014*. Informe Técnico de Residencia Profesional, Tecnológico Nacional de México, Villa de Álvarez. Obtenido de <https://dspace.itcolima.edu.mx/jspui/bitstream/123456789/1271/1/ANA%20KARINA%20LUIS%20MARTIN.pdf>
- Rodríguez, L., Gallardo, I., Medina, J., Nieblas, C., & Ortiz, W. (2015). Obtención de jarabes dextrinizados mediante hidrólisis enzimática del almidón de sorgo. *Scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000400005
- Ruddy, R. (2017). *“DISEÑO DE UN PLAN ESTRATEGICO PARA MEJORAR LA COMERCIALIZACIÓN DE PAPA CHINA EN EL SECTOR NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, Ecuador. Recuperado el 27 de 09 de 2019, de

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23971/1/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PLAN%20ESTRATEGICO%20PARA%20MEJORAR%20LA%20COMERCIALIZACION%20DE%20PAPA%20CHINA%20EN%20EL%20MERCADO%20NORTE%20DE%20GUAYAQUIL.pdf>

- Songor, M., & Tenesaca, A. (2019). *Extracción y uso de almidón de papa china (Colocasia Esculenta) en la elaboración de productos cárnicos emulsionados*. Universidad de Cuenca , Facultad de Ciencias Químicas , Cuenca . Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32116/2/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Tem, A. (2018). *Caracterización agromorfológica y evaluación del rendimiento de tres cultivares de malanga (Colocasia esculenta, Schott), en Aldea Barrios, Nuevo San Carlos, Retalhuleu*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Ingeniería en Agronomía Tropical, Mazatenango . Recuperado el 17 de 10 de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8842/1/Documento%20de%20graduaci%C3%B3n.pdf>
- Véliz, P. (2010). *Evaluación a la aplicación de giberelina (new gibb 10%), para inducir a la brotación en tubérculos de la papa (Solanum tuberosum)*. Universidad Técnica de Ambato , Cevallos. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4323/1/Tesis-46agr.pdf>

CAPITULO VII

7 ANEXOS

Proceso general de obtención de alcohol



Imagen 1: Germinación de la Papa china



Imagen 2: Pesado de papa china



Imagen 3: Lavado de papa china



Imagen 4: Pelado de papa china



Imagen 5: Picado de papa china



Imagen 6: Molido de papa china



Imagen 7: Cocinado de papa china



Imagen 8: Triturado de papa china cocinada



Imagen 9: extracción de lechada de almidón



Imagen 10: gelatinización de la lechada de almidón



Imagen 11: Inoculación de levadura en bloque



Imagen 12: Pesado de levadura en grano e inoculación



Imagen 13: Fermentación del mosto



Imagen 14: decantación de las muestras

Cuantificación de parámetros químicos

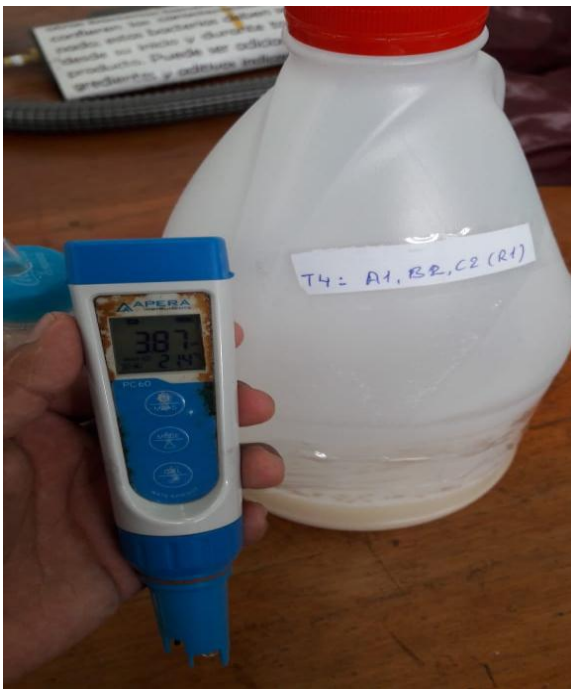


Imagen 15: Lectura de pH



Imagen 16: Lectura de grado Alcohólico de la muestra



Imagen 17: Lectura de °Brix



Imagen 18: Destilación de muestras de 250 ml de mosto

Pruebas de laboratorio

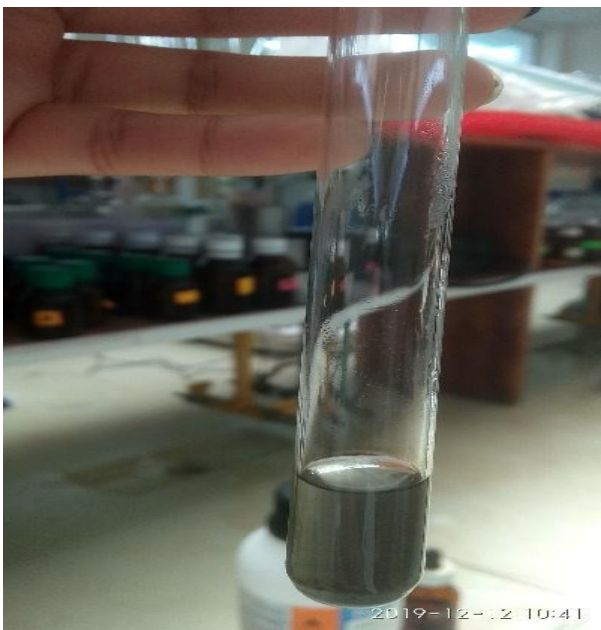


Imagen 19: Prueba de espejo para la determinación de aldehídos



Imagen 20: Prueba de yodo formol para la presencia de cetonas