



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE ETANOL A PARTIR DEL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES
DE PAPA (*Solanum Tuberosum*)**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: CINTHYA LIZBETH RAMIREZ ARIAS

DIRECTOR: Ing. HANNÍBAL LORENZO BRITO MOÍNA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Cinthya Lizbeth Ramirez Arias

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, CINTHYA LIZBETH RAMIREZ ARIAS declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 3 de enero de 2022



Cinthya Lizbeth Ramirez Arias

065005526-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DEL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE PAPA (*Solanum Tuberosum*)**, realizado por la señorita: **CINTHYA LIZBETH RAMIREZ ARIAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MARCO RAUL CHUIZA	2022-01-17
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado digitalmente por HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA DN: C=EC, O=SECURITY DATA S.A. 2, OU=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, CN=AUTORIDAD DE CERTIFICACION SUBCA-2 SECURITY DATA Razón: Soy el autor de este documento Fecha: lunes, 28 de marzo de 2022 10:42:30 p. m.	2022-01-17
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: SILVANA PAOLA OCANA COELLO	2022-01-17

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a Dios, que me permitió culminar con éxito mi tan anhelada carrera, por darme salud y la fuerza para sobreponerme ante las adversidades. A mis padres, en especial a mi mamá, esto es un pequeño presente en honor a la paciencia y esfuerzo de todos estos años. A mi querida abuelita Carmelita, pues sin su amor y apoyo tanto moral como económico no lo habría logrado. A mis hermanos, Enrique y Dayane, que son mi mayor inspiración para lograr este objetivo. Finalmente, a mi ángel que me cuida desde el cielo Papá Carlitos sé que donde quiera que esté, está orgulloso de mí.

Cintha

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la carrera de Ingeniería Química y a su cuerpo docente por los conocimientos impartidos durante mi formación académica, que me ayudaron a crecer a nivel personal y profesional. Al ingeniero Hannibal Brito por su valiosa tutoría y dirección, sin la que este trabajo no hubiera sido posible. A la ingeniera Paola Ocaña por su guía y conocimientos para el desarrollo de este trabajo. A la Ing. Carlita Haro, Dr. Mauricio Álvarez, Dra. Gina Álvarez por compartir su experiencia profesional, ayuda y consejos durante este proceso.

Cintha

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	viii
ANEXOS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1. Identificación del problema	2
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Beneficiarios directos e indirectos	3
1.3.1. <i>Beneficiarios directos</i>	3
1.3.2. <i>Beneficiarios indirectos</i>	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2. <i>Objetivo Específicos</i>	3
1.5. Localización del proyecto	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Marco conceptual.....	6
2.2.1. <i>Papas</i>	6
2.2.1.1. <i>Descripción Taxonómica</i>	6
2.2.1.2. <i>Variedades</i>	6
2.2.1.3. <i>Composición química de la papa</i>	7
2.2.2. <i>Malta de cebada</i>	8

2.2.3.	Almidón	9
2.2.3.1.	<i>Generalidades</i>	9
2.2.3.2.	<i>Composición química</i>	9
2.2.3.3.	<i>Licuefacción</i>	10
2.2.3.4.	<i>Sacarificación</i>	10
2.2.4.	Azúcares Reductores	11
2.2.4.1.	<i>Prueba de Benedict</i>	11
2.2.5.	Destilación	12
2.2.6.	Etanol	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1.	Tipo de estudio	14
3.2.	Métodos y técnicas	14
3.2.1.	Métodos	14
3.2.1.1.	<i>Inductivo</i>	14
3.2.1.2.	<i>Deductivo</i>	14
3.2.1.3.	<i>Experimental</i>	15
3.2.2.	Técnicas	15
3.2.2.1.	<i>Técnicas para la extracción de almidón</i>	16
3.2.2.2.	<i>Técnica para el análisis del almidón</i>	17
3.2.2.3.	<i>Técnicas para el análisis de azúcares reductores en el proceso de hidrolisis</i>	20
3.2.2.4.	<i>Técnicas para el análisis fisicoquímico del etanol</i>	21
3.2.3.	Procedimiento a nivel de laboratorio	21
3.2.3.1.	<i>Selección de la materia prima</i>	21
3.2.3.2.	<i>Obtención de almidón</i>	22
3.2.3.3.	<i>Pruebas preliminares</i>	22
3.2.3.4.	<i>Descripción de las formulaciones para la obtención de etanol</i>	23
3.2.3.5.	<i>Análisis y aprobación del método elegido</i>	27
3.2.4.	Operaciones unitarias	27
3.2.5.	Variables del proceso	28
3.2.6.	Balances de masa y energía	29
3.2.6.1.	<i>Balance de masa de la sección de extracción de almidón</i>	29
3.2.6.2.	<i>Balance de masa de la sección de hidrolisis del almidón</i>	31

3.2.7.	<i>Cálculos de ingeniería</i>	36
--------	-------------------------------------	----

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	41
4.1.	Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de las dos variedades	41
4.1.1.	<i>Contenido de humedad y materia seca del almidón de papa</i>	41
4.1.2.	<i>Contenido de ceniza del almidón de las dos variedades de papa</i>	41
4.1.3.	<i>Índice de absorción, solubilidad y Poder de Hinchamiento del almidón de papa</i>	42
4.1.4.	<i>Determinación del pH</i>	42
4.1.5.	<i>Viscosidad del almidón</i>	43
4.1.6.	<i>Temperatura de gelatinización del almidón</i>	44
4.1.7.	<i>Densidad aparente del almidón</i>	44
4.1.8.	<i>Fibra, proteína, grasa y carbohidratos totales del almidón</i>	45
4.1.9.	<i>Análisis microbiológico del almidón</i>	46
4.2.	Validación del producto obtenido	47
4.3.	Proceso de producción	47
4.3.1.	<i>Materiales y reactivos</i>	47
4.3.2.	<i>Diagrama del proceso de extracción de almidón de papas</i>	48
4.3.3.	<i>Diagrama del proceso de obtención de etanol</i>	49
4.3.4.	<i>Descripción del diagrama del proceso</i>	50
4.3.4.1.	<i>Recepción y selección de materia prima</i>	50
4.3.4.2.	<i>Lavado</i>	50
4.3.4.3.	<i>Pelado y cortado</i>	50
4.3.4.4.	<i>Triturado</i>	50
4.3.4.5.	<i>Filtración</i>	50
4.3.4.6.	<i>Sedimentación y decantación</i>	50
4.3.4.7.	<i>Lavado</i>	51
4.3.4.8.	<i>Sedimentado 2</i>	51
4.3.4.9.	<i>Secado</i>	51
4.3.4.10.	<i>Almacenamiento</i>	51
4.3.4.11.	<i>Mezclado</i>	51
4.3.4.12.	<i>Hidrolisis</i>	51
4.3.4.13.	<i>Maceración</i>	52
4.3.4.14.	<i>Filtrado</i>	52

4.3.4.15.	<i>Mezclado</i>	52
4.3.4.16.	<i>Fermentación</i>	52
4.3.4.17.	<i>Filtrado</i>	52
4.3.4.18.	<i>Destilación</i>	52
4.3.4.19.	<i>Almacenamiento</i>	52
4.4.	Propuesta de diseño	53
4.4.1.	<i>Descripción del proceso</i>	53
4.4.2.	<i>Diagrama del diseño del proceso</i>	54
4.5.	Equipos requeridos para el proceso	55
4.6.	Análisis de costos de producción	56
4.6.1.	<i>Costos de los equipos</i>	56
4.6.2.	<i>Informe de evaluación económica</i>	57
4.6.3.	<i>Costo de producción de 1 litro de etanol</i>	57
4.6.4.	<i>Resumen del capital fijo</i>	57
4.6.5.	<i>Resumen del costo de los materiales utilizados en el proceso</i>	58
4.6.6.	<i>Resumen de los costos de los servicios públicos</i>	58
4.6.7.	<i>Costos de operación anual</i>	59
4.7.	Análisis y discusión de resultados	62
CONCLUSIONES		64
RECOMENDACIONES		65
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Localización del proyecto.....	4
Figura 1-2: Modo de acción de la enzima alfa amilasa	10

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Proceso de extracción de almidón.....	29
Gráfico 2-3:	Proceso de hidrolisis de almidón	31
Gráfico 3-3:	Proceso de fermentación	33
Gráfico 4-3:	Proceso de extracción de almidón.....	34
Gráfico 1-4:	Proceso de obtención de almidón a partir de las variedades de papas	48
Gráfico 2-4:	Proceso de obtención del etanol.....	49
Gráfico 3-4:	Diseño del proceso.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Condiciones meteorológicas de la ciudad de Riobamba	4
Tabla 1-2:	Características de calidad de la Súper Chola.....	7
Tabla 2-2:	Características de calidad de la variedad Gabriela	7
Tabla 3-2:	Composición química de la papa (<i>Solanum Tuberosum</i>)	8
Tabla 4-2:	Factores que influyen en el proceso fermentativo	12
Tabla 1-3:	Extracción del almidón de papa.	16
Tabla 2-3:	Análisis físico químicos del almidón de papa variedad Gabriela y Súper Chola.	17
Tabla 3-3:	Análisis cualitativo de azúcares reductores en el proceso de hidrolisis	20
Tabla 4-3:	Requisitos físico químicos para el etanol	21
Tabla 5-3:	Características generales de las variedades de papas utilizadas	21
Tabla 6-3:	Rendimiento del almidón de las variedades utilizadas	22
Tabla 7-3:	Mezclas de almidón de las variedades analizadas	22
Tabla 8-3:	Tiempo de hidrolisis a partir de las 3 mezclas de almidón	23
Tabla 9-3:	Formulaciones de la materia prima	23
Tabla 10-3:	Materiales, equipos e insumos utilizados en el proceso a nivel de laboratorio	24
Tabla 11-3:	Rendimientos de las etapas del primer método	25
Tabla 12-3:	Rendimientos de las etapas del segundo método.....	26
Tabla 13-3:	Rendimientos de las etapas del tercer método.....	26
Tabla 14-3:	Operaciones del proceso y obtención del producto	27
Tabla 15-3:	Variables del proceso	28
Tabla 16-3:	Datos del proceso de extracción de almidón	30
Tabla 18-3:	Datos del proceso de hidrolisis del almidón.....	31
Tabla 19-3:	Entradas y salidas de cada componente durante el proceso de hidrolisis de almidón	32
Tabla 20-3:	Datos del proceso de fermentación	33
Tabla 21-3:	Entradas y salidas de cada componente durante el proceso de fermentación	34
Tabla 22-3:	Datos del proceso de separación del etanol.....	35
Tabla 23-3:	Entradas y salidas de cada componente durante la separación	35
Tabla 24-3:	Dimensionamiento de los equipos lavadora, molino y peladora	36
Tabla 25-3:	Dimensionamiento del silo.....	36
Tabla 26-3:	Dimensionamiento del decantador.....	36
Tabla 27-3:	Dimensionamiento del compresor.....	37

Tabla 28-3:	Dimensionamiento de los mezcladores	37
Tabla 29-3:	Dimensionamiento de los reactores con agitación.....	37
Tabla 30-3:	Dimensionamiento de los divisores de flujos	38
Tabla 31-3:	Dimensionamiento de los filtros de bandas	38
Tabla 32-3:	Dimensionamiento de los tanques con fondo plano	38
Tabla 33-3:	Dimensionamiento de los fermentadores	39
Tabla 34-3:	Dimensionamiento del secador rotatorio	39
Tabla 35-3:	Dimensionamiento de los intercambiadores de calor	39
Tabla 36-3:	Dimensionamiento de las columnas de destilación	40
Tabla 1-4:	Resultados del análisis de contenido de humedad y contenido de materia seca ..	41
Tabla 2-4:	Resultados del análisis del contenido ceniza	41
Tabla 3-4:	Resultado del IAA, ISA, PH	42
Tabla 4-4:	Resultado del pH.....	42
Tabla 5-4:	Resultado de viscosidad.....	43
Tabla 6-4:	Resultado de la temperatura de gelatinización	44
Tabla 7-4:	Resultado de la Densidad aparente.....	44
Tabla 8-4:	Resultado de la distribución del tamaño de gránulo	45
Tabla 9-4:	Resultado de fibra, proteína, grasas y carbohidratos	45
Tabla 10-4:	Resultado de los análisis microbiológicos.....	46
Tabla 11-4:	Resultado de los análisis fisicoquímicos del etanol obtenido.....	47
Tabla 12-4:	Materiales y reactivos	47
Tabla 14-4:	Etapas del proceso	53
Tabla 15-4:	Equipos requeridos para el proceso.....	55
Tabla 16-4:	Costo de los equipos utilizados en el proceso	56
Tabla 17-4:	Informe de la evaluación económica	57
Tabla 18-4:	Costo de producción de 1 litro de etanol	57
Tabla 19-4:	Resumen del capital fijo.....	57
Tabla 20-4:	Resumen del costo de los materiales utilizados en el proceso	58
Tabla 21-4:	Resumen de los costos de los servicios públicos.....	58
Tabla 22-4:	Resumen de los costos de los servicios públicos.....	59
Tabla 23-4:	Análisis de rentabilidad.....	59
Tabla 24-4:	Análisis de flujo de caja	60
Tabla 25-4:	Desglose del desembolso de capital	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3:	Humedad.....	16
Ecuación 2-3:	Materia Seca.....	17
Ecuación 3-3:	Contenido de cenizas.....	16
Ecuación 4-3:	Densidad aparente del almidón suelto (DAAS).....	17
Ecuación 5-3:	Densidad aparente del almidón empacado (DAAE).....	17
Ecuación 6-3:	Distribución del tamaño del granulo	18
Ecuación 7-3:	Índice de absorción de agua (IAA).....	18
Ecuación 8-3:	Índice de absorción de agua (ISA)	18
Ecuación 9-3:	Poder de hinchamiento (PH)	18

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA
- ANEXO B:** HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA
- ANEXO C:** FERMENTACIÓN
- ANEXO D:** DESTILACIÓN
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE LA VARIEDAD GABRIELA Y SÚPER CHOLA
- ANEXO F:** PRUEBA DE BENEDICT
- ANEXO G:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE LAS 2 VARIEDADES
- ANEXO I:** VALIDACIÓN DEL ETANOL CON LA NORMA NTE INEN 375-3
- ANEXO J:** FICHA TÉCNICA DE LA ENZIMA GAMALPHA SPEZIAL
- ANEXO K:** FICHA TÉCNICA DE LA ENZIMA GAMMADEX CAL

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue diseñar un proceso industrial para la obtención de etanol a partir del almidón de dos variedades de papas (*Solanum Tuberosum*). La extracción del almidón de las dos variedades de papas se realizó mediante el método húmedo, que consiste en triturar la materia prima con agua. Este método desarrolló las siguientes fases para la obtención del almidón: selección de la materia prima, lavado, pelado y cortado, triturado, filtrado, sedimentado, lavado y mezclado, segundo sedimentado, y el secado. Luego, se realizó la hidrólisis enzimática, con las dos etapas que son la licuefacción y la sacarificación, cuyos procesos duraron una hora, utilizando las enzimas *Gamalpha Spezial* y *Gammadex Cal* respectivamente, con lo que se ajusta a las condiciones óptimas de pH y temperatura, para que el almidón se convierta en glucosa. A continuación, se maceró la malta, mediante un proceso térmico con una duración de una hora, a una temperatura de 68, 70°C. Después, se filtró el macerado y se mezcló con el mosto proveniente de la etapa de hidrólisis del almidón. A continuación, se fermentó el mosto final con la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* durante diez días a 34°C en incubadora, se filtró y destiló a 78°C, para su almacenaje. Como resultado, se obtuvo un rendimiento del almidón de la variedad Súper Chola de 12,16% y de la variedad Gabriela 11,14% y se logró el etanol con un grado alcohólico del 71° y un rendimiento del 33,33%. Considerando que el diseño del proceso industrial se llevó a cabo en el simulador de procesos Super Pro Designer, se concluye que dicho diseño no es viable debido a que la recuperación del capital será de 10,55 años. Se recomienda aprovechar la totalidad del tubérculo y ensayar otros tipos de enzimas para mejorar el rendimiento del proceso.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <PAPA (*Solanum Tuberosum*)>, <DISEÑO INDUSTRIAL>, <HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA>, <FERMENTACIÓN >, <DESTILACIÓN >, <ETANOL>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=D000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.01.05 12:12:57 -05'00'



0022-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this work was to design an industrial process to obtain ethanol from the starch of two varieties of potatoes (*Solanum Tuberosum*). The extraction of starch from the two potato varieties was carried out by the wet method, which consists of crushing the raw material with water. This method developed the following phases to obtain the starch: selection of the raw material, washing, peeling and cutting, crushing, filtering, settling, washing and mixing; second, settling, and drying. Then, the enzymatic hydrolysis was carried out, with the two stages of liquefaction and saccharification, whose processes lasted one hour, using Gamalpha Spezial and Gammadex Cal enzymes, respectively, thus adjusting to the optimum pH and temperature conditions for the starch to be converted into glucose. The malt was then mashed, using a thermal process lasting one hour, at a temperature of 68.70°C. The mash was then filtered and mixed with the wort from the starch hydrolysis stage. The final wort was then fermented with *Saccharomyces Cerevisiae* yeast for ten days at 34°C in an incubator, filtered and distilled at 78°C for storage. As a result, a starch yield of 12.16% was obtained for the Super Chola variety and 11.14% for the Gabriela variety, and ethanol was obtained with an alcohol degree of 71° and a yield of 33.33%. Considering that the design of the industrial process was carried out in the Super Pro Designer process simulator, it is concluded that this design is not viable due to the fact that the capital recovery will be 10,55 years. It is recommended to take advantage of the whole tuber and to test other types of enzymes to improve the process yield.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <POTATOE (*Solanum Tuberosum*)>,<INDUSTRIAL DESIGN>, <ENZYMATIC HYDROLYSIS>,<FERMENTATION>, <DISTILLATION>, <ETHANOL>

ANA
GABRIELA
REINOSO
ESPINOSA

Firmado digitalmente
por ANA GABRIELA
REINOSO ESPINOSA
Fecha: 2022.01.10
20:27:34 -05'00'

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto realizó una experimentación en torno a dos variedades de papa (*Solanum Tuberosum*), que son Gabriela y Súper Chola, para la obtención de etanol. La metodología desarrollada fue el método húmedo para la extracción del almidón y la hidrólisis para la obtención del etanol. Este documento se encuentra dividido en varios acápite, que muestran el proceso de la investigación.

En el capítulo I se detalla el diagnóstico del problema en torno a la producción de la papa y el uso que se da como materia prima en cuanto a la industrialización. Además, la justificación del estudio, la localización del proyecto, la población beneficiaria y, los objetivos tanto general como específicos.

En el capítulo II se sustenta teóricamente los términos sobre las variedades de las papas, la hidrólisis, las enzimas, el etanol, la malta, la fermentación alcohólica, la destilación, el almidón y los demás elementos sobre el proceso de industrialización correspondiente a este estudio.

En el capítulo III se indica la metodología de esta investigación, con el tipo de estudio, métodos y técnicas de la investigación, así como los métodos específicos de la extracción del almidón y del etanol, con sus fases y procedimientos.

En el capítulo IV expresa los resultados de cada una de las etapas, con los porcentajes correspondientes al diseño del proceso industrial y al resultado de las pruebas experimentales, de modo que se visualiza mediante tablas y gráficos. Finalmente, se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

En la actualidad, la opción más lógica para la obtención de etanol es a través de la caña de azúcar, por lo que se pretende crear nuevos mecanismos biotecnológicos a partir de cultivos poco tradicionales, como es el caso de la papa, que servirá como una herramienta para competir en el mercado por su costo accesible y fácil adquisición.

