



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**OBTENCIÓN DE JARABE DE GLUCOSA POR
HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA COMO PROCESO DE
VALORACIÓN ECONÓMICA DE RESIDUOS DE
LA CÁSCARA DE PLÁTANO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

VIDAL BRAÑES ELITA AQUILA

ASESOR:

ING. LUIS ANTONIO PALOMINO DE LA MATA

HUANCAYO – PERÚ

2018

ASESOR:

ING. LUIS ANTONIO PALOMINO DE LA MATA

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, a mi mamá Esmilia Lube Brañes Lermo por su apoyo incondicional, confianza y ánimos que me brinda para alcanzar mis metas, a mi adorado abuelito José Eliseo Brañes Beltrán y a mi hermano Javier a quienes amo, y a mis amigos y docentes ingenieros quienes siempre estuvieron apoyándome durante mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A mis familiares en especial a mi mamá, mi abuelito y mi hermano por haberme apoyado en todo momento con sus palabras de aliento y su apoyo económico, a mis ingenieros de la facultad por la enseñanza brindada durante estos cinco años.

A mis amistades que siempre estuvieron animándome y que confiaron en mí.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	x
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCION.....	xv
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Caracterización del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problema específico	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis	3
1.4.1 Hipótesis general	3
1.4.2 Hipótesis específicas	3
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.5.1 Justificación	4
1.5.2 Importancia	4
1.6 Limitaciones de la investigación.....	4
CAPITULO II.....	5
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1 Marco referencial	5
2.1.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Marco legal	7

2.3	Marco conceptual.....	8
2.3.1	Almidón.....	8
2.3.2	Amilosa.....	8
2.3.3	Amilopectina	8
2.3.4	Hidrólisis enzimática del almidón.....	8
2.3.5	Enzimas	8
2.3.6	α – amilasa	8
2.3.7	Jarabe de glucosa	9
2.3.8	Glucosa.....	9
2.3.9	Hidrólisis	9
2.4	Marco Teórico	9
2.4.1	Frutos climatéricos.....	9
a)	Origen	9
b)	Propiedades funcionales del plátano.....	10
c)	Propiedades funcionales de la cáscara de plátano.....	10
2.4.2	Almidón.....	11
a)	Amilosa.	12
b)	Amilopectina.....	12
2.4.3	Enzima.....	14
a.	Definición.....	14
2.4.4	Estructura de la enzima	14
2.4.5	Clasificación de las Enzimas	15
2.4.6	Hidrólisis enzimática del almidón.....	15
2.4.7	Gelatinización.	17
2.4.8	Cinética enzimática.....	17
2.4.9	Modelo Cinético propuesto por Michaelis-Menten.....	17
2.4.10	Factores que intervienen en la velocidad de degradación de la enzima.	26
a)	Efecto del pH	26
b)	Efecto de la temperatura.....	26
c)	Efecto de la concentración enzima - sustrato	27

2.4.11 Alfa-amilasa.....	28
2.4.12 Actividad enzimática.....	29
2.4.13 Jarabe de glucosa.....	29
a) Aplicaciones del jarabe de glucosa.....	29
2.4.14 Glucosa.....	29
CAPÍTULO III.....	31
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	31
3.1 Metodología.....	31
3.1.1 Método.....	31
3.1.2 Tipo de Investigación.....	38
3.1.3 Nivel de Investigación.....	38
3.2 Diseño de la Investigación.....	38
3.3 Hipótesis de la investigación.....	39
3.3.1 Hipótesis general.....	40
3.3.2 Hipótesis específicas.....	40
3.4 Variables.....	41
3.4.1 Variable Independiente.....	41
3.4.2 Variable Dependiente.....	41
3.5 Cobertura de estudio.....	41
3.5.1 Universo.....	41
3.5.2 Población.....	41
3.5.3 Muestra.....	41
3.5.4 Muestreo.....	42
3.6 Técnicas de Instrumentos.....	42
3.6.1 Técnicas de la Investigación.....	42
3.6.2 Instrumentos de la investigación.....	43
3.6.3 Fuentes.....	43
3.7 Procesamiento estadístico de la información.....	43
3.7.1 Estadísticos.....	43
3.7.2 Representaciones.....	43

