



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ALEJANDRA

APELLIDOS: CACUA SILVA

NOMBRE(S): JHON JAIRO

APELLIDOS: GELVEZ BECERRA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGÍA QUÍMICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): DORA CECILIA

APELLIDOS: RODRIGUEZ ORDOÑEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*) PRETRATADA CON ÁLCALIS Y SU POSTERIOR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA CON CELULASA ÁCIDA (CFB3S)

RESUMEN

Este trabajo de grado consistió en la obtención de bioetanol a escala de laboratorio y a escala piloto, el cual se obtuvo a partir de las etapas de pretratamiento químico (con solución de hidróxido de sodio al 2,00%p/v), hidrólisis enzimática con celulasa ácida (CFB3S), fermentación de los azúcares obtenidos en la hidrólisis utilizando *Saccharomyces cerevisiae*, destilación simple (en la escala de laboratorio) y destilación fraccionada (en la escala piloto). Además, para la obtención de Bioetanol se realizó un diseño factorial A*B (2*3), (un factor A cualitativo "tipo de pretratamiento químico", con dos niveles y un factor B cuantitativo "volumen de enzima", con tres niveles) del cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA), pruebas de Tukey para la comparación de los tratamientos y ajustes de curva de respuesta, utilizando el software estadístico R Project, versión 3.2.2.

PALABRAS CLAVE: Hidrólisis enzimática, pretratamiento químico, azúcares reductores totales, fermentación.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 159 **PLANOS:** ____ **ILUSTRACIONES:** ____ **CD ROOM:** 1 ____

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*)
PRETRATADA CON ÁLCALIS Y SU POSTERIOR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA CON
CELULASA ÁCIDA (CFB3S)

ALEJANDRA CACUA SILVA
JHON JAIRO GELVEZ BECERRA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE TECNOLOGÍA QUÍMICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*)
PRETRATADA CON ÁLCALIS Y SU POSTERIOR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA CON
CELULASA ÁCIDA (CFB3S)

ALEJANDRA CACUA SILVA

JHON JAIRO GELVEZ BECERRA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Tecnólogo Químico

Directora

DORA CECILIA RODRIGUEZ ORDOÑEZ

Química, M.Sc.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 07 DE FEBRERO DE 2017 HORA: 4:00 p. m.
LUGAR: AUDITORIO CIENCIAS BASICAS — UFPS
PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGIA QUIMICA
TITULO DE LA TESIS: "OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA CASCARILLA DE ARROZ (*Oriza sativa*) PRETRATADA CON ÁLCALIS Y SU POSTERIOR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA CON CELULASA ÁCIDA (CFB3S)".
JURADOS: JUAN MARIA TORRES CAICEDO
LUIS ALFONSO RIVERA MORENO
JOHN WILMER PARRA LLANOS
DIRECTOR: DORA CECILIA RODRIGUEZ ORDOÑEZ.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ALEJANDRA CACUA SILVA	1930175	4,6	CUATRO, SEIS
JHON JAIRO GELVEZ BECERRA	1930163	4,6	CUATRO, SEIS

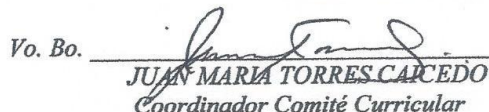
MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS:


JUAN MARIA TORRES CAICEDO


LUIS ALFONSO RIVERA MORENO


JOHN WILMER PARRA LLANOS

Vo. Bo. 
JUAN MARIA TORRES CAICEDO
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Contenido

	pág.
Introducción	18
1. Problema	20
1.1 Título	20
1.2 Planteamiento del Problema	20
1.3 Formulación del Problema	21
1.4 Justificación	22
1.5 Objetivos	23
1.5.1 Objetivo general	23
1.5.2 Objetivos específicos	24
2. Marco Referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Marco Teórico	29
2.2.1 El arroz	29
2.2.1.1 Morfología de la planta de arroz.	30
2.2.2 Cascarilla de arroz (CA)	31
2.2.2.1 Composición de la cascarilla de arroz (CA)	32
2.2.2.2 Composición de la cascarilla de arroz de Colombia	36
2.2.3 Carbohidratos	37
2.2.3.1 Tipos de Carbohidratos	37
2.2.4 Bioetanol	40
2.2.4.1 Producción de etanol como combustible	41
2.2.4.2 El alcohol como combustible	41