En el país se cultiva alrededor de 66.000 hectáreas de papas (Salinas, 2015, pp. 2-5). Según los datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGP) en la provincia de Chimborazo, la producción de este tubérculo bordea las 113.588 toneladas métricas por hectárea (MAGAP, 2015, párr. 4), siendo una de las principales provincias productoras de este tubérculo en el país. La producción de papas en el país es inestable puesto que existen periodos de sobre producción, donde la oferta supera la demanda generando excedentes que en muchas ocasiones se pierden.

1.2. Justificación del problema

Dentro de los productos agrícolas que pueden ser utilizados para obtener etanol, se encuentra la papa, siendo uno de los más prometedores en este ámbito en Ecuador y particular en la provincia de Chimborazo, debido a su alto contenido de hidratos de carbono que se pueden fermentar fácilmente y a los altos rendimientos obtenidos. La presente investigación diseñó un proceso industrial que permita aprovechar la sobreproducción de este tubérculo al utilizar el almidón de dos variedades de papa siendo estas Súper Chola y Gabriela, que son las más consumidas y conocidas a nivel nacional.

Las áreas de la Ingeniería Química de esta investigación fueron: operaciones unitarias, así como balances de masas y energía en cuanto al diseño de equipos; bioquímica, en relación con la actividad enzimática en el proceso de hidrólisis; además de la ingeniería de plantas, en cuanto a la distribución de la planta.

La papa constituye una fuente energética, por su alto contenido de almidón, que puede ser hidrolizado para obtener azúcares fermentados, que es el alimento de las levaduras, que, en un medio anaeróbico, facilitan la producción de etanol. El etanol tiene un amplio uso en las industrias de elaboración de medicamentos y cosméticos, entre otros.

La obtención del etanol podría contribuir a la economía de los agricultores, favoreciendo el uso de la papa de rechazo, de manera que se ocupe toda la producción en distintos ámbitos, con el fin de optimizar todos los recursos, mejorando la calidad de vida de las personas.

1.3. Beneficiarios directos e indirectos

1.3.1. Beneficiarios directos

El beneficiario directo para este proyecto es el sector industrial al desarrollar un nuevo producto, atractivo para los consumidores abriendo nuevos mercados, instaurando nuevas líneas de producción y a la vez promoviendo la creación de nuevas fuentes de empleo.

1.3.2. Beneficiarios indirectos

El beneficiario indirecto será el sector agrícola que produce las variedades de papas utilizadas, porque podrían vender su cosecha a las industrias, sin tener que desperdiciar lo que no pueden vender, en especial durante los periodos de sobreproducción, donde la oferta supera a la demanda.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar un proceso industrial para la obtención de etanol a partir del almidón de papa (*Solanum Tuberosum*).

1.4.2. Objetivo Específicos

- Extraer el almidón de las 2 variedades de papas (*Solanum Tuberosum*) Súper Chola y Gabriela por vía húmeda.
- Validar el etanol obtenido mediante la norma NTE INEN 375-3.
- Realizar los cálculos de ingeniería necesarios para diseñar el proceso de obtención de etanol a partir del experimento con mejor rendimiento.

1.5. Localización del proyecto

El presente proyecto se llevó a cabo en los laboratorios de Investigación, Bromatología, Química Orgánica, Química Instrumental y Procesos Industriales, pertenecientes a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la ciudad de Riobamba en la Panamericana sur Km 11/2, en las coordenadas 1°39'13.4"S 78°40'34.2"W. A continuación, en la tabla 1-5 se muestra las condiciones experimentales.

Tabla 1-1: Condiciones meteorológicas de la ciudad de Riobamba

Nº	Parámetros	Valores Promedios
1	Altitud (msnm)	2758
2	Temperatura (°C)	17,5
3	Humedad relativa (%)	75

Fuente: Climate-Data.org, 2017.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

A continuación, en la figura 1-1 se encuentra la ubicación y la vista geográfica de la Escuela Superior de Chimborazo y de la Facultad de Ciencias donde se desarrolló el presente trabajo de titulación.

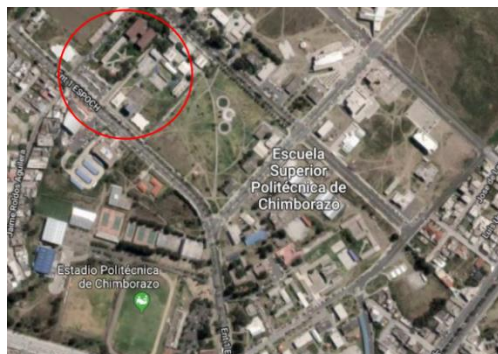


Figura 1-1: Localización del proyecto

Fuente: Google Maps, 2021.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

En el país existen grandes áreas de cultivo de papa mal empleados, considerando también el desperdicio en las zonas de producción debido a problemas con el transporte, por lo que es necesario dar un uso no tradicional a dichos excedentes. En la actualidad, se han realizado los siguientes estudios en el campo de obtención de etanol a partir del almidón de papa y otras fuentes amiláceas.

En cuanto al proceso de obtención de bioetanol a partir de papa peruana, Usucachi (2011), realiza una investigación con la finalidad la producir bioetanol mediante una hidrolisis enzimática, a través enzimas amilasas. Para la fermentación se utilizó una levadura de pan teniendo un rendimiento satisfactorio, obteniéndose etanol del 96%. Además, diseñó un proceso industrial que produce 172000 litros, siendo rentable al tener un tiempo de recuperación de 7.1 años (Usucachi, 2011, pp. 40-80).

En el trabajo de investigación de (Mejía, 2018, pp. 31-50) sobre el efecto de la concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum Tuberosum*) sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol, se extrajo el almidón de estas variedades utilizando 10Kg de cada una, teniendo alrededor de un kilo de cada uno, por lo que el rendimiento oscilaba entre el 12 y 13%. La conversión del almidón a azúcares se realizó mediante una hidrolisis básica y se obtuvo etanol de 55.2 °GL.

En la investigación sobre la evaluación del tiempo de fermentación, porcentaje de levadura y malta en la obtención de etanol a partir de Colocasia esculenta realizada por (Torres y Chavez, 2016, pp. 24-26) tiene como finalidad la obtención de etanol mezclando almidón de pituca y malta, utilizando levadura *Sacchoromyces cerevisiae*, se analizaron varias formulaciones, siendo la escogida de 50% de malta y 50% de pituca, con un porcentaje de levadura al 0.3%, el grado alcohólico obtenido fue de 10°Gl.

Al analizar los artículos sobre trabajos similares al propuesto, se llega a la conclusión de que el tema de “Diseño de un proceso industrial para la obtención de etanol a partir del almidón de dos variedades de papa (*Solanum Tuberosum*)”, se han utilizado otras variedades de papas, diferentes a las propuestas en el presente proyecto. Sin embargo, se determina que la obtención de etanol a partir del almidón de la papa, en sus diferentes variedades, es factible.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Papas

La papa (*Solanum Tuberosum*) es un tubérculo andino, que posee una gran cantidad de carbohidratos, es popular alrededor del mundo puesto que es un alimento versátil que se prepara de distintas formas (Ramirez, 2018, párr. 1-2). En el Ecuador se producen 421.000 toneladas de papas al año. Los expertos consideran que, a causa de las lluvias y el suelo fértil, el país es propicio para cultivar este tubérculo.

2.2.1.1. Descripción Taxonómica

Según (NCBI, 2015) señala que la taxonomía de la papa es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Tuberosum*

Nombre científico: *Solanum Tuberosum*

2.2.1.2. Variedades

Las variedades de papas se clasifican en nativas y mejoradas.

Variedades nativas: Son el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación.

Variedades mejoradas: Se obtuvieron por un proceso de mejoramiento genético, con el fin de darle al tubérculo un mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y buena calidad culinaria.

Las variedades Súper Chola y Gabriela, pertenecen a este grupo.

- Variedad Súper Chola

La variedad Súper Chola se cultiva en zonas desde los 2800 a 3600m de altitud, su maduración se da en 180 días. Las características de esta variedad son: su tamaño mediano; forma elíptica u ovalada; piel rosada y lisa; ojos superficiales; y, su pulpa es amarilla pálida. Se usa para consumo fresco en sopas o purés y para procesamiento como papas fritas en hojuelas y tipo francesa (Torres et al., 2017, párr. 3-4).

Tabla 1-2: Características de calidad de la Súper Chola

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Materia seca (%)	20,92
Gravedad específica	1,08
Azúcares reductores (%)	0,25
Almidón (%)	15,02
Proteína (%)	7,94

Fuente: Torres et al., 2017, párr. 3-4.

Realizado por: Ramírez, Cinthya, 2021.

- *Variedad Gabriela*

La variedad Gabriela se cultiva en las zonas norte y centro desde 2900 a 3200m de altitud, el periodo de maduración es de 180 días. Este tubérculo es de mediano a grande, de forma oval, la piel es rosada intensa y crema alrededor de las yemas, con ojos superficiales, su pulpa es de color crema (Gutiérrez,1998, pp. 97-98).

Tabla 2-2: Características de calidad de la variedad Gabriela

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Materia seca (%)	18,92
Gravedad específica	1,08
Azúcares reductores (%)	0,18
Almidón (%)	12,02
Proteína (%)	8,28

Fuente: Gutiérrez,1998, pp. 97-98.

Realizado por: Ramírez, Cinthya, 2021.

2.2.1.3. *Composición química de la papa*

La papa posee un alto contenido de hidratos de carbono, en mayor parte en forma de almidón y una pequeña porción de fructosa, glucosa y sacarosa. Este tubérculo aporta minerales como fósforo, hierro y magnesio, es una fuente de vitaminas en especial de la vitamina C. En la siguiente tabla se detalla la composición química de la papa.

Tabla 3-2: Composición química de la papa (*Solanum Tuberosum*)

ITEM	CANTIDAD
Energía (Kcal)	135
Proteínas (g)	3,8
Lípidos totales (g)	0,3
Hidratos de carbono (g)	27,5
Fibra (g)	3,1
Agua (g)	77,3

Fuente: Moreira, 2013, pp. 46-48.

Realizado por: Ramírez, Cinthya, 2021.

2.2.2. *Malta de cebada*

La cebada es un alimento rico en carbohidratos especialmente de almidón, siendo un importante aporte energético para el organismo. Los granos de cebada conservan los siguientes componentes: hidratos de carbono como el almidón (65-68%), grasa (2-3%), proteínas (10- 17%), minerales, vitaminas, antioxidantes y fibra soluble e insoluble. La fibra total está entre 11-34% y la fibra soluble entre 3-20%.

Los granos de cebada tostado son útiles para elaborar extractos y bebidas instantáneas, debido a la presencia de compuestos heterocíclicos, dextrinas y azúcares reductores (Villacrés, 2008, pp. 3-4). La cebada contiene almidón insoluble. Por lo tanto, en la elaboración de bebidas se requiere que el almidón se solubiliza para obtener azúcares fermentables, para esto se requiere un proceso de malteado. Este proceso consiste en una germinación controlada de la cebada, deteniéndola mediante un tostado (Raymond, 2003, p. 367).

La malta es un grano de la cebada resultante de un proceso controlado de germinado, secado, desbrotado y desraizado. Posee una gran cantidad de enzimas, las cuales son el resultado del proceso de germinación. Dichas enzimas son las encargadas de convertir el almidón en azúcares durante el proceso de maceración.

Industrialmente existen varios tipos de Malta y se diferencian en las condiciones sometidas durante el proceso de malteado, por lo que conservan características de sabor y color, que se utilizan dependiendo del tipo de cerveza a elaborar. Existen tres tipos de maltas bases: Pilsen, Munich y Viena, que son las más utilizadas.

La malta más utilizada es la Pilsen, porque su color es muy claro y su sabor es suave, obteniendo cervezas rubias con sabores suaves. Por lo contrario, las maltas Munich y Viena, generan cervezas de tonos más oscuros, que pueden llegar a ser rojo claro y de sabores más intensos a Malta.

2.2.3. Almidón

2.2.3.1. Generalidades

El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, proporciona del 70-80% de las calorías consumidas por las personas alrededor del mundo, a diferencia de los demás carbohidratos (Lumitos, 2020, párr. 1).

Los almidones comerciales se obtienen principalmente de las semillas de cereales, especialmente del maíz, trigo, varios tipos de arroz, otra fuente son los tubérculos, particularmente de la papa, batata y mandioca (Bojaca et al., 2011, párr. 2).

Las aplicaciones de este polisacárido en la industria de los alimentos componen una excelente materia prima para modificar la consistencia y textura de los productos. El almidón no solo tiene aplicaciones en el campo alimenticio sino en varios productos como, por ejemplo: adhesivos, explosivos, papel, construcción, textiles, cosméticos, farmacéuticos (Bojaca et al., 2011, párr. 2).

2.2.3.2. Composición química

Químicamente, el almidón consiste en dos polímeros de estructura diferente que son la amilosa en un porcentaje del 24 al 27% y de amilopectina en un porcentaje del 77 al 76%. La amilosa es un polímero de estructura lineal, que puede contener hasta 6000 unidades de D-glucosa unidos mediante enlaces α -1,4; tiene un extremo no reductor y uno reductor. Su peso molecular varía de miles hasta 500,000 Daltons (Cuamatzi, y Melo, 2006, pp. 62-63).

La amilopectina se trata de un polisacárido ramificado, está constituido por unidades de glucosa, enlazadas también por uniones α -1,4; pero con numerosas ramificaciones a través de enlaces α -1,6.

Se piensa que corresponde a las estructuras cristalinas interpuestas entre los anillos de crecimiento (Gutiérrez, 2000, pp. 87-86). El peso molecular de la amilopectina es mayor a la de la amilosa llegando a ser 500,00 o aún mayor.

Estos dos polímeros al tener propiedades físicas y químicas diferentes, inciden en las características de los alimentos en que las intervienen. La amilosa, al tener una estructura lineal, tiende a gelificar en caliente y cuando se enfría precipita como resultado del fenómeno de retrogradación. En cambio, la amilopectina posee una estructura ramificada por lo que suele dar soluciones muy viscosas, siendo incapaz de formar las redes moleculares propias de los geles. (Gutiérrez, 2000, pp. 87-86).

2.2.4. Hidrólisis del Almidón

Es un proceso que tiene por finalidad la transformación del almidón en glucosa. En la hidrólisis enzimática es un método convencional que se lleva en dos etapas primero la licuefacción y finalmente la conversión del almidón en glucosa o sacarificación.

2.2.4.1. Licuefacción

El proceso de licuefacción también conocido como dextrinización, se lleva a cabo a partir de un almidón gelatinizado siendo esto un requerimiento necesario para el tratamiento enzimático.

La enzima utilizada para este proceso es la alfa amilasa generalmente obtenida de bacterias termorresistentes, esta enzima cumple con la función de desdoblar el almidón en moléculas más pequeñas llamadas dextrinas (oligosacáridos compuestos por varias unidades de glucosa) y pequeñas cantidades de glucosa, estas son solubles de baja densidad.

Solo es capaz de desdoblar parcialmente la amilopeptina y el glucógeno debido a que no degrada los enlaces glucosídicos 1-6 que se encuentran en las ramificaciones de la cadena de polisacáridos.

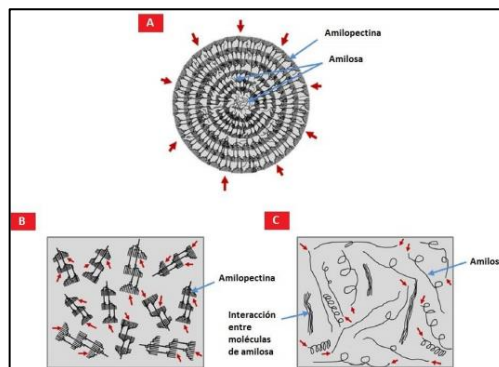


Figura 1-2: Modo de acción de la enzima alfa amilasa.

Fuente: Ramirez, 2014, pp 20-40.

2.2.4.2. Sacarificación:

En el proceso de sacarificación se realiza mediante la acción de la enzima glucoamilasa, el objetivo de esta etapa es convertir las cadenas de azúcar largas triosas, dextrinas y maltosas resultantes de la etapa anterior a D-glucosa, catalizando la hidrólisis de enlaces α -(1.6) glucosídicos de las cadenas del almidón. (Cabrera y Almedia, 2017: pp. 8-9).

2.2.5. Azúcares Reductores

Los azúcares reductores se caracterizan por tener un grupo aldehído o cetona libre, es decir que poseen un grupo carbonilo (C=O) en su estructura. Se considera azúcares reductores a todos los monosacáridos, junto con ciertos disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. (Camacho, 2018, párr. 2-4).

Existen pruebas cualitativas y cuantitativas para determinar la presencia de azúcares reductores. Dentro de las pruebas cualitativas se tiene la prueba de Benedict, reactivo Fehling, que son encontrados normalmente en los laboratorios. A nivel industrial se utilizan equipos de alta tecnología, siendo la técnica cromatográfica HPLC la más empleada (Camacho, 2018, párr. 2-4).

2.2.5.1. Prueba de Benedict

La prueba de Benedict se utiliza para probar carbohidratos simples, identificando monosacáridos, disacáridos (azúcares reductores), que tienen grupo funcionales libres de cetonas o aldehídos. Algunos azúcares como la glucosa se denominan azúcares reductores, porque son capaces de transferir hidrógenos a otros compuestos, un proceso llamado reducción.

Cuando los azúcares reductores se mezclan con el reactivo Benedict y se somete a calentamiento, una reacción de reducción hace que el reactivo Benedict cambie de color. El color varía de verde a rojo oscuro (ladrillo) o marrón oxidado, dependiendo de la cantidad y el tipo de azúcar (Aryal, 2019, párr. 4-10).

El reactivo de Benedict contiene tiocianato de potasio y se utiliza para determinar cuánto azúcar reductor está presente. Esta solución forma un precipitado de tiocianato de cobre que es blanco y se puede utilizar en una titulación. La titulación debe repetirse con solución de glucosa al 1% en lugar de la muestra para la calibración (Aryal, 2019, párr. 4-10).

Interpretación del resultado de la prueba Benedict

La prueba de Benedict es positiva cuando se forma un precipitado rojizo de tres minutos, indicando la presencia azúcares reductores; por el contrario, es negativo cuando no existe un cambio de color. A continuación, se describen otras interpretaciones:

- Si el color al hervir se cambia a verde, entonces habría 0,1 a 0,5 por ciento de azúcar en solución.
- Si cambia de color a amarillo, entonces 0,5 a 1 por ciento de azúcar está presente.
- Si cambia a naranja, significa que 1 a 1,5 por ciento de azúcar está presente.
- Si el color cambia a rojo, entonces 1,5 a 2,0 por ciento de azúcar está presente.

- Y si el color cambia a rojo ladrillo, significa que más del 2 por ciento de azúcar está presente en solución.

2.2.6. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso biotecnológico utilizado por el ser humano desde hace miles de años para la obtención de bebidas alcohólicas como la cerveza o el vino. Cuando la fermentación se emplea en el proceso de producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica, los azúcares liberados durante la hidrólisis son fermentados con la consiguiente producción de etanol y CO₂ (Mantilla, 2012, pp. 14-17).