3.7.3 Técnicas de Comprobación de la hipótesis	44
CAPÍTULO IV	45
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
4.1 Resultados.....	45
4.1.1 Secado de la cáscara de plátano.....	45
4.1.2 Caracterización fisicoquímica del almidón	47
4.1.3 Curva de calibración	47
4.1.4 Determinar la óptima concentración del cofactor (Ca)	48
4.1.5 Determinación del pH y temperatura con la enzima (alfa-amilasa) en la obtención de glucosa.....	49
4.1.6 Determinación del rendimiento y las constantes cinéticas <i>K_m</i> , <i>V_{máx}</i>	50
4.1.7 Valorización Económica	54
4.2 Discusión de resultados	55
4.2.1 Probabilidad de % de concentración de jarabe de glucosa	55
4.2.2 Intervalo de confianza simultánea de la diferencia – 95% de FISHER	56
4.2.3 Comparación múltiple de FISHER para la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir de los residuos de la cáscara de plátano	56
4.2.4 Gráfica de comparaciones Múltiples.....	57
4.3 Contrastación de hipótesis.....	57
4.3.1 Contrastación de hipótesis general.....	57
4.3.2 Contrastación de hipótesis específicas.....	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	65
Anexo N°1 cuantificación de reducción de azúcares método DNS. (3,5 – ácido dinitrosalicílico).....	65
Anexo N°2 Análisis fisicoquímico de la cáscara del plátano	66

Anexo N°3 Análisis Físicoquímico para saber la temperatura de gelatinización y almidón de la cáscara de plátano.....	67
Anexo N°4 Análisis físicoquímico de la cáscara del plátano para saber la cantidad de amilosa y amilopectina contiene.....	68
Anexo N°5 Ficha técnica de enzima alfa-amilasa.....	69
Panel Fotográfico.....	74

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

E: Enzimas

S: Sustrato

P: Producto

T: Temperatura

Ppm: partes por millón

M: molaridad

N: Concentración normal

Min: minutos

L: litros

g: gramos

W: peso de glucosa

Rpm: revoluciones por minuto

K_m : Constante de Michaelis-Menten (g/mL).

$V_{m\acute{a}x}$: Velocidad máxima (g/mL.min)

[S]: Concentración del sustrato (g/mL).

C_S : Concentración del sustrato (g/mL)

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Enzima empleada en diferentes aportes y a que sustratos eliminan.....	16
Tabla 2:Diseño experimental.....	37
Tabla 3:De doble entrada para garantizar la mayor concentración de jarabe de glucosa con una temperatura y pH y óptimos con el proceso de hidrólisis enzimática.....	39
Tabla 4: ANOVA con la prueba de Fisher	40
Tabla 5: Tiempo de secado de la cáscara de plátano	46
Tabla 6: temperatura de gelatinización de la cáscara de plátano	47
Tabla 7: Concentración de la glucosa anhidra (g/L) con su respectiva curva de absorbancia.....	47
Tabla 8: Concentración de glucosa con diferentes concentración de cofactor (Ca)	48
Tabla 9: Concentración de glucosa obtenida	49
Tabla 10: Determinación del rendimiento de la hidrólisis enzimática.....	52
Tabla 11: Determinación de la cinética de la hidrólisis enzimática.....	53
Tabla 12: Valorización Económica	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de la platanera	10
Figura 2: Estructura del almidón	11
Figura 3: Estructura de la amilosa.....	12
Figura 4: Amilopectina	13
Figura 5: Estados centro activo de la enzima.....	14
Figura 6: Formación enzima - sustrato.....	17
Figura 7: Velocidad de reacción y concentración de Sustrato para una reacción característica catalizada por una enzima.	21
Figura 8: Lineweaver-Burk,	22
Figura 9: Hanes-Woolf	23
Figura 10: Hanes-Woolf	24
Figura 11: Michaelis-Menten ecuación integrada.....	25
Figura 12: Efecto de pH en la actividad enzimática	26
Figura 13: Efecto de la temperatura en la actividad enzimática.....	27
Figura 14: Efecto de la concentración del sustrato.	28
Figura 15: Alfa amilasa	29
Figura 16: diagrama de bloques de la obtención de jarabe de glucosa	34
Figura 17: Curva de patrón de glucosa.	48
Figura 18: Curva de la concentración del cofactor (Ca) en función a la glucosa.....	49
Figura 19: Determinación de la cinética de la hidrólisis enzimática	54
Figura 20: Secado de la cáscara de plátano	74
Figura 21: Cáscara de plátano seca, tamizando	74
Figura 22: Cáscara de plátano tamizada con malla de (60 μ m).	74
Figura 23: Se preparó el DNS (acido, 3.5 dinitrosalicílico)	75
Figura 24: Preparación de la glucosa anhidra (solución madre) con 1litro de agua y 100g de glucosa anhidra.	75
Figura 25: Se preparó a diferentes concentraciones en fioles de 100ml. La glucosa anhidra (solución madre)	76
Figura 26: Pesando cáscara de plátano.....	76