2.2.5	Pretratamiento alcalino de materiales lignocelulósicos	42
2.2.6	Hidrólisis enzimática	43
2.2.7	Enzimas	45
2.2.7.1	El centro activo	46
2.2.7.2	Complejo enzima – sustrato	47
2.2.7.3	Especificidad de la enzima	48
2.2.7.4	Enzimas comerciales	49
2.2.8	Cuantificación de azúcares reductores totales por método DNS (3,5-dinitrosalicílico)	51
2.2.9	Proceso de fermentación	52
2.2.9.1	Clasificación de los procesos de fermentación	52
2.2.9.2	Rutas bioquímicas de las fermentaciones	53
2.2.9.3	Fermentación alcohólica	56
2.2.10	Conteo de células en la cámara de Neubauer	57
2.3	Marco Conceptual	58
2.4	Marco Legal	59
3.	Diseño Metodológico	60
3.1	Tipo de investigación	60
3.2	Población y Muestra	60
3.3	Preparación de Soluciones	60
3.3.1	Hidróxido de sodio al 2,00% p/v	60
3.3.2	Solución hipoclorito de sodio 6,25% p/v	60
3.3.3	Solución stock de glucosa anhidra 4,000 g/L	61
3.3.4	Reactivo DNS	61

3.3.5 Buffer citrato de sodio pH 5,00	61
3.4 Diseño Factorial A*B	61
3.4.1 Hipótesis	63
3.5 Desarrollo Experimental	64
3.5.1 Muestreo de la cascarilla de arroz (CA)	64
3.5.2 Determinación del porcentaje de humedad y cenizas en la cascarilla de arroz (CA)	65
3.5.3 Obtención de bioetanol a partir de CA a escala de laboratorio	66
3.5.3.1 Preparación de la muestra (CA)	66
3.5.3.2 Pretratamiento de la CA (deslignificación)	66
3.5.3.3 Secado y molienda	69
3.5.3.4 Hidrólisis enzimática	71
3.5.3.5 Efecto que podrían producir la agitación, la temperatura, el pretratamiento y la adición de enzima, en la producción de azúcares reductores totales (ART)	72
3.5.3.6 Análisis de Azúcares Reductores Totales por el Método de DNS	73
3.5.3.7 Análisis de Varianza (ANOVA)	76
3.5.3.8 Fermentación alcohólica de los jarabes glucosados	76
3.5.3.9 Destilación del alcohol	81
3.5.3.10 Determinación de la concentración de etanol	82
3.5.4 Obtención de bioetanol a partir de la CA a escala piloto	82
3.5.4.1 Pretratamiento químico	82
3.5.4.2 Hidrólisis enzimática	83
3.5.4.3 Fermentación	84
3.5.4.4 Destilación fraccionada	86

3.5.4.5 Determinación de la concentración de etanol en el destilado	90
4. Resultados y Discusión	91
4.1 Determinación del porcentaje de humedad y cenizas presentes en la CA	91
4.2 Obtención de Bioetanol a Partir de CA a Escala de Laboratorio	92
4.2.1 Pretratamiento de la muestra (deslignificación)	92
4.2.2. Secado y molienda	92
4.2.3. Hidrólisis enzimática	92
4.2.4 Determinación de la concentración de ART por espectroscopia UV/vis	93
4.2.5. Análisis estadístico de los datos	97
4.2.5.1 Hipótesis de investigación	98
4.2.5.2 Diseño del tratamiento	98
4.2.5.3 Desarrollo del experimento	98
4.2.5.4 Análisis de varianza (ANOVA)	100
4.2.5.5 Ajuste de curva de respuesta para el factor cuantitativo	102
4.2.5.6 Método de Tukey para todas las comparaciones por pares	109
4.2.6 Efecto que podrían producir la agitación, la temperatura, el pretratamiento y la adición de enzima, en la producción de ART	113
4.2.7 Fermentación alcohólica de los jarabes glucosados a escala de laboratorio	117
4.2.8 Destilación y determinación del contenido de alcohol	120
4.3 Proceso de obtención de bioetanol a partir de la CA a escala piloto	120
5. Conclusiones	125
6. Recomendaciones	128
Referencias Bibliográficas	129
Anexos	136