El proceso de fermentación de monosacáridos obtenidos en los procesos de hidrólisis es transformado hasta etanol con microorganismos como, *Zymomonasmobilis*, *S. Cerevisiae* y *Pichiastipitis* (Aguilar, 2011, pp. 7-8). Existen factores que influyen para que la fermentación se lleve a cabo en condiciones óptimas se presentan en la siguiente tabla

Tabla 4-2: Factores que influyen en el proceso fermentativo

FACTORES	PARÁMETROS	OBSERVACIONES
Levadura	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	La levadura, si es seca, se debe activar a 25°C
Grado brix	16-20	Si los grados brix son inferiores a 16, el grado alcohólico será muy bajo. Por lo contrario, al superar los 20 grados brix la fermentación no se llevará a cabo, debido a que la presión osmótica aumenta no permitiendo que las levaduras influyan sobre los azúcares.
pH	4-4.5	El pH debe ser ácido, las levaduras son más eficientes en este medio.
Temperatura	28-35	Al descomponer los azúcares, se produce una reacción exotérmica. Si la temperatura es baja la fermentación es lenta, si aumenta de los 35°C disminuye la acción de las levaduras y si excede a los 40°C esta se detiene.

Fuente: Escudero y Villareal, 2015, pp 62-63.

Realizado por: Ramírez, Cinthya, 2021.

2.2.7. Destilación

La destilación es una operación que consiste en la separación de los componentes de una solución por diferencia de temperatura, por lo tanto, los componentes más volátiles serán los primeros en separarse denominado destilado y los componentes menos volátiles serán los que quedan en el residuo (Brito, 2001, pp. 4-6). La destilación sencilla consta de un matraz de destilación provisto de un termómetro.

El erlenmeyer descansa sobre una rejilla colocada sobre un aro. El balón de destilación va conectado a un refrigerante por el que circula agua a contra corriente. Finalmente, el extremo inferior del refrigerante se une a una alargadera que conduce el destilado al erlenmeyer colector. Para esta destilación simple se coloca 200 ml de una mezcla compuesta, al 50% agua y 50% alcohol en volumen.

El alcohol que utiliza deberá tener una concentración del 94% luego se procede al calentamiento para lograr la separación de la mezcla por medio de una destilación, es decir, por medio de las diferencias entre el punto de ebullición de cada componente. Al extraer la primera gota, se registra su temperatura y se mide el índice de refracción tanto de residuo como el del destilado (Guerra, 2008, pp. 10-11).

2.2.8. Etanol

El etanol cuya fórmula química es C_2H_6O , es el componente por excelencia de las diversas bebidas alcohólicas existentes. Se extrae de materias primas ricas en azúcares, por medio del proceso de fermentación, posteriormente la destilación, que consiste en la purificación de las bebidas fermentables.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

El presente proyecto denominado Diseño de un proceso industrial para la obtención de etanol a partir de dos variedades de papas (*Solanum Tuberosum*), es de carácter técnico-experimental, por lo cual se manejarán tres métodos que son el inductivo, deductivo y experimental. También, se aplicaron técnicas para la extracción del almidón y los distintos análisis físico-químicos y microbiológicos, tanto del almidón, como del etanol. Por su parte, al tratarse de un proyecto técnico, el tipo de investigación, por la utilidad, es aplicada, puesto que se hace uso de los conocimientos de la ciencia, para resolver un problema concreto en la sociedad.

3.2. Métodos y técnicas

3.2.1. Métodos

3.2.1.1. Inductivo

Este método permitió la recopilación de información obtenida de fuentes bibliográficas, así como normativas vigentes, sobre las materias primas, reactivos, muestras, variables y procedimientos a nivel de laboratorio, necesarias para iniciar con el presente proyecto.

3.2.1.2. Deductivo

Se estudió la normativa FAO 2007 para la producción y análisis del almidón de papa, así como la normativa NTE INEN 375-3 para bebidas alcohólicas de origen agrícola, con el fin de contar con los insumos establecidos por los organismos reguladores a nivel general. De esta manera, se aplicaron los procedimientos y requisitos para el caso particular de las dos variedades de papa propuestas en el proyecto.

3.2.1.3. Experimental

Mediante la aplicación de este método, se desarrolló la parte experimental del proyecto, utilizando los equipos y materiales de laboratorio necesarios para controlar, medir y vigilar las transformaciones de la materia prima en el producto deseado, obteniéndose así parámetros y variables necesarias para determinar el proceso más adecuado para diseñar el proceso industrial.

3.2.2. Técnicas

Las técnicas desarrolladas para este trabajo fueron: la extracción del almidón de las variedades seleccionadas para este estudio; el análisis bromatológico del almidón extraído; y, la determinación de la propiedades físicas y químicas del etanol obtenido mediante la norma NTE INEN 375-3.

3.2.2.1. Técnicas para la extracción del almidón

La extracción del almidón de papa de las dos variedades de papas se realizó a través el método por vía húmeda.

Tabla 1-3: Extracción del almidón de papa.

Materiales y Equipos	Sustancias y Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> - Cuchillos - Probeta de 1000 ml - Cernidor - Recipientes - Tela filtrante - Mortero y pistilo - Balanza digital - Licuadora industrial - Secador de bandejas - Tamices - Fundas ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> - Papas Variedad Gabriela y Súper Chola - Agua Destilada - Metabisulfito de Sodio 	<ul style="list-style-type: none"> - Recepción y selección de los tubérculos verificando que se encuentren sin ningún daño, cumpliendo así con las características adecuadas - Lavado de las variedades de papas a utilizar con el fin de quitar las impurezas. (Mejía, 2018, pp. 31-50) - Pelado y cortado, se elimina la cascara de las papas después se cortan en cubos de 1cm³. (Mejía, 2018) - Licuado, se colocaron 1 kg de papas en la licuadora industrial con 1 litro de agua purificada con 0.005 kg de metabisulfito de sodio, se licuó por 5 minutos. (Mejía, 2018, pp. 31-50) - Filtrado, con una tela filtrante para eliminar las impurezas. - Sedimentado, se coloca en un envase plástico por 3 horas para separar el almidón por efecto de la gravedad (Brito, 2019, pp. 204-203). - Segundo sedimentado, se elimina el sobrenadante, remplazándolo por agua limpia se mezcla, se deja reposar por 3 horas eliminando el sobrenadante. - Secado, el almidón húmedo es colocado en las bandejas en el secador de bandejas a 45 °C por 7 horas (Brito, 2019, pp. 204-203). - Molienda, el almidón seco se muele en un mortero y se tamizo en una torre de tamices. (Brito, 2019, pp. 204-203) - Finalmente se etiquetado y almacena en fundas ziploc, para evitar que absorba humedad y se contamine. (Brito, 2019, pp. 204-203) (Mejía, 2018, pp. 31-50). 	<p>(Brito, 2019, pp. 204-203)</p> <p>(Mejía, 2018, pp. 31-50)</p>

Realizado por: Ramírez, Cinthya, 2021.

3.2.2.2. Técnicas para el análisis del almidón

Tabla 2-3: Análisis físico químicos del almidón de papa variedad Gabriela y Súper Chola

No	Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento	Cálculo	Valores de referencia	Método de Ensayo
1	Humedad y Materia seca	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - crisoles de porcelana o vidrio - Estufa - Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesar los crisoles previamente tarados - Pesar en el crisol 5 g de almidón. - Colocar en la estufa a 80° C durante 24 horas. - Enriar los crisoles en un desecador hasta obtener un peso constante. - Pesar los crisoles con la muestra de almidón seco. - 	<p>Ecuación 1-3: Humedad</p> $\%H = \frac{P_a - P_{as}}{P_a - P_v} * 100$ <p>Ecuación 2-3: Materia Seca</p> <p>% materia seca= 100-(%Humedad)</p> <p>Donde</p> <p>Pa= Peso del almidón</p> <p>Pas= Peso del almidón seco</p> <p>Pv=Peso del crisol vacío</p>	La humedad del almidón debe estar en un rango del 10-13%, mientras que la materia seca debe estar entre 87-90%	(FAO et al., 2007, p. 62)
2	Contenido de Cenizas	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - crisoles de porcelana o vidrio - Mufla - Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesar 5 gramos de almidón en un crisol previamente tarado. - Colocar el crisol en la mufla y calcinar a 550°C por 3 horas - Enfriar el crisol con las cenizas en y desecador hasta obtener peso constante - Pesar el crisol con las cenizas - Calcular la cantidad de cenizas y expresarlas en porcentaje 	<p>Ecuación 3-3: Contenido de cenizas</p> $\%Cenizas = \frac{P_m}{P_c} * 100$ <p>Donde</p> <p>Pm= Peso de la muestra de almidón</p> <p>Pc= Peso de las cenizas</p>	El contenido de cenizas en el almidón no debe exceder el 0.12%	(FAO et al., 2007, p. 91)

3	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Reverbero - Vasos de precipitación de vidrio de 100 y 250 ml - Pinzas de acero inoxidable - Termómetro con escala de 0-100°C 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesar 10 g de almidón disolver en agua destilada y completar a 100 ml - Calentar agua en un vaso de 250 ml a 85°C - Tomar 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitación de 100 ml - Introducir la solución al baño maría a 85°C - Agitar con el termómetro constantemente hasta que la solución de almidón forme una pasta y la temperatura permanezca constante por unos segundos 	Medición directa	La temperatura del almidón debe variar entre 57,7-70°C	(FAO, 2007, p. 72).
4	Densidad Aparente	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Probeta graduada de 25 ml - Embudo - Espátula 	<p>Densidad aparente del almidón suelto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesar la probeta vacía - Adicionar con una espátula una muestra de almidón hasta completar el volumen de la probeta <p>Densidad aparente del almidón empacado</p> <ul style="list-style-type: none"> - En una superficie plana mediante movimientos vibratorios compactar la muestra del almidón hasta que ocupe el mínimo volumen - Medir el volumen de la muestra empacada - Pesar la probeta con la muestra de almidón compactado 	<p>Ecuación 4-3: Densidad aparente del almidón suelto (DAAS)</p> $DAAS \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{P_{as} - P_{pv}}{V_p}$ <p>Ecuación 5-3: Densidad aparente del almidón empacado (DAAE)</p> $DAAE \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{P_{ae} - P_{pv}}{V_p}$ <p>Donde: Pas= Peso del almidón suelto (g) Ppv= Peso de la probeta vacía (g) Pae= Peso del almidón empacado (g) Vp= Volumen de la probeta (ml)</p>	La densidad promedio del almidón es de $1,560 \left(\frac{g}{ml} \right)$	(FAO, 2007, p. 65).
5	Viscosidad de Brookfield	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Viscosímetro Brookfield - Agujas de Brookfield - Vasos de precipitación de 600 ml - Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesar 25 g de almidón, disolver en agua destilada hasta 500 ml - Colocar en un vaso de precipitación de 600 ml y calentar durante 15 min aproximadamente con agitación hasta ebullición - Enfriar el gel a 25 °C y medir la viscosidad con una velocidad de 10 RPM - Reportar el resultado sin decimales en centipoises (cP) 	Medición directa	La viscosidad en los geles a 25 °C debe variar entre 840-1500 cP	(FAO, 2007, p. 66).

		<ul style="list-style-type: none"> - Termómetro 0-100 °C - 				
6	Distribución del tamaño del granulo	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza - Torre de tamices con tapa y fondo 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesarse cada tamiz incluido el fondo, vacíos y limpios - Pesarse 100 g de almidón y colocar en la parte superior del grupo de tamices - Agitar el grupo de tamices durante aproximadamente 10 min, hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior de los tamices sea insignificante - Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón del siguiente tamiz sea insignificante. - Continuar de igual forma hasta que todos los tamices sean removidos - Pesarse cada tamiz y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón 	<p>Ecuación 6-3: Distribución del tamaño del granulo</p> $PNI = P_{ta} - P_{tv}$ $\text{Gran total} = \sum PNI$ <p>Donde PNI= Peso neto inicial P_{ta}= Peso del tamiz con fracción del almidón P_{tv}= Peso del tamiz vacío</p>	<p>El 99% de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla 100 y el 95% a través de un tamiz malla 140</p>	(FAO, 2007, p. 61).
7	Índice de absorción de agua, Índice de solubilidad en agua y Poder de hinchamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Baño maría - Centrifuga - Tubos de centrifuga de 45 ml - Vasos de precipitación de 50 ml - Pipetas graduadas de 10 y 50 ml 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesarse los tubos de centrifuga a 60 °C - Pesarse en los tubos 1,25 g de almidón - Agregar con exactitud 30 ml de agua destilada a 60° C y agitar sin excederse - Centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM durante 30 min - Se debe decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen - En un vaso de 50 ml previamente pesado colocar 10 ml del sobrenadante - Secar el sobrenadante durante toda la noche a 70°C en una estufa - Pesarse el tubo con el gel - Pesarse el vaso de precipitación con los insolubles 	<p>Ecuación 7-3: Índice de absorción de agua (IAA)</p> $IAA = \frac{P_{gel}}{P_m}$ <p>Ecuación 8-3: Índice de absorción de agua (ISA)</p> $ISA = \frac{p_s \times V \times 10}{P_m}$ <p>Ecuación 9-3: Poder de hinchamiento (PH)</p> $PH = \frac{P_{gel}}{P_m - p_s}$ <p>Donde P_{gel}= Peso del gel (g) P_s= Peso de los solubles (g) V= Volumen del sobrenadante P_m= Peso de la muestra de almidón (g)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - IAA: 0,82-15,52 gel/g muestra - ISA: 0,27-12,32% - PH: 0,79 - 15,45 	(FAO et al., 2007, p. 73)

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.2.3. Técnicas para el análisis cualitativo de azúcares reductores en el proceso de hidrolisis

Tabla 3-3: Análisis cualitativo de azúcares reductores en el proceso de hidrolisis

Fundamento	Materiales y Equipos	Sustancias y Reactivos	Procedimiento	Cálculo	Valores de referencia	Método de Ensayo
Prueba de Benedict	<ul style="list-style-type: none"> - Tubos de ensayo - Reverbero - Vaso de precipitación de 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> - Reactivo de Benedict - Solución hidrolizada 	<ul style="list-style-type: none"> - En el vaso de precipitación se coloca agua destilada y se calienta - En un tubo de ensayo se coloca 1 ml de la muestra hidrolizada de la etapa de licuefacción - Colocar 9 gotas del reactivo de Benedict y mezclar - Calentar en baño maría hasta que ocurra un cambio de color - Se repite el mismo procedimiento en la etapa de sacarificación 	Método Cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> - Si el color al hervir se cambia a verde, entonces habría 0,1 a 0,5 por ciento de azúcar en solución. - Si cambia de color a amarillo, entonces 0,5 a 1 por ciento de azúcar está presente. - Si cambia a naranja, entonces significa que 1 a 1,5 por ciento de azúcar está presente. - Si el color cambia a rojo, entonces 1,5 a 2,0 por ciento de azúcar está presente. - Y si el color cambia a rojo ladrillo, significa que más del 2 por ciento de azúcar está presente en solución 	(Aryal, 2019, párr. 4-10)

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.2.4. Técnicas para el análisis fisicoquímico del etanol

Para realizar el análisis fisicoquímico del producto se consideró la norma técnica ecuatoriana para la producción de etanol específicamente la NTE INEN 375-3:2018 (alcohol etílico de origen agrícola) siendo esta la norma vigente en cuanto a los parámetros de calidad que debe cumplir el producto final.

Tabla 4-3: Requisitos físico químicos para el etanol

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	95	-	NTE INEN 340
Acidez total, como ácido acético	mg/100 cm ³ (alcohol absoluto)	-	3,0	NTE INEN 341
Ésteres, como acetato de etilo	mg/100 cm ³ (alcohol absoluto)	-	5,0	NTE INEN 2014
Aldehídos, como etanal	mg/100 cm ³ (alcohol absoluto)	-	2,0	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100 cm ³ (alcohol absoluto)	-	0,01	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (alcohol absoluto)	-	10,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores	mg/100 cm ³ (alcohol absoluto)	-	3,0	NTE INEN 2014

Fuente: Norma NTE INEN 375-3:2018.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.3. Procedimiento a nivel de laboratorio

3.2.3.1. Selección de la materia prima

Para comenzar con el procedimiento experimental a nivel del laboratorio, se recolectaron las dos variedades de papas por muestreo simple, en los mercados de San Francisco y Mayorista de la ciudad de Riobamba. La toma de las muestras fue in-situ, por lo que no se pudo hacer ningún análisis a nivel de laboratorio, de esta manera, se tomaron parámetros de calidad en función de una simple inspección, como es que no presente daños y tenga un grado de madurez avanzada.

Tabla 5-3: Características generales de las variedades de papas utilizadas

PARÁMETROS	VARIEDAD	
	SÚPER CHOLA	GABRIELA
Forma	Ovalada redondeada	Ovalada
Piel	Rosada	Rosado intenso, con puntos crema alrededor de las yemas
Textura	Lisa	Lisa
Pulpa	Amarilla pálida	Crema

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.3.2. Obtención de almidón

La materia prima para este estudio es el almidón, en este caso se utilizaron dos variedades de papas Gabriela y Súper chola, a través del método húmedo. El proceso detallado a continuación, es el mismo para las dos variedades de papas. El primer paso, es el lavado de los tubérculos con la finalidad de eliminar la tierra adherida a la cáscara. Una vez lavadas las papas se retiró la corteza de los tubérculos y se picó en cubos de aproximadamente 1 cm³. A continuación, se trituraron las papas en una licuadora, con una cantidad determinada de agua, junto con metabisulfito de sodio en una concentración de 5 g/l. El resultante del licuado es filtrado, eliminando la pasta y conservando el sobrenadante; enseguida se colocaron en unos envases por 3 horas para permitir la sedimentación del almidón.

Transcurrido este tiempo, se eliminó el sobrenadante, se colocó nuevamente agua limpia, se mezcló y dejó sedimentar por 3 horas más. El almidón húmedo resultante se colocó en bandejas y se secó a 45 °C por 7 horas en un secador con flujo de aire.

Tabla 6-3: Rendimiento del almidón de las variedades utilizadas

PARÁMETROS	VARIEDAD	
	SÚPER CHOLA	GABRIELA
Peso (kg)	5.230	5.340
Peso almidón seco (kg)	0.636	0.595
Desechos (kg)	2.707	2.396
Rendimiento %	12.160	11.142

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.3.3. Pruebas preliminares

Se realizó un estudio preliminar para determinar la mezcla más adecuada de almidón y el tiempo de hidrólisis durante 30 minutos y 60 minutos, en la que se alcance la mayor conversión a azúcares. Este parámetro se midió con un refractómetro.

Tabla 7-3: Mezclas de almidón de las variedades analizadas

Almidón de papa Gabriela	Almidón de papa Súper Chola
60 %	40%
50%	50%
40%	60%

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la siguiente tabla se muestran los ensayos realizados a 200 g de almidón en base al tiempo y las mezclas de almidón establecidas.

Tabla 8-3: Tiempo de hidrolisis a partir de las 3 mezclas de almidón

Muestra		Tiempo (min)	Almidón (Brix)	Licuefacción (Brix)	Sacarificación (Brix)
Almidón Variedad Gabriela (%)	Almidón Variedad Súper Chola (%)				
60 %	40%	30	0,14	22,59	30,14
60 %	40%	60	0,14	33,92	41,53
40%	60 %	30	0,27	19,67	22,19
40%	60 %	60	0.27	28,97	34,50
50%	50%	30	0,44	19,87	20,66
50%	50%	60	0,44	33,93	42,74

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Mediante este ensayo preliminar se determinó que la muestra de 50-50 de los dos almidones utilizados, como también se llega a la conclusión que el tiempo de hidrolisis a trabajar es de 60 minutos para los ensayos de licuefacción y sacarificación, puesto que, en este tiempo se alcanza una mayor cantidad de azúcares fermentables.