Figura 27: Se preparó las muestras a diferentes concentraciones de 75, 100 y 125 ppm de cloruro de calcio que trabaja como el cofactor.	77
Figura 28: Acondicionando el pH.	77
Figura 29: Los cofactor fueron colocando en un Baño Maria a 70 °C durante 30 minutos. Este tiempo es para la mejor gelatinización del almidón.	78
Figura 30: Se añadió agua destilada al Baño María hasta a una temperatura de 50 ° C por 60 minutos. Con fin de reacción de la enzima.	78
Figura 31: Las muestras obtenidas se hicieron centrifugar en tubos de 10mL por 500 rpm por un tiempo de 15 minutos.	78
Figura 32: Se preparó cada uno de las muestras con un 1ml de DNS y 1ml de la solución obtenida.	79
Figura 33: A los tubos de ensayo se les llevo a ebullición por 15 minutos.....	79
Figura 34: Tubos de ensayo con las muestras obtenidas después de estar en la coccinilla y aforado a 20 ml, para lecturas de absorbancia a 540 nm.	80
Figura 35: Tubos de ensayo con la enzima alfa-amilasa después de estar en la centrifuga.	80
Figura 36: Se realiza la respectiva lectura de absorbancia con el espectrofotómetro a 540nm.	81

RESUMEN

En la presente investigación se determinó las mejores condiciones de temperatura y pH para obtener la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir del almidón de cáscara de plátano por hidrólisis enzimática, que es una alternativa para dar un valor económico a estos desechos orgánicos. El almidón de la cáscara de plátano es de gran interés por presentar una fracción considerable de almidón.

Para obtener el jarabe de glucosa se procedió a secar la cáscara de plátano fresca, en un secador por un periodo de 10 horas a 30°C, hasta llegar a una humedad de equilibrio de 0,06 en base seca, para después realizar la molienda y tamizado del producto seco; de este producto final se utilizó 40,15 g de almidón obtenido de la cáscara de plátano en 1 L de agua, se agregó 10 mL de cloruro de calcio a 100 ppm como cofactor y 5 mg de enzima α -amilasa. El almidón se gelatinizó a 70°C durante 30 minutos, mientras que la hidrólisis enzimática fue 60 minutos y a diferentes temperaturas y pH. La mayor concentración de glucosa fue 9,537 g/L a un pH de 5 y 45°C. A estas condiciones se determinó la cinética de la hidrólisis para la determinación de la concentración de glucosa en el jarabe obtenido en intervalos de 15 minutos, donde la Constante de Michaelis-Menten (K_m) es 20,3666 g/mL y la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) es 0,03462 g/mL.min. Respecto al rendimiento del sustrato (almidón), se alcanzó el valor máximo del 32,96% en la hidrólisis.

Palabra clave: Hidrólisis enzimática, almidón, cáscara de plátano, alfa-amilasa, jarabe de glucosa.

ABSTRACT

In the present investigation the best conditions of temperature and pH are determined to obtain the highest concentration of glucose syrup from banana peel starch by enzymatic hydrolysis, which is an alternative for an economic value to these wastes. The starch of the banana peel is of great interest because it presents a considerable part of starch. To obtain the glucose syrup, you must follow a fresh banana peel, a dryer for a period of 10 hours at 30 ° C, until reaching an equilibrium moisture level of 0.06 on a dry basis, then grind and sieve. of the dry product; 40.15 g of starch obtained from banana peel in 1 L of water, 10 ml of calcium chloride at 100 ppm as a cofactor and 5 mg of α -amylase enzyme. The starch was gelatinized at 70 ° C for 30 minutes, while the enzymatic hydrolysis was 60 minutes at different temperatures and pH. The highest glucose concentration was 9.537 g / L at a pH of 5 and 45 ° C. At these conditions the kinetics of the hydrolysis was determined for the determination of the concentration of the glucose in the syrup at intervals of 15 minutes, where the Constant of Michaelis-Menten (K_m) is -20.3666 g / mL and the maximum speed (V_{max}) is 0.03462 g / mL.min. Regarding the performance of the substrate (starch), the maximum value of 32.96% is obtained in the hydrolysis. Keyword: Enzymatic hydrolysis, starch, banana peel, alpha-amylase, glucose syrup.

