

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OBTENCIÓN DE BIOETANOL POR HIDRÓLISIS
ENZIMÁTICA DEL ALMIDÓN DE PAPA CARDENAL**

Por:

BRAULIO WILFOR HUAYTA MAMANI

**Proyecto de Grado presentado a Consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado
Académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

JUNIO de 2016

TARIJA-BOLIVIA

V^oB^o

Msc. Ing. Ernesto Álvarez Gonsalves
DECANO

Msc. Ing. Silvana Paz Ramírez
VICEDECANA

PROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. José Ernesto Auad Aguirre

Ing. Juan Carlos Keri Mentasti

Ing. Patricia castillo

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo estas responsabilidad del autor.

A Dios a padres,
familiares, docentes y amigos

En primer lugar a dios por brindarme la Salud, fortaleza y paciencia; a los docentes por la atención desinteresada y predisposición a colaborarme; Ing. Weimar torrejón, Ing. Ignacio Velásquez, Ing. Rene Michel por la atención desinteresada y por la predisposición a colaborarme; a mis tribunales por su consejos; mis padres por su gran apoyo y mis amigos que me motivaron durante el transcurso de la realización del presente trabajo.

El hombre solo debe creer en la superación personal.

INDICE

ADVERTENCIAS	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PENSAMIENTO	iv
RESUMEN.....	v

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 ETANOL COMO FUENTE DE ENERGIA	1
1.3 POLITICAS PUBLICAS PARA LA PRODUCCION DE BIOCOMBUSTIBLES	2
1.4 NUEVAS FUENTES DE BIOENERGIA	3
1.5 PRODUCCION DE PAPA EN BOLIVIA	3
1.6 OBJETIVO.....	4
1.6.1OBJETIVOS GENERAL.....	4
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.7 JUSTIFICACIÓN	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	7
2.1.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.....	8
2.1.2. COMPOSICIÓN DE LA PAPA (<i>SOLANUM TUBEROSUM</i>)	8
2.1.3. ENERGIA	10
2.1.4. CARBOHIDRATOS.....	10
2.1.5. PROTEINAS.....	10
2.1.6. GRASA	10
2.1.7. VITAMINAS	11
2.1.8. MINERALES.....	11
2.1.9. COMPONENTE NO NUTRITIVOS.....	11
2.1.10. FIBRA.....	11
2.1.11. ACIDOS ORGANICOS	11

2.2 ALMIDON	12
2.2.1. COMPOSICION DEL AMIDON	12
2.2.2. AMILOSA	12
2.2.3. AMILOPECTINA.....	13
2.3. CONTENIDO DE AMILOSA Y AMILOPECTINA EN ALMIDON	14
2.4. HIDROLISIS	14
2.4.1. HIDROLISIS QUIMICA DEL ALMIDON	15
2.4.2. HIDROLISIS ENZIMATICA DE ALMIDON	16
2.5. FERMENTACION ALCOHOLICA	17
2.5.1. CINÉTICA DE FORMACIÓN DEL ALCOHOL ETÍLICO	18
2.5.1.1. GLUCOLISIS	19
2.5.1.2. VIAS ANAEROBICAS	26
2.5.1.3. FERMENTACION ALCOHOLICA	26
2.5.1.4. FERMENTACION LACTICA	27
2.6. LEVADURAS EN LA FERMENTACIÓN	27
2.6.1.LA LEVADURA SACCHAROMYCES CEREVISIAE	27
2.6.2. LA LEVADURA SACCHAROMYCES CARLSBERGENSIS	28
2.6.3. LA LEVADURA SACCHAROMYCES PASTORIANUS	28
2.6.4. LA LEVADURA WILLIA ANÓMALA	28
2.7. TIPOS DE FERMENTACION	29
2.7.1. FERMENTACIÓN DISCONTINUA	29
2.7.2. FERMENTACIÓN CONTINÚA.....	30
2.8. DESTILACION	30
2.8.1. DESTILACIÓN SIMPLE	31
2.8.1.1 DIFERENCIAL O ABIERTA	31
2.8.1.2 CERRADA O DE EQUILIBRIO.....	31
2.8.2 DESTILACIÓN POR RECTIFICACIÓN	32

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA PAPA CARDENAL	33
3.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	33
3.3. HIPÓTESIS.....	34
3.4. PROCESO DE HIDROLISIS ENZIMATICA DEL ALMIDÓN.....	34
3.4.1. BALANCE DE MATERIA GENERAL	35
3.5. DESCRIPCION DEL PROCESO DE HIDROLISIS PARA LA OBTENCION DE DEXTRINA Y AZUCARES FERMENTABLES.....	36
3.5.1. LAVADO Y PELADO	36
3.5.2. CORTADO Y PESADO	36
3.5.3. EXTRACCIÓN DEL ALMIDON Y AGUA.....	37
3.5.4. LAVADO DEL ALMIDON POR SEDIMENTADO	37

3.5.5. CUANTIFICACION DE LA CANTIDAD DE ALMIDON EN CADA MUESTRA	39
3.5.6. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN	39
3.5.7. PROCESO DE HIDROLIZADO	39
3.5.8. DISEÑO FACTORIAL PARA LA HIDROLISIS	40
3.5.8.1. OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE HIDROLISIS.....	43
3.5.9. INACTIVACIÓN DE LA ENZIMA α -AMILASA.....	43
3.6. PROCESO DE FERMENTACIÓN	44
3.6.1. BALANCE DE MATERIA GENERAL.....	45
3.6.2. ESTERILIZACIÓN DE LOS MATERIALES	46
3.6.3. PREPARACIÓN DEL MOSTO	46
3.6.4. ESTERILIZACIÓN Y ENFRIAMIENTO	47
3.6.5. ACTIVACIÓN LEVADURA SACCHAROMYCES BAYANUS	47
3.6.6. FERMENTACION ALCOHOLICA	48
3.6.7 FILTRADO	49
3.6.8 DESTILACION	50