3.2.3.4. Descripción de las formulaciones para la obtención de etanol

Para este estudio se establecieron tres formulaciones en las que se varían la cantidad de almidón y malta, puesto que, estas dos materias primas dependen la cantidad de azúcares fermentables que se convertirán en etanol.

Tabla 9-3: Formulaciones de la materia prima

Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
- 200g de almidón	- 100 g de almidón	- 150 g de almidón
- 18 grados brix	- 100 g de malta	- 200g de malta
- 10 g de levadura (Saccharomyces Cerevisiae)	- 18 grados brix	- 18 grados brix
	- 10 g de levadura (Saccharomyces Cerevisiae)	- 10 g de levadura (Saccharomyces Cerevisiae)

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

- Materiales, equipos e insumos de laboratorio

Para el proceso experimental a nivel de laboratorio se utilizaron los siguientes materiales, que se detallan en la tabla 10-3

Tabla 10-3: Materiales, equipos e insumos utilizados en el proceso a nivel de laboratorio

Materiales	Equipos	Insumos
- Vasos de precipitación de 1 L	- pH metro	- Almidón de las dos variedades de papa
- Probeta de 1 L	- Refractómetro	- Malta
- Varilla de agitación	- Equipo de fermentación	- Enzima Gammadex Cal
- Reverbero	- Equipo de destilación simple	- Enzima Gamalpha Spezial
- Termómetro de 0-100		- Ácido cítrico
- Cedazo		
- Pipeta de 5 ml		

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

- *Descripción de la formulación del primer método*

El proceso comienza pesando 200 g de almidón en proporción 50% - 50% es decir 100 g de la variedad Gabriela y 100 g de la variedad Súper Chola, los 200 g de almidón se disolvieron con 1 litro de agua. Para iniciar con el proceso de hidrolisis del almidón se corrige el pH a 6.33 con una solución de ácido cítrico al 50%, ya que en este rango de pH funcionan de forma idónea las dos enzimas responsables de este proceso, se calienta la solución hasta 83 °C para agregar la enzima Gamalpha Spezial dejando reposar por 60 minutos controlando la temperatura. Completada la fase de licuefacción se toma una muestra de 1 ml para realiza una prueba de Benedict dando un color café oscuro lo que demuestra que ha ocurrido una hidrolisis parcial.

Para la última etapa de la hidrolisis se necesita enfriar la solución hasta 60 °C para colocar la enzima Gammadex Cal, se deja reposar por 60 minutos controlando la temperatura. Finalizando este proceso se realiza la prueba de Benedict que da un color naranja lo que nos indica que la hidrolisis de ha completado.

Una vez finalizada la etapa de hidrolisis se corrige tanto el pH y los grados brix para iniciar con el proceso de fermentación, el pH debe estar entre un rango de 4-4,5 mientras que los grados brix a 18. La solución se calienta a 25 °C que es la temperatura idónea para activar la levadura, para esto se tomó una muestra de 50 ml y se agregó 10 g de levadura esperando que empiece a formar espuma. Una vez activada la levadura se inocula con esta el mosto meciendo para oxigenar el mosto, se coloca en el fermentador cerrándolo herméticamente y se deja en la incubadora a 34 °C durante diez días. Finalizado el tiempo de fermentación se mide el volumen del mosto, se filtra el mosto para eliminar las impurezas.

Se arma el equipo de destilación, colocando en el balón de destilación el mosto junto con núcleos de ebullición, se enciende el reverbero controlando que la temperatura no exceda los 72 °C se elimina las primeras gotas del destilado y las últimas gotas. Se mide el grado alcohólico con un alcoholímetro siendo este de 40 °, pero el rendimiento del proceso es de 6%. Se almacena la muestra y se la etiqueta. En la siguiente tabla se presenta el rendimiento de cada etapa del proceso y el rendimiento global del proceso. Para calcular el rendimiento de cada proceso se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Cantidad de materia que sale del proceso}}{\text{Cantidad de materia que entra del proceso}} * 100 \%$$

Tabla 11-3: Rendimientos de las etapas del primer método.

PROCESO	RENDIMIENTO
Rendimiento del proceso de hidrolisis	60%
Rendimiento de la fermentación	95%
Rendimiento del proceso de separación	7,89%
Rendimiento global del proceso	6,29%

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

- *Descripción de la formulación del segundo método*

El proceso comienza pesando 100 g de almidón en una proporción de 50%-50% es decir 50 g de la variedad Gabriela y 50 g de la variedad Súper Chola con 600 ml de agua. Como en el método anterior es necesario corregir el pH a 6.33 para que las enzimas utilizadas durante el proceso de hidrolisis. La solución se calienta hasta 83 °C en baño maría para agregar la enzima Gamalpha Spezial dejando reposar por 60 min controlando la temperatura. Completada la fase de licuefacción se toma una muestra de 1 ml para realiza una prueba de Benedict dando un color café oscuro lo que demuestra que ha ocurrido una hidrolisis parcial.

Para la última etapa de la hidrolisis se necesita enfriar la solución a 60 °C para colocar la enzima Gammadex Cal, se deja reposar por 60 min controlando la temperatura. Finalizando este proceso se realizó la prueba de Benedict que da un color naranja lo que nos indica que la hidrolisis de ha completado.

En este método se decidió adicionar malta para mejorar el rendimiento y aumentar el grado alcohólico, para esto se necesita calentar previamente el agua a 60 °C y se agregan 100 g de malta controlando que la temperatura este entre 68-70 °C se deja reposar 90 minutos para que las enzimas presentes en la malta actúen sacarificando el mosto, después de este tiempo se filtra el mosto y se esteriliza.

Una vez finalizada la maceración se mezclan los mostos de la malta y del almidón de papa. Para comenzar la fermentación se corrige el pH para que este dentro del rango de 4-4,5 y los grados brix a 18 como en el método anterior.

En los procesos de fermentación y destilación se siguen los mismos pasos del método anterior, obteniéndose un etanol de 63° grados alcohólicos con un rendimiento del 12,5%. En la siguiente tabla se detalla el rendimiento de cada proceso y el rendimiento global del proceso.

Tabla 12-3: Rendimientos de las etapas del segundo método

PROCESO	RENDIMIENTO
Rendimiento del proceso de hidrolisis	87,5%
Rendimiento de la maceración	75,20%
Rendimiento de la fermentación	88,57%
Rendimiento del proceso de separación	16,13%
Rendimiento global del proceso	12,5%

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

- *Descripción de la formulación del tercer método*

En este método se ocupa el doble de malta que de almidón para obtener un grado alcohólico mayor con un mejor rendimiento. El proceso inicia pesando 100 g de almidón en una proporción 50-50% es decir 50 g de almidón de la variedad Gabriela y 50 g de la variedad Súper Chola. El almidón es mezclado con 800 ml de agua.

Para iniciar con el proceso hidrolisis se corrige el pH de la solución a 6.33, esta se somete a baño maría hasta alcanzar la temperatura de 83 °C donde se coloca la enzima Gamalpha Spezial dejando reposar por 60 min controlando la temperatura. Para verificar que la licuefacción se ha completado se realiza una prueba de Benedicto por lo que se toma una muestra de 1 ml dando un color café oscuro lo que demuestra que ha ocurrido una hidrolisis parcial.

Para la última etapa de la hidrolisis se necesita enfriar la solución a 60 °C para colocar la enzima Gammadex Cal, se deja reposar por 60 min controlando la temperatura. Finalizando este proceso se realizó la prueba de Benedict que da un color naranja lo que nos indica que la hidrolisis de ha completado.

En este método se ocupa 200 g de malta, como en el caso anterior se precalienta 400 ml de agua a 60 °C y se agregan la malta controlando que la temperatura este entre 68-70 °C se deja reposar 90 minutos para que las enzimas presentes en la malta actúen sacarificando el mosto, después de este tiempo se filtra el mosto y se esteriliza.

Una vez finalizada la maceración se mezclan los mostos de la malta y del almidón de papa. Para comenzar la fermentación se corrige el pH para que este dentro del rango de 4-4,5 y los grados brix a 18 como en el método anterior.

En los procesos de fermentación y destilación se siguen los mismos pasos del método anterior, obteniéndose un etanol de 71 grados alcohólicos con un rendimiento del 33,33%.

Tabla 13-3: Rendimientos de las etapas del tercer método

PROCESO	RENDIMIENTO
Rendimiento del proceso de hidrolisis	80%
Rendimiento de la maceración	75%
Rendimiento de la fermentación	95%
Rendimiento del proceso de separación	32,89%
Rendimiento global del proceso	33,33%

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.3.5. Análisis y aprobación del método elegido

De acuerdo a los análisis realizados y la factibilidad económica se determina que el método que cumple con los parámetros necesarios para la obtención del producto como para la aplicación a escala industrial es el tercer método, debido a que el rendimiento es aceptable y el grado alcohólico obtenido es de 71° GL teniendo una mayor aplicación en la industria como es para fabricación de medicamentos y cosméticos.

3.2.4. Operaciones unitarias

Las operaciones unitarias involucradas en el proceso se describen a continuación en la tabla 14-3.

Tabla 14-3: Operaciones del proceso y obtención del producto

Proceso	Subproceso	Descripción	Variable	Rango
Obtención de almidón	Selección de la materia prima	Cantidad de papas que se recibe para comenzar con el proceso, descartando las papas que presenten defectos.	Grado de maduración de las papas	Óptimo
	Lavado	Se lava los tubérculos para eliminar la tierra y residuos que estas poseen		
	Pelado y cortado	Eliminación de las cascara y disminución del tamaño de los tubérculos		
	Molido	Esta operación consiste en aumentar la superficie de contacto de las papas peladas con agua en proporción 1:1 obteniéndose una mezcla homogénea		
	Filtrado	En esta operación se separa el almidón de la celulosa usando un filtro, después de esto se conserva todo el sobrenadante y se desecha los sólidos que se generaron		
	Sedimentado y decantado	Se deja reposar durante 3 horas para que el almidón se sedimente y se separe del agua eliminando esta.	Tiempo de sedimentación	3 horas
	Secado	Para eliminar el exceso de agua retenida en el almidón en un horno.	Temperatura de secado Tiempo de secado	7 horas 45 °C
Hidrolisis enzimática	Esta operación permite la conversión del almidón en glucosa por vía enzimática	pH	6.33	
		Temperatura de licuefacción	83 °C	
		Temperatura de sacarificación	60 °C	
Macerado	Esta operación consiste en la conversión del almidón de la malta en azúcares fermentables por acción de la temperatura	Temperatura	68-70°C	
		Tiempo	90 min	
Fermentación	Este proceso se realiza en ausencia de oxígeno ya que en este medio las levaduras	Temperatura de fermentación	10 días	

		producen etanol al alimentarse de los azúcares presentes en el mosto	Tiempo de fermentación	34 °C
Destilación		Esta operación consiste en la separación del etanol del mosto fermentado	Temperatura	68-78 °C

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.5. Variables del proceso

A continuación, en la tabla 15-3 se detallan las variables que afectaran a cada operación unitaria necesaria para la producción del producto final.

Tabla 15-3: Variables del proceso

Variables	Tipo de variable	Definición	Método de medición	Etapa del proceso	Parámetro
pH	Dependiente	Medida del grado de alcalinidad o acidez de la muestra	pH metro	Hidrolisis del almidón	6.33
				Fermentación	4-4,5
Temperatura	Independiente	Cantidad de calor que tiene un cuerpo	Termómetro	Secado del almidón	45 °C
				Licuefacción del almidón	83 °C
				Sacarificación del almidón	60 °C
				Maceración	68-70 °C
				Fermentación	34 °C
				Destilación	68-78 °C
Tiempo	Dependiente	Magnitud referente a un periodo en el que se desarrolla una actividad	Cronometro	Sedimentación del almidón	3 horas
				Secado del almidón	7 horas
				Licuefacción del almidón	60 min
				Sacarificación del almidón	60 min
				Maceración	90 min
				Fermentación	10 días
Grados Brix	Dependiente	Cantidad de solidos solubles (azúcares) en la solución	Refractómetro	Fermentación	18

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.6. Balances de masa y energía

Los balances de generales de masa se presentan a continuación por cada sección del diseño como son la extracción de almidón, hidrolisis, fermentación y separación o destilación. Como nos indica la ley de la conservación de materia en la misma que se expresa: Los átomos presentes en la materia no se crean ni se destruyen, solamente se transforma basándonos en esta definición se obtiene la siguiente

Entrada + Salida= Acumulación

Al no haber acumulación se podría deducir como

Entrada = Salida

3.2.6.1. Balance de masa de la sección de extracción de almidón

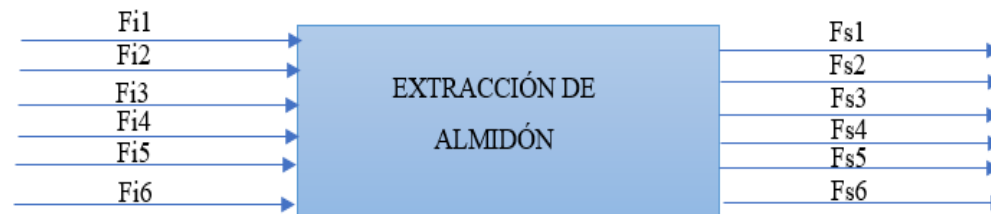


Gráfico 1-3: Diagrama del proceso de extracción de almidón

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 16-3: Datos del proceso de extracción de almidón.

	Fi1	Fi2	Fi3	Fi4	Fi5	Fi6	Fs1	Fs2	Fs3	Fs4	Fs5	Fs6
Código	s-11	s-102	s-106	s-120	s-116	s-126	s-104	s-103	s-121	s-112	s-117	s-118
Flujo másico	2000	5968,226	136,092	182,238	2454,283	422,978	6028,226	546	222,882	1235,662	2945,139	185,909
Almidón	303,8223	0	0	0	0	0	0	0	127,91331	10,85858	0	165,05041
Ceniza	1,394	0	0	0	0	0	0	0	1,07338	0	0	0,32062
Grasa	1,394	0	0	0	0	0	0	0	0,8364	0,40255	0	0,15505
Fibra	4,879	0	0	0	0	0	0	0	2,05413	2,41505	0	0,40983
Otros Sld	60	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
Proteínas	29,971	0	0	0	0	0	0	0	22,47825	6,56581	0	0,92694
RCN	546	0	0	0	0	0	0	546	0	0	0	0
Agua	1052,5397	5968,22595	135,52069	182,23843	0	422,9784	5968,22595	0	68,51494	1214,86868	490,85652	19,03707
Metabisulfito de sodio	0	0	0,57159	0	0	0	0	0	0,01143	0,55116	0	0,009
Aire	0	0	0	0	2454,2826	0	0	0	0	0	2,454,28	0

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 17-3: Entradas y salidas de cada componente durante el proceso de extracción de almidón

	ENTRADA	SALIDA
Flujo másico	11163,817	11163,818
Almidón	303,8223	303,8223
Ceniza	1,394	1,394
Grasa	1,394	1,394
Fibra	4,879	4,87901
Otros Sld	60	60
Proteínas	29,971	29,971
RCN	546	546
Agua	7761,50317	7761,50316
Metabisulfito de sodio	0,57159	0,57159
Aire	2454,2826	2454,2826
Total	11163,8177	11163,8177

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.6.2. Balance de masa de la sección de hidrolisis del almidón.

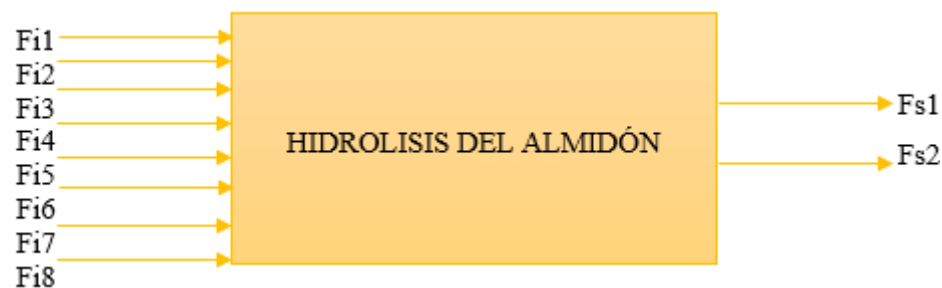


Gráfico 2-3: Diagrama del proceso de hidrolisis de almidón

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 18-3: Datos del proceso de hidrolisis del almidón

	Fi1	Fi2	Fi3	Fi4	Fi5	Fi6	Fi7	Fi8	Fs1	Fs2
Código	s-118	s-146	s-148	s-152	s-156	s-158	s-160	s-163	s-187	s-164
Flujo másico	185,909	136,274	0,008	0,497	2,318	264	10,579	1096,164	4,431	1691,226
Almidón	165,05041	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ceniza	0,32062	0	0	0	0	0	0	0	0,32069	
Ácido cítrico		0	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00384
Enzima Gamalpha Spezial	0	0	0	0,49735	0	0	0	0	2,31766	
Enzima Gammadex Cal	0	0	0	0	2,31766	0	0	0	0,49735	
Grasa	0,15505	0	0	0	0	0	0	0	0,00023	0,15482
Fibra	0,40983	0	0	0	0	0	0	0	0,40942	
Glucosa		0	0	0	0	0	0	0	0,33675	226,09709
Maltosa		0	0	0	0	52	0	0	0,01637	10,99425
Proteínas	0,92694	0	0	0	0	0	0	0	0,00138	0,92556
Agua	19,03707	136,27449	0	0	0	212	10,57907	1096,16417	0,53153	1453,0418
Metabisulfito de sodio	0,009	0	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00899
Solución de pH	0	0	0,0077	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 19-3: Entradas y salidas de cada componente durante el proceso de hidrolisis de almidón

	ENTRADAS	SALIDA
Flujo másico	1695,749	1695,657
Almidón	165,05041	0
Ceniza	0,32062	0,32069
Ácido Cítrico	0	0,00385
Enzima Gamalpha Spezial	0,49735	2,31766
Enzima Gammadex Cal	2,31766	0,49735
Grasa	0,15505	0,15505
Fibra	0,40983	0,40942
Glucosa	0	226,43384
Maltosa	52	11,01062
Proteínas	0,92694	0,92694
Agua	1474,0548	1453, 57333
Metabisulfito de sodio	0,009	0,009
Solución de pH	0,0077	0
TOTAL	1695,74936	1695,65775

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la tabla anterior se muestran los resultados de las entradas y salidas del proceso de hidrolisis, como se puede observar son iguales como especifica la ecuación 2, exceptuando el caso del almidón ya que todo el almidón es convertido en glucosa y parte en maltosa por el proceso de licuefacción y sacarificación por lo que no está presente en la salida del proceso.