INTRODUCCION

Actualmente la contaminación ambiental se ha convertido a nivel mundial en una problemática debido a diversos factores como el crecimiento demográfico, las diversas actividades del hombre y la falta de cultura ambiental. Para evitar que la cáscara de plátano sea parte de la problemática de residuo sólido orgánico y generar vectores por su descomposición, una alternativa de solución es recolectar la cáscara de plátano y utilizarla para la producción de jarabe de glucosa. Por lo que el almidón de la cáscara de plátano es una alternativa para el desarrollo de productos alimenticios como la elaboración de golosinas, pasteles; por residuos orgánicos y con la finalidad de evaluar dicho potencial, El almidón de cáscara de plátano pasa por un proceso de hidrólisis enzimática para obtener jarabe de glucosa, la cual es una alternativa de valoración económica del residuo de la cáscara de plátano. Es necesario que la producción de glucosa sea la mayor posible, por lo que se determinó la influencia del pH y la temperatura en la concentración de glucosa en la hidrólisis enzimática a partir de la cáscara de plátano utilizando la enzima α – amilasa.

El presente trabajo desarrolló 4 capítulos. El capítulo I, hace referencia a la caracterización del problema. En el capítulo II se detallan los antecedentes de la investigación, marco teórico y conceptual sobre la hidrólisis enzimática. En capítulo III se desarrolla los métodos, materiales y toma de muestras que se usó en esta investigación. Y en el capítulo IV se presenta los resultados y discusiones con la comprobación de hipótesis.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Caracterización del problema

Los desperdicios son residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que son generados durante diversos procesos como la fabricación de varios productos de consumo y por la satisfacción de bienes y servicios. Si los residuos no son manipulados adecuadamente, estos generan riesgos para la salud y contaminación ambiental. De acuerdo al informe de gestión de los residuos sólidos municipales en el Perú, actualmente se generan por día 20 000 TM.

En la provincia de Huancayo se generan 120 TM en promedio de residuos sólidos cada día, cada persona en promedio consume 45,7 kg anuales de cáscara de plátano y 21 311 TM anuales de cáscara de plátano. En el distrito de El Tambo se generan 6 710 TM de cáscara de plátano anual.

Según la ley de gestión integral de residuos sólidos los municipios se hacen cargo a través de proyectos y capacitaciones de educación ambiental a la población con el fin de reducir, reusar y reciclar residuos sólidos, los gobiernos locales cada vez están más consientes de la contaminación de residuos y desarrollan acciones de segregación o

separación de los residuos sólidos en la fuente, para una gestión sostenible de residuos sólidos.

Con la expansión de la economía a partir del siglo XX, basada en la cultura del usar y tirar, la población no reutiliza ni recicla, esta es una problemática de hoy en día que genera contaminación ambiental.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál será el pH y la temperatura óptima de hidrólisis enzimática que trabajen a un cofactor adecuado capaces de garantizar la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir de los residuos de la cáscara de plátano?

1.2.2 Problema específico

- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y el punto de humedad de equilibrio en el secado de residuos de la cáscara de plátano?
- ¿Cuál será la influencia del pH y temperatura de hidrólisis enzimática en la obtención de jarabe de glucosa a partir de residuos de la cáscara de plátano?
- ¿Cuál son las constantes cinéticas K_m y $V_{máx}$ del modelo de Michaelis-Menten a las condiciones óptimas de degradación de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano?
- ¿Cuál será la valorización económica del mejor tratamiento de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar el pH y la temperatura óptimos de hidrólisis enzimática que trabajen a un cofactor adecuado capaces de garantizar la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir de los residuos de la cáscara de plátano.
-

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las características fisicoquímicas y el punto de humedad de equilibrio en el secado de residuos de la cáscara de plátano.
- Determinar la influencia del pH y temperatura de hidrólisis enzimática en la obtención de jarabe de glucosa a partir de residuos de la cáscara de plátano.
- Determinar las constantes cinéticas K_m y $V_{m\acute{a}x}$ del modelo de Michaelis-Menten a las condiciones óptimas de degradación de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.
- Determinar la valorización económica del mejor tratamiento de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

- A pH y temperatura óptima de 5 y 45°C respectivamente, y una concentración de cofactor de CaCl₂ de 100 ppm, se garantiza la mayor concentración de jarabe de glucosa por hidrólisis enzimática a partir de los residuos de la cáscara de plátano.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La temperatura de la gelatinización, humedad y porcentaje de almidón de los residuos de la cáscara de plátano son 70 °C; 82.02% y 12.16, respectivamente. Mientras el punto de humedad de equilibrio en el secado es 0.06.
- El pH y temperatura influyen significativamente en la concentración de glucosa del jarabe en la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.
- A las condiciones óptimas de degradación de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano, la Constante de Michaelis-Menten (K_m) es -20,3666 g/mL y la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) es 0,03462 g/mL.min.