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CUANTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE ALMIDON EN CADA MUESTRA	51
4.2. RESULTADOS DEL PROCESO DE HIDROLISIS	53
4.2.1 ANÁLISIS DE AZUCARES TOTALES	53
4.2.2 OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE HIDROLISIS.....	54
4.3 RESULTADOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHOLICA	56
4.3.1 DATOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA FERMENTACIÓN	56
4.3.2 DATOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA FERMENTACIÓN.....	58
4.4 RESULTADOS DEL PROCESO DESTILACIÓN ALCOHÓLICA.....	60
4.4.1 DESTILACION ALCOHÓLICA	60
4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL.....	61
4.5.1 VARIABLE RESPUESTA PORCENTAJES DE AZUCARES TOTALES ..	63
4.5.2 ANALISIS DE REGRESIO LINEAL MULTIPLE	66

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	68
5.2 RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	70

INDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla I-1 Producción mundial bioetanol.....	2
Tabla I-2 Materia prima para la producción de bioetanol.....	3
Tabla I-3 Superficie cultivada, producción y rendimiento de la papa.	4
Tabla II-1 Composición química de la papa	9
Tabla II-2 Contenido de amilosa y amilopectina en almidon	15
Tabla III-1 Composición proximal.....	33
Tabla III-2 Parámetros para la conversión del almidón a dextrina y azúcares fermentables.	41
Tabla III-3 Diseño factorial para el proceso de la hidrólisis.....	42
Tabla III-4 Datos del diseño factorial en la hidrólisis.....	42
Tabla IV-1 Resultados obtenidos en el secado	52
Tabla IV-2 Secado de la muestra 1	53
Tabla IV-3 Resultados de azúcares totales.....	54
Tabla IV-4 Optimización del tiempo de hidrólisis.....	54
Tabla IV-5 Datos obtenidos en la primera fermentación.....	56
Tabla IV-6 Datos obtenidos en la segunda fermentación.	58
Tabla IV-7 Resultados de la destilación discontinua.	60
Tabla IV-8 Datos para el análisis de varianza.....	61
Tabla IV-9 Factores inter-sujetos.....	62
Tabla IV-10 Análisis de varianza ANOVA (porcentajes de azúcares totales)	63
Tabla IV-11 Factores inter-sujetos.....	64
Tabla IV-12 Análisis de Variable ANOVA.....	65
Tabla IV-13 Variables Introducidas/Eliminadas ^b	66
Tabla IV-14 Resumen del Modelo ^b	66
Tabla IV-15 ANOVA ^b	67
Tabla IV-16 Coeficiente ^a	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 La papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	7
Figura 2-2 Amilosa, polímero de unidades de D – glucosas unidas por enlaces α -1,4.	14
Figura 2-3 Amilopectina ramificación con enlace α -1,6.....	14
Figura 2-4 Hidrolisis de amilopectina por acción de alfa y beta amilasa	17
Figura 2-5 La transformación de la dextrina a glucosa por acción de la glucoamilas..	18
Figura: 2-6 Cinética de formación del alcohol.....	21
Figura 2-7 Reactor Batch	29
Figura 3-1 Diagrama de bloques del proceso de conversión del almidón a dextrina y azúcares fermentables	34
Figura 3-2 Balance de materia del proceso de hidrolisis	35
Figura 3-3 Balanza Analítica.	36
Figura 3-4 Extractora de jugo.	37
Figura 3-5 Sedimentación 1	38
Figura 3-6 sedimentación 2.....	38
Figura 3-7 Equipo de enfriamiento	38
Figura 3-8 Enfriamiento de la solución.....	38
Figura 3-9 Solución en baño maría	40
Figura 3-10 Rota vapor.	41
Figura 3-11 Inactivaciones de las enzimas	43
Figura 3-12 Muestra para el análisis.	43
Figura 3-13 Diagrama de bloque del proceso de fermentación alcohólica y destilado.....	44
Figura 3-14 Balance de materia del proceso fermentación alcohólica	46
Figura 3-15 Autoclave Raypa	54
Figura 3-16 <i>Saccharomyces bayanus</i>	48
Figura 3-17 Reactor de fermentación de 10 litros.....	49

Figura 3-18 Equipo de filtrado al vacío.	50
Figura 3-19 Muestra filtrada.	50
Figura 3-20 Rota vapor	60

NOMINA DE ANEXOS

ANEXO 1 Informe de Ensayo de Laboratorio curva de hidrolisis enzimáticas	
ANEXO 2 Informe de Ensayo de Laboratorio diseño factorial	
ANEXO 3 Procedimiento para la Determinación de Alcohol en el Mosto de Fermentación	
ANEXO 4 Procedimiento Para la Determinación de Alcohol en Muestra Destilada	
ANEXO 5 Balance de Materia del Proceso de Hidrolisis	
ANEXO 6 Balance de Materia del Proceso de Fermentación Alcohólica	
ANEXO 7 Ficha Técnica Enzimas	
ANEXO 8 Ficha Técnica Levadura	
ANEXO 9 Descripción de los equipos	
ANEXO 10 Ecuaciones del análisis estadístico	