3.2.6.1. Balance de masa de la sección de fermentación

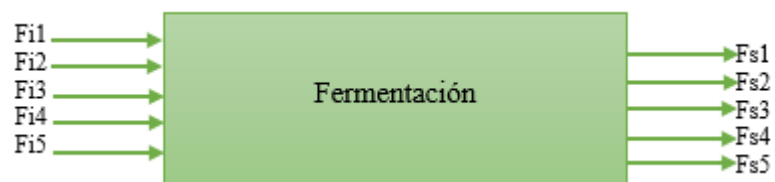


Gráfico 3-3: Diagrama del proceso de fermentación

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 20-3: Datos del proceso de fermentación

	Fi1	Fi2	Fi3	Fi4	Fi5	Fi6	Fi7	Fi8	Fs1	Fs2
Código	s-118	s-146	s-148	s-152	s-156	s-158	s-160	s-163	s-187	s-164
Flujo másico	1691,226	35,352	142,526	215,607	10234,931	30,717	142,085	10334,539	86,702	1725,634
Ácido cítrico	0,00384	0	0	0	0	0	0	0	0,00016	0,00368
Alcohol etílico		0	0	0	0	0	0	0	3,90234	91,37457
Levadura		0	0	0	0	0	0	0	11,92492	0
Grasa	0,15482	0	0	0	0	0	0	0	0,15482	0
Fibra		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glucosa	226,09709	0	0	0	0	0	0	0	0,40509	9,48542
Maltosa	10,99425	0	0	0	0	0	0	0	0,07132	1,6699
Proteínas	0,92556	0	0	0	0	0	0	0	0,92556	0
Agua	1453,0418	0	0	215,60722	0	0	0	0	69,31746	1623,09138
Metabisulfito de sodio	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00037	0,00862
Aire	0	35,3522	142,56004	0	10234,93092	27,514	110,96101	10230,41242	0	0
CO ₂	0	0	0	0	0	3,20308	31,12444	104,12619	0	0
TOTAL	1691,21736	35,3522	142,56004	215,60722	10234,93092	30,71708	142,08545	10334,53861	86,70204	1725,63357
Flujo másico	1691,226	35,352	142,526	215,607	10234,931	30,717	142,085	10334,539	86,702	1725,634

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 21-3: Entradas y salidas de cada componente durante el proceso de fermentación

	ENTRADAS	SALIDA
Flujo másico	12319,642	12319,677
Almidón	0,00384	0,00384
Ceniza	0	95,27691
Ácido cítrico	0	11,92492
Enzima Gamalpha Spezial	0,15482	0,15482
Enzima Gammadex Cal	0	0
Grasa	226,09709	9,89051
Fibra	10,99425	1,74122
Glucosa	0,92556	0,92556
Maltosa	1668,64902	1692,40884
Proteínas	0	0,00899
Agua	10412,84316	10368,88743
Metabisulfito de sodio	0	138,45371
Solución de pH	12319,66774	12319,67675
TOTAL	12319,642	12319,642

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.6.2. Balance de masa de la sección de la etapa de separación

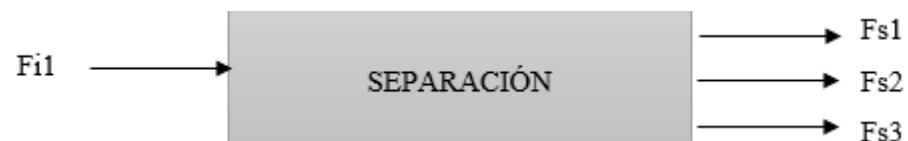


Gráfico 4-3: Diagrama del proceso de extracción de almidón

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021

Tabla 22-3: Datos del proceso de separación del etanol

	Fi1	Fs1	Fs2	Fs3
CÓDIGO	s-180	s-191	s-113	s-188
Flujo másico	1725,634	1391,709	208,753	125,171
Ácido cítrico	0,00368	0,00368	0	0
Alcohol etílico	91,37457	0,91375	1,80922	88,65161
Glucosa	9,48542	9,48542	0	0
Maltosa	1,6699	1,6699	0	0
Agua	1623,09138	1379,62768	206,94415	36,51955
Metabisulfito de sodio	0,00862	0,00862	0	0

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 23-3: Entradas y salidas de cada componente durante la separacion

	ENTRADAS	SALIDA
Flujo másico	1725,634	1725,633
Ácido cítrico	0,00368	0,00368
Alcohol etílico	91,37457	91,37458
Glucosa	9,48542	9,48542
Maltosa	1,6699	1,6699
Agua	1623,09138	1623,09138
Metabisulfito de sodio	0,00862	0,00862
Total	1725,63357	1725,63357

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

3.2.7. Cálculos de ingeniería

Los cálculos de ingeniería fueron realizados con el software para la simulación de procesos SuperPRO Designer, mediante el cual se obtuvieron los siguientes resultados del dimensionamiento de los equipos que requieren el proceso.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las dimensiones de lavadora, molino y peladora

Tabla 24-3: Dimensionamiento de los equipos lavadora, molino y peladora

Equipo	Código	Material de construcción	Rendimiento nominal (kg/h)
Lavadora (Flujo a Granel)	WSH-101	CS	2000
Molino (Flujo a granel)	GR-101	CS	1530,09
Peladora	GBX-101	CS	1940,00

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la tabla 25-3 se presentan los resultados del dimensionamiento del silo de almacenamiento del almidón

Tabla 25-3: Dimensionamiento del silo

Equipo	Código	Material de construcción	Volumen (L)	Diámetro (m)	Altura (m)	Presión de diseño (KPa)
Silo	SL-101	Concreto	17500	2,07	5,18	100

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento del decantador se encuentra se presenta en la tabla 26-3

Tabla 26-3: Dimensionamiento del decantador

Equipo	Código	Material de construcción	Volumen (L)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Presión de diseño (KPa)
Decantador	V-101	SS316	58030	2,45	12,27	152

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento del compresor se da a conocer en la tabla 27-3

Tabla 27-3: Dimensionamiento del compresor

Equipo	Código	Material de construcción	Potencia (kW)
Compresor	G-101	CS	502,58

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento de los 10 mezcladores que se necesitan en el proceso se observa en la tabla 28-3

Tabla 28-3: Dimensionamiento de los mezcladores

Equipo	Código	Material de construcción	Rendimiento nominal (kg/h)
Mezclador (Flujo a granel)	MX-101	CS	1530,09
Mezclador 2 (Flujo a granel)	MX-102	CS	1658,64
Mezclador 3 (Flujo a granel)	MX-103	CS	2000,00
Mezclador 4 (Flujo a granel)	MX-104	CS	845,96
Mezclador 5 (Flujo a granel)	MX-108	CS	322,19
Mezclador 6 (Flujo a granel)	MX-109	CS	322,19
Mezclador 7 (Flujo a granel)	MX-111	CS	673,11
Mezclador 8 (Flujo a granel)	MX-110	CS	406,79
Mezclador 9 (Flujo a granel)	MX-112	CS	1691,23
Mezclador 10 (Flujo a granel)	MX-113	CS	1696,34

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En el proceso se necesitan 3 reactores con agitación sus dimensiones se presentan en la tabla 29-3

Tabla 29-3: Dimensionamiento de los reactores con agitación

Equipo	Código	Material de construcción	Volumen (L)	Diámetro (m)	Altura (m)	Presión de diseño (kPa)
Reactor con agitación	R-101	CS	298,37	0,53	1,33	152
Reactor con agitación	R-102	CS	143,02	0,42	1,04	152
Reactor con agitación	R-103	CS	216,79	0,48	1,20	152

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la tabla 30-3 se observan el dimensionamiento de los 5 divisores de flujos

Tabla 30-3: Dimensionamiento de los divisores de flujos

Equipo	Código	Material de construcción	Rendimiento nominal (kg/h)
Divisor de flujo	FSP-101	SS316	845,96
Divisor de flujo	FSP-103	SS316	88,63
Divisor de flujo	FSP-104	SS316	1.691,23
Divisor de flujo	FSP-105	SS316	625,75

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento de los 3 filtros de bandas se observa en la tabla 31-3

Tabla 31-3: Dimensionamiento de los filtros de bandas

Equipo	Código	Material de construcción	Ancho de banda (m)
Filtro de banda	BF-101	CS	3,05
Filtro de banda	BF-103	CS	0,18
Filtro de banda	BF-104	CS	0,04

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento de los 3 tanques con fondo plano necesarios se da a conocer en la tabla 32-3

Tabla 32-3: Dimensionamiento de los tanques con fondo plano

Equipo	Código	Material de construcción	Volumen (L)	Diámetro (m)	Altura (m)	Presión de diseño (KPa)
Tanque con fondo plano	V-105	SS316	89140	3,57	8,92	151,95
Tanque con fondo plano	V-106	SS316	94050	3,63	9,08	151,95
Tanque con fondo plano	V-107	SS316	7970	1,60	3,99	151,95

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021

En la tabla 33-3 se presenta el dimensionamiento del fermentador para el proceso y los 2 fermentadores de crecimiento de la levadura.

Tabla 33-3: Dimensionamiento de los fermentadores

Equipo	Código	Material de construcción	Volumen (L)	Diámetro (m)	Altura (m)	Presión de diseño (KPa)
Fermentador	FR-101	SS316	298410	5,43	13,34	151,95
Fermentador de germinación de levaduras	SFR-101	SS316	1030	0,81	2,02	151,95
Fermentador de germinación de levaduras	SFR-102	SS316	4160	1,28	3,21	151,95

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento del secador rotatorio se presenta en la tabla 34-3

Tabla 34-3: Dimensionamiento del secador rotatorio

Equipo	Código	Material de construcción	Diámetro del tambor (m)	Longitud de tambor (m)	Capacidad de secado (kg/h)
Secador rotatorio	RDR-101	SS316	1,84	9,21	490,86

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento de los intercambiadores de calor se da a conocer en la tabla 35-3

Tabla 35-3: Dimensionamiento de los intercambiadores de calor

Equipo	Código	Material de construcción	Área de Secado (m ²)
Intercambiador de calor	HX-104	CS	0,15
Intercambiador de calor	HX-105	CS	0,04

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El dimensionamiento de las columnas de destilación se detalla en la tabla 36-3

Tabla 36-3: Dimensionamiento de las columnas de destilación

Equipo	Código	Material de construcción	Número real de etapas	Altura de la columna (m)	Diámetro de la columna (m)	Presión de diseño (kPa)
Columna de destilación	C-101	CS	14	4,20	0,25	150
Columna de destilación	C-102	CS	13	3,90	0,12	150

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de las dos variedades

4.1.2. Contenido de Humedad y materia seca del almidón de las dos variedades de papa

Tabla 1-4: Resultados del análisis de contenido de humedad y contenido de materia seca

Muestra	Repetición	% Humedad	Promedio (% Humedad)	% Materia Seca	Promedio (% Materia Seca)
Almidón de la variedad Gabriela	1	10,26	10,30	89,74	89,70
	2	10,33		89,67	
	3	10,31		89,70	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	10,27	10,24	89,73	89,77
	2	10,24		89,76	
	3	10,19		89,81	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la tabla 1-4 se muestran los resultados de los ensayos de humedad y materia seca. Según indica (FAO et al., 2007, p. 62) la materia seca debe estar en un rango de 87-89%, mientras que el porcentaje de humedad debe estar entre 10-13%. La materia seca y el porcentaje de humedad del almidón de las dos variedades de papas están dentro de lo que establece la norma. El porcentaje de humedad oscila en 10% lo que inhibirá el crecimiento de hongo y levaduras durante el almacenado del producto.

4.1.3. Contenido de ceniza del almidón de las dos variedades de papa

Tabla 2-4: Resultados del análisis del contenido ceniza

Muestra	Repetición	% Cenizas	Promedio
Almidón de la variedad Gabriela	1	0,11	0,11
	2	0,11	
	3	0,10	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	0,12	0,12
	2	0,12	
	3	0,12	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Con base en (FAO et al., 2007, p. 69) el almidón no debe superar el 0.12% de contenido de cenizas. En la tabla 2-4 muestra que el contenido de ceniza del almidón de papa de la variedad Gabriela es de 0,11 y de la variedad Súper Chola está en 0,12, por consiguiente, está dentro de lo que establece la norma.

4.1.4. Índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento del almidón de papa

Tabla 3-4: Resultado del IAA, ISA, PH.

Muestra	Repetición	IAA (g gel/ g muestra)	Promedio (g gel/ g muestra)	ISA	Promedio (%)	PH (%)	Promedio (%)
Almidón de la variedad Gabriela	1	9,49	9,73	5,28	5,79	9,95	10,09
	2	9,98		5,04		10,22	
	3	9,73		7,04		10,09	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	10,03	10,29	10,08	9,52	10,53	10,79
	2	10,55		10,08		11,05	
	3	10,29		8,40		10,79	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la tabla 3-4 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos que están relacionados entre sí, porque miden la capacidad de absorción de agua del granulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón, a medida que aumenta la temperatura de las suspensiones de almidón (Guadalupe et al., 2017, p. 45). Según (FAO et al., 2007, p. 73-74) el índice de absorción de agua (IAA) debe estar en un rango de 0,82-15,52 g gel/ g muestra, el índice de solubilidad de agua (ISA) está en 0,27-12,32% y el poder de hinchamiento está en 0,79-15,45.

4.1.5. Determinación del pH

Tabla 4-4: Resultado del pH

Muestra	Repetición	pH	Promedio
Almidón de la variedad Gabriela	1	6,70	6,71
	2	6,71	
	3	6,71	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	6,75	6,76
	2	6,76	
	3	6,78	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El pH del almidón como afirma la norma (NTE INEN 1456, 2013, pp. 2-3) debe estar entre 5,0-7,0. En la tabla 45-4 se presenta que el pH del almidón de papa de la variedad Gabriela es de 6,71 y de la variedad Súper Chola es de 6,76, por lo tanto, los dos almidones de papa analizados cumplen con lo que establece esta norma.

4.1.6. Viscosidad del almidón

En la siguiente tabla se muestran los resultados del ensayo de Viscosidad Brookfield, para el cual se utilizó la aguja SPL 4 para el almidón de papa Gabriela y para el almidón de papa Súper Chola la aguja SPL 3

Tabla 5-4: Resultado de viscosidad

Muestra	Repetición	Viscosidad Cp	Promedio
Almidón de la variedad Gabriela	1	3621,60	3578,87
	2	3444,50	
	3	3670,50	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	4321,80	4263,65
	2	4205,50	
	3	4263,65	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

La norma (FAO et al., 2007, p.66) explica que la viscosidad debe estar en un rango de 840-1500 cP, por lo tanto, el almidón de papa variedad Gabriela y Súper Chola no están dentro de lo que exige la norma, puesto que es específica para el almidón de yuca, que posee diferentes características y comportamiento al almidón de papa.

Citando a (Vargas et al., 2016: pp, 223-230), en su artículo “Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación” indica que la viscosidad del gel de almidón de papa nativo, está dentro de 5429-25000 cP a 10 rpm a 25 °C, que varía dependiendo de la variedad de papa y las condiciones de extracción. De acuerdo con esta investigación, la viscosidad de almidón de papa Gabriela es de 3578,87 cP y Súper Chola es de 4263,65 cP, por lo que se encuentra dentro de los parámetros de este estudio que se realizó bajo las mismas condiciones.

4.1.7. Temperatura de gelatinización del almidón

Tabla 6-4: Resultado de la temperatura de gelatinización

Muestra	Repetición	Temperatura de gelatinización	Promedio
Almidón de la variedad Gabriela	1	66,00	66,33
	2	66,00	
	3	67,00	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	69,00	68,33
	2	68,00	
	3	68,00	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

La temperatura de gelatinización como lo indica la norma (FAO, 2007, p. 72), debe oscilar entre 57,5-70° C. El almidón de la variedad Gabriela es de 66,33 y de la variedad Súper Chola es de 68,33 por lo que está dentro del rango que exige la norma.

4.1.8. Densidad aparente del almidón

Tabla 7-4: Resultado de la Densidad aparente

Muestra	Repetición	Densidad aparente del almidón suelto (g/ml)	Promedio (g/ml)	Densidad aparente del almidón compacto (g/ml)	Promedio (g/ml)
Almidón de la variedad Gabriela	1	0,83	0,81	0,92	0,91
	2	0,80		0,91	
	3	0,80		0,91	
Almidón de la variedad Súper Chola	1	0,80	0,80	0,88	0,89
	2	0,81		0,90	
	3	0,81		0,90	

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

En la tabla anterior se presentan los resultados de la densidad aparente del almidón suelto y compacto de las variedades utilizadas, dichos resultados cumplen con lo establecido por la norma (FAO et al., 2007, p. 65) porque debe tener una densidad promedio de 1,560 g/ml.

4.1.9 Distribución del tamaño de gránulo

Tabla 8-4: Resultado de la distribución del tamaño de gránulo

No	Tamiz (µm)	Almidón de la variedad Gabriela (%)	Almidón de la variedad Súper Chola (%)
1	425	9,26	5,9
2	300	7,19	4,63
3	150	5,25	31,59
4	106	22,33	24,05
5	53	41,57	31,72
6	Fondo	14,4	2,11
Total		100	100

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

La norma (FAO et al., 2007, p. 67) nos indica que el 99% del almidón deben pasar por el tamiz de malla 100 o el 95% pasar a través de un tamiz de malla 140 (106 µm). La mayoría del almidón de las variedades utilizadas pasan por la malla 106 µm, pero no el 95% por lo que no se cumple con este requisito.

4.1.10. Fibra, proteína, grasa y carbohidratos totales del almidón

Tabla 9-4: Resultado de fibra, proteína, grasas y carbohidratos

Muestra	Ensayo	Valor (%)
Almidón de la variedad Gabriela	Fibra	0,26
	Proteína	0,23
	Grasa	0,12
	Carbohidratos totales	99,39
Almidón de la variedad Súper Chola	Fibra	0,27
	Proteína	0,35
	Grasa	0,06
	Carbohidratos totales	99,32

Fuente: Laboratorio de SAQMIC.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

La fibra del almidón de papa Gabriela es de 0,26 mientras que el de la papa Súper Chola es de 0,27, en el estudio realizado por (Izarras et al., 2012, pp. 38-40) menciona que la fibra debe estar entre 0,13-0,30%. (Gutiérrez, 1980) menciona que el contenido de fibra en el almidón es deficiente; esto se debe a varios factores como la fuente de obtención y el estado de madurez ya que a mayor grado de madures del tubérculo mayor será su contenido en fibra.

El contenido de proteína presente en el almidón de papa Gabriela 0,23 y el de la papa Gabriela es de 0,35, estos valores están dentro del rango presentes en almidones nativos de distintas variedades de papas como lo menciona (Melian, 2010, pp. 50-56) que va desde 0,12-0,59 %. (Peña, 2007). sostiene el porcentaje de proteína en el almidón no debe superar el 5%, valores mayores a este influyen en la viscosidad del almidón y le otorga una capacidad de forma espuma. El contenido grasa del almidón de la variedad de Gabriela 0,12% y variedad Súper Chola 0,06%, presentan valores menores a los expresados por (Vargas et al., 2016, pp. 223-230) de 0,30% y de 0,35% en las variedades analizadas en el estudio de (Melian, 2010, pp. 50-56) en el que destaca que el contenido de grasa puede influye sobre el comportamiento reológico de los almidones y en efecto disminuye la viscosidad y la fuerza de la pasta.

4.1.11. Análisis microbiológico del almidón

Tabla 10-4: Resultado de los análisis microbiológicos

Muestra	Ensayo	Valores de referencia UFC/g	Resultados UFC/g
Almidón de la variedad Gabriela	Coliformes Totales	-	20
	Coliformes Fecales (<i>Esecherichia Coli</i>)	<10	Ausencia
	Mohos y Levaduras	< 1 000- 5 000	Ausencia
	Aerobios mesófilos	200 000-300 000	80
Almidón de la variedad Súper Chola	Coliformes Totales	-	Ausencia
	Coliformes Fecales (<i>Esecherichia Coli</i>)	<10	Ausencia
	Mohos y Levaduras	< 1 000- 5 000	Ausencia
	Aerobios mesófilos	200 000-300 000	60

Fuente: Laboratorio de SAQMIC.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El almidón de las dos variedades analizadas se encuentra dentro del rango que nos indica la norma (FAO et al., 2007, pp. 95-98), lo cual es un indicador de la calidad de la materia prima.

4.2. Validación del producto obtenido

Tabla 11-4: Resultado de los análisis fisicoquímicos del etanol obtenido.

Parámetros	Resultado	Mínimo	Máximo	Unidad
Grado alcohólico	71	95	-	°GL
Acidez	2.09	-	3,0	mg/100 cm ³ AA
Esteres	0.68	-	5,0	mg/100 cm ³ AA
Furfural	<0.96	-	2,0	mg/100 cm ³ AA
Metanol	<0.01	-	0,01	mg/100 cm ³ AA
Alcoholes superiores	<0.04	-	10,0	mg/100 cm ³ AA
Aldehídos	<0.01	-	3,0	mg/100 cm ³ AA

Fuente: Multyanalítica.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

El producto obtenido se validó por medio de la norma NTE INEN 375-3. Bebidas alcohólicas de origen agrícola. Requisitos. Los resultados de dicho producto concuerdan con lo que exige la norma, exceptuando el grado alcohólico.

4.3. Proceso de producción

Se seleccionó un proceso continuo para la obtención de etanol a partir del almidón de las dos variedades de papas, esto debido a que la muestra a destilar necesita pasar por un proceso previo de hidrolisis, fermentación por lo cual se tiene presente estos detalles para el diseño del proceso.

4.3.1. Materiales y reactivos

En la siguiente tabla se detallan los materiales, reactivos utilizados durante el proceso a nivel industrial

Tabla 12-4: Materiales y reactivos

REACTIVOS Y MATERIALES	CANTIDAD (Kg/h)
Papa Gabriela	697.000
Papa Súper Chola	697.000
Malta	52.000
Metabisulfito de sodio	0.572
Ácido cítrico	0.008
Agua	8,379.588
Aire	12,867.125
Enzima Gamalpha Spezial	0.497
Enzima Gammadex Cal	2.318

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.3.2. Diagrama del proceso de extracción de almidón a partir de papas.

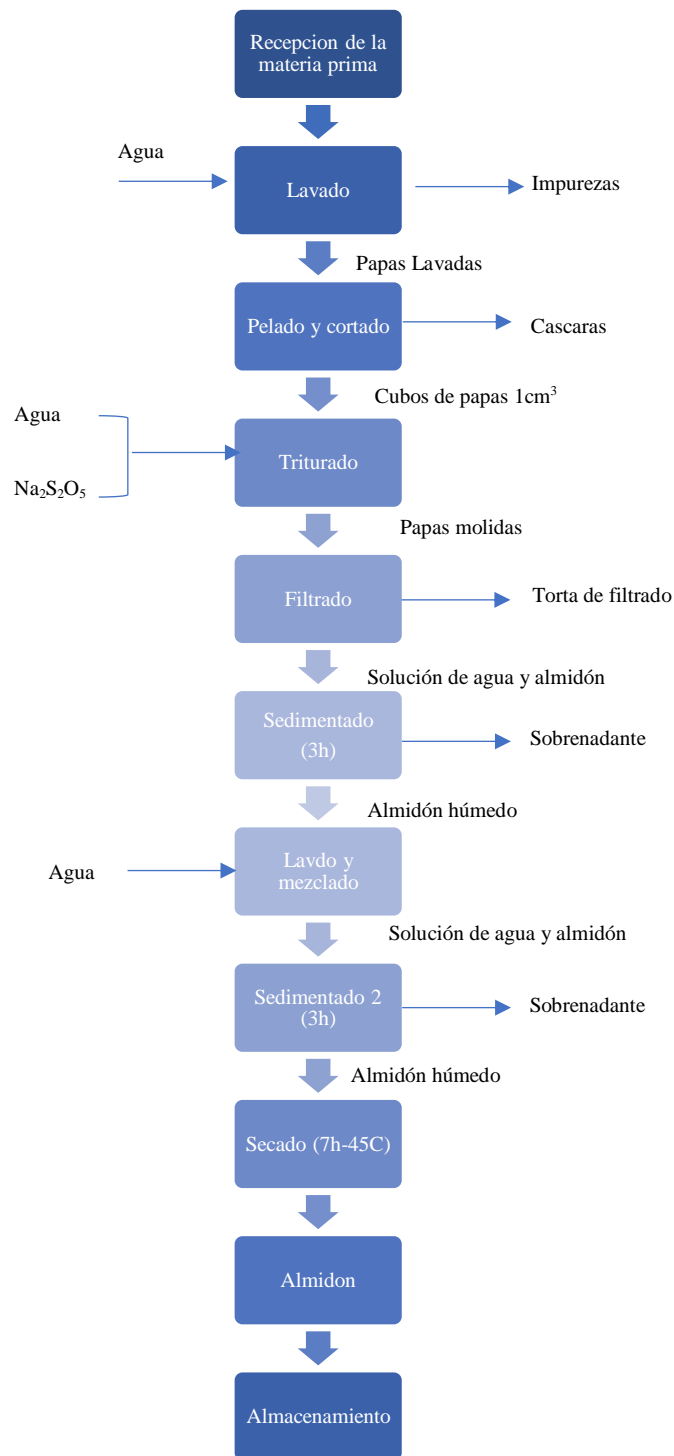


Gráfico 1-4: Proceso de obtención de almidón a partir de las variedades de papas.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.3.3. Diagrama del proceso de obtención de etanol

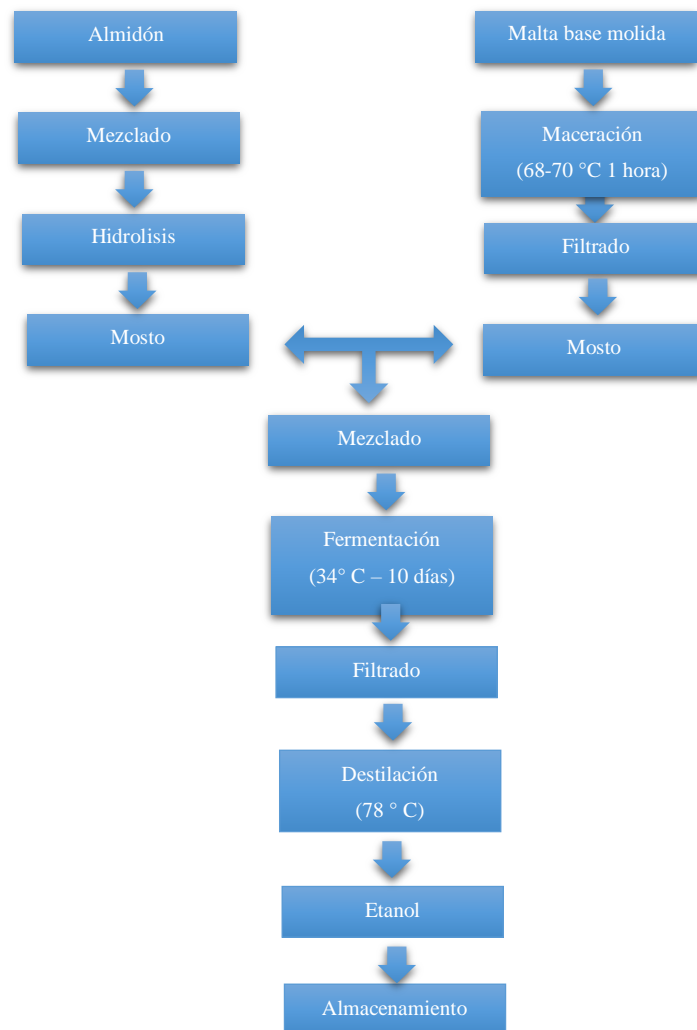


Gráfico 2-4: Proceso de obtención del etanol.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.3.4. Descripción del diagrama del proceso

4.3.4.1. Recepción y selección de materia prima

El proceso comienza con la recepción y selección de la materia prima, los tubérculos son colocados en un tanque de acero inoxidable, con la finalidad de revisar que estos cumplan con los estándares de calidad necesarios para el proceso.

4.3.4.2. Lavado

Después de que los tubérculos cumplan con los estándares de calidad, se colocan en una lavadora de flujo a granel donde para retirar el exceso de tierra e impurezas adheridas a la cascara.

4.3.4.3. Pelado y cortado

Una vez que las papas hayan sido lavadas se procede a retirar la corteza una por una y se procede a cortarlas en cubos con el fin de minorar su tamaño para facilitar el triturado de las mismas.

4.3.4.4. Triturado

Las papas cortadas en cubos son colocadas en una licuadora industrial junto con agua y un conservante para inhibir la presencia de hongos y bacterias. En este proceso se pulveriza y desintegra los tubérculos para romper las paredes celulares con el fin de liberar el almidón.

4.3.4.5. Filtración

Se filtra la solución procedente del triturado, eliminando el afrecho y se conservando el sobrenadante que es donde se encuentra el almidón.

4.3.4.6. Sedimentación y decantación

La solución filtrada se pasa a tanques de sedimentación para separar el almidón del agua por acción de la gravedad proceso dura 3 horas. Una vez cumplido este plazo se retira el almidón del fondo del tanque.

4.3.4.7. *Lavado*

El almidón resultante del proceso anterior se le agrega agua limpia y se mezcla con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de fibra que se encuentra presente, de esta forma se obtiene un almidón más puro.

4.3.4.8. *Sedimentado 2*

La solución de almidón con agua se vuelve a colocar en el tanque de sedimentación, para que el almidón presente en la solución precipite por acción de la gravedad y se retira el sobrenadante.

4.3.4.9. *Secado*

El almidón húmedo es colocado en el secador con flujo de aire a una temperatura de 45 C, se eligió esta temperatura porque en esta el almidón conserva sus propiedades.

4.3.4.10. *Almacenamiento*

Una vez seco el almidón se conserva en silos hasta pasar a la siguiente parte del proceso.

4.3.4.11. *Mezclado*

Se mezcla el almidón con agua para comenzar con el proceso de hidrolisis, se corrige el pH de la solución con ácido cítrico hasta llegar a un pH de 6.33 el cual es óptimo para el funcionamiento de las dos enzimas que se utilizan en el proceso.

4.3.4.12. *Hidrolisis*

El proceso de hidrolisis transcurre en dos reactores ya que está compuesto de 2 subproceso que son la licuefacción y la sacarificación.

Licuefacción: Durante esta etapa del proceso se somete a calentamiento la mezcla a 83°C y se agrega la enzima Gamalpha Spezial dejando actuar por 1 hora ocurriendo una hidrolisis parcial del almidón a dextrinas.

Sacarificación: En esta última etapa de la hidrolisis se enfría la mezcla hasta 60 °C y se agrega la enzima Gammadex Cal dejando actuar por 1 hora, terminando la conversión de almidón a glucosa.

4.3.4.13. Maceración

La malta molida se agrega al reactor con agua precalentada a 60 °C, se somete a calentamiento controlando que la temperatura no exceda los 68 °C durante 90 min a esta temperatura las enzimas propias de la malta convierten el almidón en azúcares fermentables.

4.3.4.14. Filtrado

La solución de la maceración se filtra para eliminar la malta y conservar el mosto.

4.3.4.15. Mezclado

Se mezcla los mostos provenientes del macerado y de la hidrolisis del almidón.

4.3.4.16. Fermentación

El mosto obtenido se le corrige los grados brix de la mezcla a 18, se calienta hasta 25°C se inocula con la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* se mezcla para oxigenar el mosto, se coloca en un reactor durante 7 días tiempo en el cual las azúcares fermentables se convierten en etanol.

4.3.4.17. Filtrado

El mosto resultante de la fermentación se lo filtra para eliminar las impurezas y levaduras del mosto.

4.3.4.18. Destilación

Este proceso se lleva a cabo en las columnas de destilación donde se separa el etanol presente en el mosto fermentado con la finalidad de purificarlo.

4.3.4.19. Almacenamiento

El etanol obtenido es almacenado para su posterior comercialización.

4.4. Propuesta de diseño

4.4.4. Descripción del proceso

El proceso de obtención de etanol a escala industrial, es un proceso continuo que opera 330 días por año y un total de 7920 horas anualmente. Después de analizar esquemas básicos de producción de etanol a partir de biomasa de otras fuentes, se encuentra el esquema base que consta de las siguientes secciones.

Tabla 14-4: Etapas del proceso

Etapas	Descripción	Sección
Extracción de Almidón	En esta sección se extrae el almidón que está contenido en los tubérculos utilizados en este estudio	Azul
Hidrolisis	En esta sección ocurre la hidrolisis enzimática en 2 procesos que son licuefacción y sacarificación en donde el almidón se desdobra en glucosa, también en esta sección ocurre la maceración de la malta y se mezclan los mostos para obtener la mayor cantidad de azúcares fermentables que son el sustrato de la siguiente etapa	Naranja
Fermentación	En esta sección el mosto rico en azúcares fermentables se convertirá en etanol utilizando germinadores de levaduras y una fermentación anaeróbica. En este proceso requiere transferencia de calor tanto para enfriar o calentar esta corriente de operación. Al final se obtiene una solución compuesta en mayor parte por etanol, glucosa y agua	Verde
Separación	El mosto producto de la fermentación contiene un bajo porcentaje de etanol se debe concentrar para obtener etanol de un mayor grado alcohólico, para ello se empleará columnas de destilación. Al final se tendrá una mezcla cuyos únicos componentes serán agua y etanol	Café

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.4.5. Diagrama del diseño del proceso

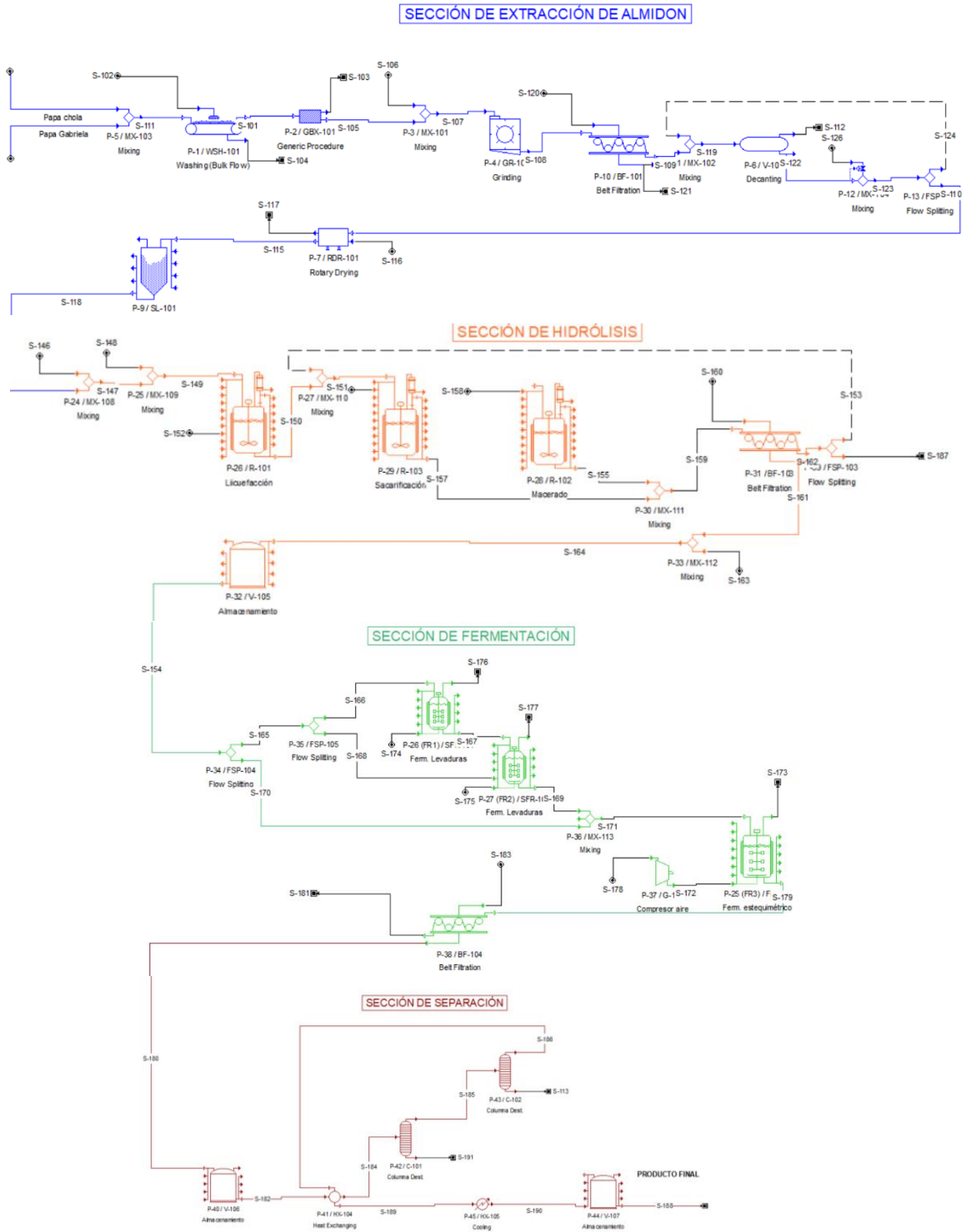


Gráfico 3-4: Diagrama del diseño del proceso

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.5. Equipos requeridos para el proceso

En la siguiente tabla se describen los equipos necesarios para el proceso a nivel industrial de etanol.

Tabla 15-4: Equipos requeridos para el proceso

Equipo	Detalle	Características
Lavadora (flujo a granel)	Rendimiento nominal	2000 kg/h
Molino (Flujo a granel)	Rendimiento nominal	1530,09 kg/h
Peladora	Rendimiento nominal	1940,00 kg/h
Filtro de banda	Ancho de correa	3,05 m
Secador rotatorio	Diámetro del tambor	1,84 m
	Longitud de tambor	9,21 m
	Capacidad de secado	490,86 kg/h
Silo	Volumen	17500 L
	Diámetro	2,07 m
	Altura	5,18 m
	Presión de diseño	100 kPa
Decantador	Volumen	58030 L
	Diámetro	2,45 m
	Altura	12,27 m
	Presión de diseño	152 kPa
Mezclador	Rendimiento nominal	1530,09 kg/h
Reactores con agitación	Volumen	298,37 L
	Diámetro	0,53 m
	Altura	1,33 m
	Presión de diseño	152 kPa
Divisores de flujo	Rendimiento nominal	845,96 kg/h
Fermentadores	Volumen	298410 L
	Diámetro	5,43 m
	Altura	13,43 m
	Presión de diseño	151,95 kPa
Compresor	Potencia	502,58 kW
Tanque con fondo plano	Volumen	89140 L
	Diámetro	3,57 m
	Altura	8,92 m
	Presión de diseño	151,95 kPa
Intercambiadores de calor	Área de secado	0,15 m ²
Columnas de destilación	Número actual de etapas	14
	Altura de columna	4,20 m
	Diámetro de la columna	0,25 m
	Presión de diseño	150 kPa

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6. Análisis de costos de producción

4.6.1. Costos de los equipos

Tabla 16-4: Costo de los equipos utilizados en el proceso

Equipo	Código	Cantidad	Especificación	Costo
Lavadora (Flujo a Granel)	WSH-101	1	Capacidad: 2000,00 kg/h	129,000
Peladora	GBX-101	1	Capacidad: 1940,00 kg/h	135,000
Molino (Flujo a granel)	GR-101	1	Capacidad: 1530,09 kg/h	107,000
Decantador	V-101	1	Volumen: 58,03 m ³	499,000
Secador rotatorio	RDR-101	1	Área de secado: 53,30 m ²	448,000
Silo	SL-101	1	Volumen: 17,50 m ³	95,000
Filtro de banda	BF-101	1	Ancho de banda: 3,05 m	349,000
Reactor con agitación	R-101	1	Volumen: 216,79 L	603,000
Reactor con agitación	R-103	1	Volumen: 298,37 L	577,000
Filtro de correa	BF-103	1	Ancho de banda: 0,18m	335,000
Tanque con fondo plano	V-105	1	Volumen 89,14 m ³	161,000
Reactor con agitación	R-102	1	Volumen: 143,02 L	549,000
Fermentador	FR-101	1	Volumen: 298,41 m ³	3,692,000
Fermentador de germinación de levaduras	SFR-101	1	Volumen 1,03 m ³	870,000
Fermentador de germinación de levaduras	SFR-102	1	Volumen: 4,16 m ³	1,059,000
Compresor	G-101	1	Potencia: 502,58 kW	828,000
Filtro de banda	BF-104	1	Ancho de banda: 0,04 m	337,000
Tanque con fondo plano	V-106	1	Volumen: 94,05 m ³	166,000
Intercambiador de calor	HX-104	1	Área de Secado: 0,15 m ²	10,000
Columna de destilación	C-101	1	Volumen: 0,20 m ³	20,000
Columna de destilación	C-102	1	Volumen: 0,05 m ³	18,000
Tanque con fondo plano	V-107	1	Volumen: 7,97 m ³	42,000
Intercambiador de calor	HX-105	1	Área de Secado: 0,04 m ³	10,000
Equipo no en listado				2,760,000
Total				13,799,000

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6.2. Informe de evaluación económica

Tabla 17-4: Informe de la evaluación económica

Total, de la inversión de capital	87,492,000
Inversión de capital correspondiente a este proyecto	87,492,000
Coste de producción	3,891,000
Coste de producción neto	3,891,000
Ingresos	1,642,000
Margen bruto	8.29 %
Rendimiento de la inversión	6.44 %
Tiempo de recuperación de la inversión	10.55 años
TIR (después de impuestos)	N/A
VAN (al 7,0% de interés)	- 3,472,000 \$

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6.3. Costo de producción de 1 litro de etanol

Tabla 18-4: Costo de producción de 1 litro de etanol

Materias primas	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Papa Súper Chola	5	kg	0,12	0,6
Papa Gabriela	5	kg	0,12	0,6
malta	0,2	kg	0,0017	0,00034
levadura	0,2	kg	3,5	0,7
Enzima Gamalpha Spezial	1	ml	0,25	0,25
Enzima Gammadex Cal	1	ml	0,25	0,25
Botellas ámbar	1	unidad	1,3	1,3
TOTAL				3,7003

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6.4. Resumen del capital fijo

Tabla 19-4: Resumen del capital fijo.

Coste directo total de la planta (CDTP) (coste físico)	
Coste de adquisición de equipos	13,799,000
Instalación	5,363,000
Tuberías de proceso	4,829,000
Instrumentación	5,519,000
Aislamiento	414,000
Electricidad	1,380,000
Edificios	6,209,000
Acondicionamiento del terreno	2,070,000
Instalaciones auxiliares	5,519,000
CDTP	45,102,000
Coste indirecto total de la planta (CITP)	
Diseño	11,276,000
Construcciones	15,786,000
CITP	27,061,000
Costo total de la planta (CTP= CDTP+CITP)	
CTP	72,164,000

Honorarios e imprevistos del contratista (CFC)	
Honorarios del contratista	3,608,000
Imprevistos	7,216,000
CFC	10,825,000
Costos de capital fijo directo (CFD= CTP+CFC)	
CFD	82,988,000

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6.5. Resumen del costo de los materiales utilizados en el proceso

Tabla 20-4: Resumen del costo de los materiales utilizados en el proceso

Material a granel	Costo unitario (\$)	Cantidad anual (kg)	Costo anual (\$)	%
Agua	0.015	66,366,340	995,495	44.01
Metabisulfito de sodio	1.500	4,527	6,790	0.24
Aire	0.000	101,907,633	0	0.00
Papa Gabriela	0.110	5,520,240	607,226	27.09
Papa Súper Chola	0.250	5,520,240	607,226	27.09
Otros Sld	0.000	475,200	0	0.00
RCN	0.000	4,324,320	0	0.00
Solución pH	1.758	61	107	0.00
Enzima Gamalpha Spezial	0.250	3,939	985	0.04
Enzima Gammadex Cal	0.250	18,356	4,589	0.20
Malta	0.050	411,840	20,592	0.92
TOTAL			2,241,638	100.00

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6.6. Resumen de los costos de los servicios públicos

Tabla 21-4: Resumen de los costos de los servicios públicos

Servicios	Costo unitario (\$)	Importe anual	Unidad	Importe anual	%
Potencia estándar	0.027	14,605,658	kW-h	394,353	65.23
Vapor	12.000	11,583	MT	139,001	22.99
Agua de refrigeración	0.050	702,061	MT	35,103	5.81
Agua fría	0.400	90,169	MT	36,067	5.97
TOTAL				604,525	100.00

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.6.7. Costos de operación anual

Tabla 22-4: Resumen de los costos de los servicios públicos

Costo de los materiales	\$	%
Materias primas	2,242,000	57.61
Mano de obra dependiente	1,045,000	26.85
Servicios públicos	605,000	15.54
Publicidad/ Venta	0	0.00
Derechos de explotación	0	0.00
Eliminación de productos defectuosos	0	0.00
TOTAL	3,891,000	100.00

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 23-4: Análisis de rentabilidad

A. Capital fijo directo	82,988,000 \$
B. Capital de trabajo	354,000 \$
C. Coste de puesta en marcha	4,149,000 \$
D. Investigación y Desarrollo inicial	0 \$
E. Regalías por adelantado	0 \$
F. Inversión total (A+B+C+D+E)	87,597,000 \$
G. Inversión asignada a este proyecto	87,597,000 \$
H. Tasas de ingresos/ahorros	
S-188 (Ingresos)	1,156,898 L(STP) /yr
I. Precio ingresos/ahorros	
S-188 (Ingresos)	1.42 \$/L(STP)
J. Ingresos/ahorros	
S-188 (Ingresos)	1,641,961 \$/yr
Total de ingresos	1,641,961 \$/yr
Total de ahorros	0 \$/yr
K. Costo anual de operación (COA)	
COA real	3,891,000 \$/yr
COA neto (K1-J2)	3,891,000 \$/yr
L. Beneficios brutos (J-K)	2,249,000 \$/yr
M. Impuestos (40%)	0 \$/yr
N. Beneficio neto (M-N + Depreciación)	5,635,000 \$/yr
Margen bruto	8.29 %
Rendimiento de la inversión	6.44 %
Tiempo de recuperación de la inversión	10.55 años

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 24-4: Análisis de flujo de caja

Año	Inversión de capital	Ingresos por concepto de ventas	Costo de operación	Beneficio bruto	Depreciación	Renta gravable	Impuesto	Beneficio neto	Flujo de caja neto
1	- 24,897	0	0	0	0	0	0	0	- 24,897
2	- 33,195	0	0	0	0	0	0	0	- 33,195
3	- 25,355	876	2,563	- 1,687	7,884	0	0	6,197	- 19,951
4	0	1,396	3,464	- 2,068	7,884	0	0	5,816	5,816
5	0	1,478	3,606	- 2,129	7,884	0	0	5,755	5,755
6	0	1,511	3,663	- 3,245	7,884	0	0	5,731	5,731
7	0	1,511	3,663	- 3,245	7,884	0	0	5,731	5,731
8	0	1,543	3,720	- 2,153	7,884	0	0	5,707	5,707
9	0	1,543	3,720	- 2,153	7,884	0	0	5,707	5,707
10	0	1,543	3,720	- 2,177	7,884	0	0	5,707	5,707
11	0	1,543	3,720	- 2,177	7,884	0	0	5,707	5,707
12	0	1,543	3,720	- 2,177	7,884	0	0	5,707	5,707
13	0	1,543	- 4,164	5,707	0	5,707	2,283	3,424	3,424
14	0	1,543	- 4,164	5,707	0	5,707	2,283	3,424	3,424
15	4,503	1,543	- 4,164	5,707	0	5,707	2,283	3,424	7,927

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

Tabla 25-4: Desglose del desembolso de capital

Año	Capital fijo directo	Capital de trabajo	Costo de puesta en marcha	Total
1	- 24,896,541	0	0	- 24,896,541
2	- 33,195,388	0	0	- 33,195,388
3	- 24,896,541	- 353,723	- 4,149,424	- 25,250,264
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0

12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	4,149,424	353,723	0	4,503,146

Fuente: SuperPRO Designer V9.0.

Realizado por: Ramirez, Cinthya, 2021.

4.7. Análisis y discusión de resultados

La extracción de almidón de las dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) seleccionadas para este estudio, presentaron los siguientes rendimientos de su obtención, de la variedad Súper Chola 12,16% y de la variedad Gabriela 11,14%. Estos resultados son menores a los reportados por (Contreras, 2017, pp. 80-81) de 19,05%, sin embargo son superiores a los obtenidos en el estudio (Anaya y Mantero, 2019: pp. 50-51.) siendo este de 7,06%. La diferencia de estos resultados probablemente se deban a las características fisicoquímicas, morfológicas y a la zona de la producción de cada variedad. Posiblemente también el método utilizado para la extracción de almidón puede haber influido en el rendimiento.

Caracterización del almidón extraído: El almidón de la variedad Gabriela posee un contenido de humedad de 10,30%, contenido materia seca de 89,70%, contenido de ceniza de 0,11%, índice de absorción de agua de 9,73 g gel/ g muestra, el índice de solubilidad de agua es de 5,79%. El poder de hinchamiento 10,09%, pH de 6,71, una viscosidad 3578,87 cP, la temperatura de gelatinización es de 66,33, densidad aparente del almidón suelto y compacto de 0,81 y 0,91 g/ml respectivamente; 0,26% de fibra, 0,23% de proteína, 0,12% de grasa, 99,39% de carbohidratos. El almidón de la variedad Súper Chola posee un contenido de humedad de 10,24%, contenido materia seca de 89,77%, contenido de ceniza de 0,12%, índice de absorción de agua de 10,29 g gel/ g muestra, el índice de solubilidad de agua es de 9,52%. El poder de hinchamiento 10,79%, pH de 6,76, una viscosidad 4263,65 cP, la temperatura de gelatinización es de 68,33, densidad aparente del almidón suelto y compacto de 0,80 y 0,89 g/ml respectivamente; 0,27% de fibra, 0,35% de proteína, 0,06% de grasa, 99,32% de carbohidratos. El análisis microbiológico del almidón de las dos variedades de papa se encuentran dentro del rango de la norma (FAO et al., 2007, pp. 95-98), indican que no presentan contaminación alguna.

Los análisis fisicoquímicos del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) tanto de la variedad Súper Chola como la Gabriela, están dentro del rango establecido en la norma, a excepción de la viscosidad que se encuentra fuera del rango, debido a que la norma (FAO et al., 2007, p.66) es específica para la yuca puesto que posee diferentes características y comportamiento que el almidón de papa. Por lo tanto, citando la investigación de (Vargas et al., 2016: pp. 223-230) en la cual indica que la viscosidad del gel de almidón de papa nativo, medido a en las mismas condiciones experimentales utilizadas para este estudio, debe estar dentro de 5429-25000 cP, de acuerdo con esta investigación la viscosidad del almidón de papa variedad Gabriela es de 3578,87 cP y de la variedad Súper Chola es de 4263,65 cP, por lo que se encuentra dentro de los parámetros de este estudio que utiliza la misma materia prima.

Para obtener el etanol se establecieron tres formulaciones: la primera se realizó solo con 200g de almidón de papa (50-50 Almidón de papa Súper Chola y Gabriela) como la única materia prima para la obtención de etanol, teniendo un rendimiento de 6.29%; se estudió la forma de aumentar el rendimiento integrando otra materia prima que aporte azúcares fermentables como es la malta, de esta manera, se realizó la segunda formulación que combina almidón de papa (50-50 Almidón de papa Súper Chola y Gabriela) con la malta en partes iguales, con lo que se duplicó el rendimiento de la anterior formulación a 12,5%; finalmente, la tercera formulación utilizó el doble de malta que de almidón de papa, obteniéndose un rendimiento de 33,33%, siendo este el elegido para diseñar el proceso.

El etanol obtenido se validó mediante la norma NTE INEN 375-3. Bebidas alcohólicas de origen agrícola. Requisitos. Presenta una acidez de 2,09 mg/100 cm³ AA, esterres de 0,68 mg/100 cm³ AA, Furfural menor de 0,96 mg/100 cm³ AA, el metanol menor de 0,01 mg/100 cm³ AA, alcoholes superiores menor de 0.04 de mg/100 cm³ AA y los aldehídos menores que 0,01 mg/100 cm³. Según estos resultados, el etanol obtenido se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma mencionada anteriormente, lo que valida la calidad del etanol obtenido.

El grado alcohólico no cumple con la norma, que establece un mínimo de 95°, puesto que se obtuvo 71°. Este valor es superior al obtenido por (Anaya y Mantero, 2019, pp. 50-51.) que es de 38 grados alcohólicos, sin embargo, es inferior al reportado por (Benavidez & Pozo, 2008, pp. 124-125) que es de 85,6°. La variación se debe al contenido de almidón presente en las variedades utilizadas, al tiempo de hidrolisis y las enzimas utilizadas durante el proceso.

A partir de la formulación elegida, se diseñó el proceso continuo con la ayuda del simulador de procesos SuperPRO Designer V9.0. Se seleccionó un proceso continuo que opera 330 días al año durante un total de 7920 horas. Para diseñar el proceso, se dividió en cuatro secciones que comprenden la extracción del almidón, hidrolisis del almidón, fermentación y destilación. A partir de esto se dimensionan los equipos necesarios para este proceso.

El proceso industrial inicia con 1 tonelada de cada una de las dos variedades de papas, después se procede a la extracción de almidón obteniéndose 211,461 kg/h, esto perjudica al proceso debido al bajo rendimiento. En la hidrolisis de almidón se alcanza un rendimiento alto de 98.95% debido a que el total de almidón que ingresa es transformado a azúcares fermentables, la fermentación alcanza un rendimiento de 93,82% y la destilación tiene un rendimiento bajo de 5,42% obteniéndose 135,574 kg/h de etanol. El rendimiento global del proceso es del 40%.

Mediante el análisis económico se llega a la conclusión que el diseño propuesto no es factible, puesto que el capital invertido se recupera en 10,55 años, debido al rendimiento del proceso y al precio del etanol de la graduación obtenida.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el proceso industrial para la obtención de etanol a partir de la mezcla del almidón de las variedades seleccionadas de papa, utilizando el simulador de procesos SuperPro Designer V9.0. El proceso se lo dividió en cuatro secciones que son la extracción del almidón, hidrólisis, fermentación y finalmente separación, dicho diseño no es viable debido a que la recuperación del capital será de 10,55 años
- La extracción de almidón de las dos variedades seleccionadas para este estudio por vía húmeda, presentaron los siguientes rendimientos: la variedad Súper Chola 12,16% y la variedad Gabriela 11,14%. Este bajo rendimiento, se debe a las características fisicoquímicas, morfológicas y a la zona de la producción de cada variedad.
- Mediante la norma NTE INEN 375-3. Bebidas alcohólicas de origen agrícola. Requisitos, se validó el etanol obtenido, que tiene una acidez es de 2,09 mg/100 cm³ AA, esterés de 0,68 mg/100 cm³ AA. Furfural <0,96 mg/100 cm³ AA, el metanol <0,01 mg/100 cm³ AA, alcoholes superiores es <0,04 de mg/100 cm³ AA y los aldehídos de <0,01 mg/100 cm³. Según estos resultados, el etanol obtenido se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma mencionada anteriormente, con lo que se certifica la calidad del etanol obtenido en este estudio.
- Se plantearon tres formulaciones, de las cuales se escogió la tercera formulación debido a que se obtuvo un mayor rendimiento de 33,33%, por lo que se realizaron los cálculos de ingeniería, partiendo de una base de cálculo de 1000 kg/h de cada variedad seleccionada, a través de balances de masa para las cuatro secciones, obteniéndose así un destilado de 135,574 kg/h con un grado alcohólico de 71°.

RECOMENDACIONES

- La extracción del almidón presenta un rendimiento bajo, por lo que se recomienda para futuras investigaciones aprovechar el total del tubérculo para la obtención de etanol puesto que, en la cáscara y en la fibra se queda parte del almidón.
- Para futuros trabajos se recomienda estudiar otros tipos de enzimas y utilizar un tiempo más prolongado para la licuefacción y sacarificación.
- Se recomiendan investigar otros procedimientos para encontrar un mayor rendimiento para la obtención de etanol a partir de almidón de papa, por ejemplo, realizar un proceso simultáneo de sacarificación y fermentación, o una hidrólisis ácida.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR VALENCIA, DIANA MARÍA. Producción de etanol a partir de bagazo de caña panelera mediante un sistema híbrido de fermentación y pervaporación (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Colombia, Manizales - Colombia. 2011. pp. 7-8. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7965/8109501.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARYAL, Sagar. *Benedict's Test- Principle, Composition, Preparation, Procedure and Result Interpretation.* s [blog]. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <http://microbiologyinfo.com/benedicts-test-principle-composition-preparation-procedure-and-result-interpretation/>

BENAVIDES ARTEAGA, Irma Maria., & POZO LOPEZ, Maria Magdalena. Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum Tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas. [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2008, pp. 124-125. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESIS.pdf>

BOJACÁ, Alexander. *Almidones* [blog]. Bogotá: 1 de septiembre, 2010. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <http://polisacaridos-almidones.blogspot.com/p/almidones.html/>

BRITO, HANNIBAL; et. al. Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). [En línea], 2019, (Ecuador), pp. 203-204. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>

BRITO, HANNIBAL. *Texto Básico De Operaciones Unitarias II.* Riobamba-Ecuador: Docucentro ESPOCH, 2001, pp. 4-6.

CABRERA MALDONADO, Elvia Victoria & ALMEDIA ROMO, Johanna Lorena. Obtención de bioetanol a partir de hidrólisis enzimática y fermentación de Arracacha [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. pp.8-9 [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8158>

CAMACHO, A. *Análisis De Alta Tecnología Para Azúcares Reductores*. [blog]. [Consulta:2021-07-23]. Disponible en: <http://blog.analitek.com/analisis-de-alta-tecnologia-para-azúcares-reductores-0-1>.

CLIMATE-DATA.ORG. 2017. Estadísticas del Clima en Riobamba. [En línea] 2017. [Citado el: 23 de mayo de 2021.] <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-chimborazo/riobamba-2973/>.

CONTRERAS ESTRELLAS, Marco Rafael, Determinación de la relación entre el contenido de almidón y materia seca con la gravedad específica de cinco variedades de papa [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo-Perú, 2017. pp. 80-81. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4370/Contreras%20E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CUAMATZI, Oscar; & MELO, Virginia. *Bioquímica de los procesos metabólico*. 2 ed. Barcelona- España: Reverte, 2006, pp 62-63

ESCUADERO ALMEDIA, Dennis Julián &, VILLAREAL VILLOTA, Lorena Elizabeth. Obtención de bioetanol a partir de inulina proveniente de biomasa vegetal mediante sacarificación y fermentación [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. pp.14-15 [Consulta:2021-07-23]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8158>.

FAO, ARISTIZÁBAL, J., et al. “Guía Técnica para producción y análisis de almidón de yuca”. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO [en línea], 2007, (Roma), pp.61-91. [Consulta: 20 julio 2021]. ISSN 1020 4234. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

GUADALUPE, JAIRO & FIGUEROA JORGE. Agroindustria de productos amiláceos: El almidón [en línea], 2017, (Sincelejo), p. 47 [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/340815611>.

GUERRA MILLÁN, FRANCISCO JOSÉ. Producción de bioetanol (Trabajo de titulación). Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México D.F - México. 2008, pp. 10-11

GUTIÉRREZ FREIRE, Víctor Hugo, Inventario y valor nutritivo de las principales especies forrajeras de la provincia de Carchi [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 1980. pp. 97-98 [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1397>

GUTIÉRREZ, JOSÉ. Ciencia bromatológica Principios generales de los alimentos. Madrid-España: Diaz de Santos, 2000. págs. 87-86.

IZARRA SOTO, Davis Rubén., & YANTAS HUAYNATE, Pilar Erica. Evaluación de la calidad del almidón obtenido de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) cultivadas en la provincia de Jauja. [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Nacional del Centro del Perú. Tama – Perú, 2012. pp. 38-40. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1965/Soto%20Izarra%20-%20Yantas%20Huaynate.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LUMITOS. Almidón. [En línea] 2020. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Almid%C3%B3n.html>.

MANTERO ZAVALA, Gaby Jasmín; & ANAYA SUAREZ, Yasumi Yelithza. Obtención de una bebida alcohólica tipo vodka a partir de almidones de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) por vía enzimática [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo-Perú, 2017. pp. 50-51. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/5461>

MANTILLA CRIOLLO, Maritza Jacqueline. Hidrólisis ácida del bagazo de caña de azúcar y paja de trigo con una posterior fermentación alcohólica para obtención de etanol [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador, 2012. pp. 14-17. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/473>

MEDIN, Silvana. Alimentos: introducción técnica y seguridad. Buenos Aires-Argentina: Talleres gráficos Guttenpress, 2011, pp. 50-56

MEJÍA SAAVEDRA, Luz Angélica. Efecto de la concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum Tuberosum*) sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol [En línea] (Trabajo de titulación).

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. 2018. pp. 31-50. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/24995>.

MELIAN SUBIABRE, Daniela Elizabeth, Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chiloé y dos variedades comerciales. [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile, 2010. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fam522e/doc/fam522e.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2015. MAGAP inicia ‘Registro de Productores de Papa’ en cinco provincias de la Sierra [En línea] 2020. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-inicia-registro-de-productores-de-papa-en-cinco-provincias-de-la-sierra/>

MOREIRA, Olga; et al. *Tablas de composición de alimentos*. 19ª ed. Madrid-España: Editoriales Pirámide, 2013, pp. 46-48.

NCBI. 2015. Taxonomy. [En línea] 2015. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>

NTE 375-3: *Bebidas alcohólicas. Alcohol etílico de origen. Agrícola. Requisitos.*

PEÑA CARRASCO, Elizabeth Fiorella, Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno). [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú, 2016.

RAMIREZ, DIANA. Ecuador: Paraíso de la papa. [blog]. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://ecuador.gastronomia.com/noticia/7806/ecuador-paraiso-de-la-papa>

RAMIREZ, MARÍA. Mejoras en la producción de bioetanol combustible a partir de sorgo grano. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría)Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.2014. pp. 20-24. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/5128/1/uy24-17086.pdf>

RAYMOND, K. Enciclopedia Tecnología Química. México: HispanoAmerica.2003. pp. 367

SALINAS OÑATE, Luis Olmedo. Modelo de negocio para una empresa productora de almidón de papa de la provincia de Tungurahua. [En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2014. pp. 2-3 Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11998>

TORRES SILVA, Delia Orfelina; & CHÁVEZ MUÑOZ, Wilmer Alcides. Evaluación del tiempo de fermentación, porcentaje de levadura y malta en la obtención de etanol a partir de *Colocasia esculenta* "pituca" [En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Nacional "Toribio Rodríguez De Mendoza" De Amazonas, Chachapoyas, Perú. 2016. pp. 24-26. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/305/Evaluaci%3%b3n%20del%20tiempo%20de%20fermentaci%3%b3n%2c%20porcentaje%20de%20levadura>

TORRES, Lucia; et al. Súper Chola. Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador. [En línea] 2017. <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/19-superchola/>.

USUCACHI LÓPEZ, Pablo Antonio. Proceso de obtención de bioetanol a partir de papa peruana [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. 2011. pp. 40-80. [Consulta: 2021-07-22]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1042>

VARGAS, D., MARTÍNEZ, P., & VELEZMORO, C. (2016) Scientia Agropecuaria. Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación, 7 [3], pp. 223-230. doi: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA



a)



b)



c)



d)

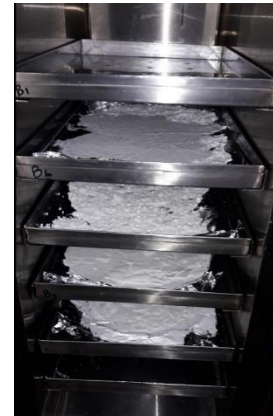
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias	Obtención del Almidón de papa		
a) Lavado de las papas b) Pelado c) Cortado d) Triturado	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2021/08/24	



e)



f)



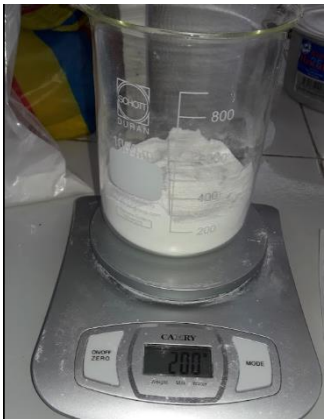
g)



h)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias	Obtención del Almidón de papa		
e) Filtrado de la lechada de almidón f) Sedimentado g) Secado a 45° C h) Molido	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
			2	1:1	2021/08/24

ANEXO B: HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA



a)



b)



c)



d)

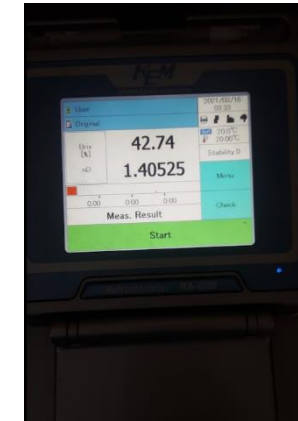
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Cintha Lizbeth Ramirez Arias</p>	Hidrolisis enzimática		
<p>a) Pesado y mezcla de las variedades de almidón</p> <p>b) Corrección del pH a 6,12</p> <p>c) Calentamiento de la solución de almidón</p> <p>d) Adicción de la enzima gamma spezial</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>				
			3	1:1	2021/08/24



e)



f)



g)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Cinthy Lizbeth Ramirez Arias </p>	Hidrolisis enzimática		
e) Medición de los grados brix al terminar la licuefacción f) Adicción de la enzima gamma Cal g) Medición de los grados brix al terminar el proceso de sacarificación	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	2021/08/24



h)



i)



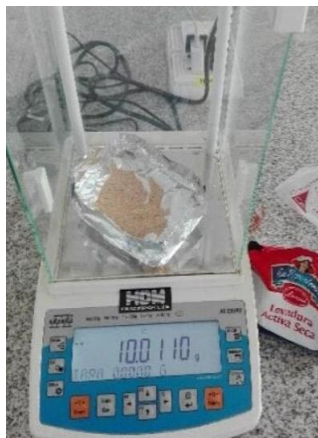
j)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias	Hidrolisis enzimática		
h) Calentamiento de la solución de malta y agua i) Macerado j) Mezcla de los dos mostos filtrado	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	2021/08/24

ANEXO C: FERMENTACIÓN



a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias	Fermentación		
a) Corrección del pH a 4,34 b) Pesado de 10 gramos de levadura c) Fermentación en la incubadora por 10 días d) Mosto al concluir la fermentación	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
					6

ANEXO D: DESTILACIÓN



a)



b)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias	Destilación		
a) Destilación b) Medición de los grados alcohólicos de la muestra	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7	1:1	2021/08/24

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE LA VARIEDAD GABRIELA Y SÚPER CHOLA



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias </p>	Caracterización fisicoquímica del almidón de papa Gabriela y Súper Chola		
a) Contenido de humedad en el almidón b) Contenido de ceniza en el almidón c) Índice de absorción de agua, Índice de solubilidad en agua y Poder de hinchamiento	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/08/24



e)



f)



g)



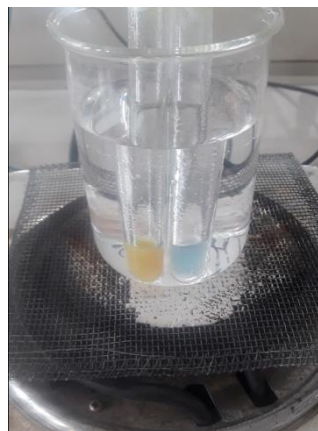
h)



i)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias </p>	Caracterización fisicoquímica del almidón de papa Gabriela y Súper Chola		
<p>d) pH e) Viscosidad f) Temperatura de gelatinización g) Densidad aparente</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar </p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/08/24

ANEXO F: PRUEBA DE BENEDICT



a)



b)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias </p>	Prueba de Benedict		
a) Calentamiento de las muestras con la solución de Benedict b) Resultado de la prueba	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/08/24

ANEXO G: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE LAS DOS VARIEDADES DE PAPAS



INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS SOLICITADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias
TIPO DE MUESTRA: Almidón de papa Gabriela y Almidón de papa Super chola
FECHA DE ENTREGA: 28 de junio de 2021
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Riobamba

Examen Físico

COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Normal libre de material extraño

Examen realizados a 5g de muestra

Almidón de papa Gabriela			
Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	20
Coliformes Fecales (<i>Esecherichia Coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en masa	80
Almidón de papa Super Chola			
Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Esecherichia Coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en masa	60

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Alvarez R.

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
 Contactanos: 0998580374 032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador



ANEXO H: ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE LAS DOS VARIEDADES DE
PAPAS



INFORME DE ANÁLISIS PROXIMAL

ANÁLISIS SOLICITADO POR: Cinthya Lizbeth Ramirez Arias
TIPO DE MUESTRA: Almidón de papa Gabriela y almidón de papa Super chola
FECHA DE ENTREGA: 28 de junio de 2021
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Riobamba

Examen Físico

COLOR: BLANCO
OLOR: Inodoro
ASPECTO: Normal libre de material extraño

Examen realizado a 15g de muestra

Almidón de papa Gabriela			
Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Fibra	%	Método gravimétrico por digestión ácido base	0,261
Proteína	%	Método volumétrico por microkjeldahl	0,23
Grasa	%	Método gravimétrico por soxhlet	0,117
Almidón de papa Super Chola			
Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Fibra	%	Método gravimétrico por digestión ácido base	0,27
Proteína	%	Método volumétrico por microkjeldahl	0,349
Grasa	%	Método gravimétrico por soxhlet	0,058

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio 📍
Riobamba - Ecuador

saqmic

ANEXO I: VALIDACIÓN DEL ETANOL DE ACUERDO A LA NORMA NTE INEN 375-3



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.56560a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	RAMIREZ ARIAS CINTHYA LIZBETH
Dirección:	CHILE ENTRE TARQUI Y 5 DE JUNIO
Teléfono:	+593 99 669 7840

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra de:	ETANOL		
Descripción:	ETANOL A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA		
Lote	-		
Fecha de Elaboración:	-	Contenido Declarado:	250mL
Fecha de Recepción:	2021-09-02	Fecha de Vencimiento:	-
Fecha de Análisis:	2021-09-02	Hora de Recepción:	10.08.59
Material de Envase:	PET	Fecha de Emisión:	2021-09-06
Toma de Muestra realizada por:	El cliente.		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	Olor:	Característico.
Estado:	Líquido.	Conservación:	AJ Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

RESULTADOS INSTRUMENTAL

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
GRADO ALCOHOLICO	71	°GL	MIN-06	INEN 340
ACIDEZ	2.09	mg/100 cm ³ AA	MIN-163	INEN 341
ESTERES	<0.68	mg/100 cm ³ AA	MIN-85	CG
FURFURAL	<0.96	mg/100 cm ³ AA	MIN-88	CG
METANOL	<0.01	mg/100 cm ³ AA	MIN-24	CG
ALCOHOLES SUPERIORES	<0.04	mg/100 cm ³ AA	MIN-87	CG
ALDEHIDOS	<0.01	mg/100 cm ³ AA	MIN-86	CG



EDMUNDO CHIRIBOGA N47-154 Y JORGE ANIBAL PAEZ
 La concepcion - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
 Telf: (02) 226 7895, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com

ANEXO J: FICHA TÉCNICA DE LA ENZIMA GAMALPHA SPEZIAL



GAMALPHA SPEZIAL

Thermostable alpha-amylase enzyme for brewing & distilling

PRODUCT DESCRIPTION

GAMALPHA SPEZIAL is a concentrated liquid formulated thermostable bacterial alpha-amylase enzyme for starch degradation. In most cases of industrial liquefaction, GAMALPHA SPEZIAL does not require additional calcium. Due to the fast hydrolysis of gelatinised starch and the formation of water soluble dextrins, a rapid viscosity reduction of starch suspension is achieved. GAMALPHA SPEZIAL is produced by controlled fermentation of a genetically modified strain of *Bacillus licheniformis*.

PRODUCT CHARACTERISTICS

GAMALPHA SPEZIAL has the following characteristics & specifications:

- Liquid formulation.
- Composition: water, alpha-amylase, sorbitol, potassium sorbate, sodium chloride, calcium chloride, methyl paraben.
- Brown colour and characteristic odour.
- Activity: Minimum 200,000 TAU/g. A method of analysis is available on request.
- IUB: 3.2.1.1
- CAS: 9000-90-2

GAMALPHA SPEZIAL complies with the recommended specifications of the FAO/WHO's Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the Food Chemicals Codex (FCC) for food-grade enzyme preparations.

APPLICATION

GAMALPHA SPEZIAL is used for the rapid viscosity reduction during liquefaction of starch before hydrolysis with saccharifying enzymes.

In **brewing**, GAMALPHA SPEZIAL is used for the liquefaction of adjuncts and is added to the cereal cooker before raising the temperature by 1.5 °C / min until cooking temperature is reached.

In **distilling**, GAMALPHA SPEZIAL is used at batch or continuous processes. GAMALPHA SPEZIAL is added at the mill or in the mashing tub. In high pressure procedures, GAMALPHA SPEZIAL is added after blowing at a temperature of 90-100 °C. Afterwards, the mash is cooled to the saccharification temperature without any specified liquefaction rest.

GAMALPHA SPEZIAL

Thermostable alpha-amylase enzyme for brewing & distilling

PRODUCT DESCRIPTION

GAMALPHA SPEZIAL is a concentrated liquid formulated thermostable bacterial alpha-amylase enzyme for starch degradation. In most cases of industrial liquefaction, GAMALPHA SPEZIAL does not require additional calcium. Due to the fast hydrolysis of gelatinised starch and the formation of water soluble dextrans, a rapid viscosity reduction of starch suspension is achieved. GAMALPHA SPEZIAL is produced by controlled fermentation of a genetically modified strain of *Bacillus licheniformis*.

PRODUCT CHARACTERISTICS

GAMALPHA SPEZIAL has the following characteristics & specifications:

- Liquid formulation.
- Composition: water, alpha-amylase, sorbitol, potassium sorbate, sodium chloride, calcium chloride, methyl paraben.
- Brown colour and characteristic odour.
- Activity: Minimum 200,000 TAU/g. A method of analysis is available on request.
- IUB: 3.2.1.1
- CAS: 9000-90-2

GAMALPHA SPEZIAL complies with the recommended specifications of the FAO/WHO's Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the Food Chemicals Codex (FCC) for food-grade enzyme preparations.

APPLICATION

GAMALPHA SPEZIAL is used for the rapid viscosity reduction during liquefaction of starch before hydrolysis with saccharifying enzymes.

In **brewing**, GAMALPHA SPEZIAL is used for the liquefaction of adjuncts and is added to the cereal cooker before raising the temperature by 1.5 °C / min until cooking temperature is reached.

In **distilling**, GAMALPHA SPEZIAL is used at batch or continuous processes. GAMALPHA SPEZIAL is added at the mill or in the mashing tub. In high pressure procedures, GAMALPHA SPEZIAL is added after blowing at a temperature of 90-100 °C. Afterwards, the mash is cooled to the saccharification temperature without any specified liquefaction rest.

ANEXO K: FICHA TÉCNICA DE LA ENZIMA GAMMADEX CAL



GAMMADEX CAL

Glucoamylase enzyme for brewing, distilling & fruit juice production

PRODUCT DESCRIPTION

GAMMADEX CAL is a liquid formulated fungal glucoamylase (amyloglucosidase) enzyme for starch degradation. GAMMADEX CAL is an exo-amyase and hydrolyses alpha-1,4- as well as alpha-1,6-glycosidic linkages from the non-reducing end of liquefied starch and dextrans, thereby releasing glucose. GAMMADEX CAL is produced by controlled fermentation of a classical strain of *Aspergillus niger*.

PRODUCT CHARACTERISTICS

GAMMADEX CAL has the following characteristics & specifications:

- Liquid formulation.
- Composition: water, glucoamylase, glucose, potassium sorbate, sodium chloride, sodium benzoate
- Brown colour and characteristic odour.
- Density: ~1.14 g/ml.
- Activity: Minimum 500 GAU/g. A method of analysis is available on request.
- IUB: 3.2.1.3
- CAS: 9032-08-0

GAMMADEX CAL complies with the recommended specifications of the FAO/WHO's Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the Food Chemicals Codex (FCC) for food-grade enzyme preparations.

APPLICATION

In **brewing**, GAMMADEX CAL may be used both in the brew house and in the fermenter, in order to reach the desired attenuation, or to reduce the level of residual carbohydrate. If GAMMADEX CAL is used in the brew house, then a prolonged saccharification is recommended of 2-4 hours at temperatures of 60-65 °C. When using GAMMADEX CAL in the fermenter, no special measures need to be taken.

In **distilling**, GAMMADEX CAL is used to hydrolyse dextrans to fermentable sugars in cereal- and potato mashes, that have been liquefied. GAMMADEX CAL is added to the liquefied mash at a temperature of ca. 55 °C. A saccharification rest however is not required as saccharification will continue during fermentation, even at reduced reaction rate.

In **fruit juice production**, GAMMADEX CAL is used for the starch degradation in some juices. Complete degradation of starch prevents hazes and is required for clear apple and pear juice concentrates. The addition of the enzyme takes place together with the depectinisation after heating, i.e. essence stripping. Complete starch degradation is measured with the iodine test.

DOSAGE

The dosage of the enzyme depends on raw materials used and reaction conditions such as pH, temperature and time. The optimal dose rate should be determined in trials.

pH range: 3.5-6.5
Temperature range: 45-75 °C

GAMMADEX CAL, Page 1 of 2





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Cintha Lizbeth Ramirez Arias</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): cn=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, ln=QUERO, serialNumber=000621485, cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.01 09:19:53 -05'00'



0022-DBRA-UTP-2022