- La valorización económica del mejor tratamiento de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano será 25.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

1.5.1 Justificación

En el distrito de El tambo se generan 6 710,9 toneladas de cáscara de plátano anuales. El motivo principal de la presente investigación se basa en la valorización de la cáscara de plátano, porque forma parte de la problemática de la contaminación por residuos sólidos orgánicos que en su descomposición produce gases como el CO_2 y CH_4 y olores desagradables al ambiente, generan proliferación de vectores (moscas). En la investigación la cáscara de plátano pasa por un proceso de hidrólisis enzimática para obtener jarabe de glucosa. Con este proceso estaríamos contribuyendo con una nueva alternativa de solución.

1.5.2 Importancia

En la presente investigación se da valor agregado a la cáscara de plátano, con la finalidad de obtener jarabe de glucosa mediante el tratamiento de hidrólisis enzimática.

Por lo tanto este proyecto es importante porque se recicla la cáscara del plátano que es un residuo orgánico que no tiene valor agregado.

1.6 Limitaciones de la investigación

El proceso de secado es costoso.

La cosecha de plátano es estacionario.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco referencial

2.1.1 Antecedentes de la investigación

Melo & Torres (2015), evaluó el efecto de la hidrólisis enzimática del almidón de la pulpa y cáscara de plátano para obtener maltodextrina la extracción del almidón fue durante 24 horas a una temperatura de 40°C, el proceso de hidrólisis enzimática se dio con la enzima α -amilasa con una temperatura de 72 °C y con un pH de 6.5, el análisis químico se desarrolló con el método DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico).

Dunque (2014), estudió la evaluación y simulación para obtener jarabe de glucosa, trabajo con el plátano verde ya que tiene mayor almidón en la cáscara y pulpa. Se utilizó la enzima α -amilasa para el proceso de hidrólisis enzimática. Los azúcares obtenidos se determinó por el método DNS con 540 nm ondas de longitud del espectrofotómetro.

Espinoza (2013), estudió la obtención de etanol a partir de la cascara del plátano se realizó por tres procesos, primero paso por hidrólisis alcalino se realizó a tres temperaturas (50, 70 y 90 °C)

con diferentes concentraciones de NaOH (1,5 , 2 y 2,5%) durante 60 min, segundo paso por hidrólisis enzimático utilizando la enzima celulosa a concentraciones (1.5, 2 y 3%) con 10g de sustrato (cáscara de plátano) a temperatura de (55°C) y pH de (5, 5.5 y 6), por un periodo de 48 horas. El tercer paso la fermentación se dio durante 72 horas con una temperatura de 27°C y un pH de 4.5, con la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*.

Gerena (2013), estudió la elaboración de jarabes azucarados por hidrólisis química del almidón de la cáscara de naranja y la cáscara de papa, hizo secar durante 20 horas a una temperatura de 100°C, para luego triturar y tamizar. Para la hidrólisis acida se utilizó ácido sulfúrico en un porcentaje del 20% y luego se ejecutó la hidrólisis de la cáscara de papa con un pH 5,9 y la cáscara de naranja con un pH 4.3 y una temperatura de 94°C durante un período de 6 horas.

Quitiguiña & Santacruz (2012), estudió la obtención de jarabe de glucosa del almidón de plátano por hidrólisis enzimática con la α -amilasa. En este estudio se realizó con el plátano licuado y centrifugado la parte sedimentada fue llevada al secador de bandejas a una temperatura de 45°C por un tiempo de 48 horas. En este proceso se utilizó un pH de 5.5 y 82 de temperatura teniendo un rendimiento de 90.14%.

Mera & Carrera (2005), estudió la obtención del jarabe de glucosa del almidón de la yuca, se realizó el proceso de hidrólisis enzimática utilizando dos enzimas la alfa amilasa a concentración de 0.1% durante 120 min y un pH 6 de y una temperatura de 70°C y con la enzima glucoamilasa a concentración de 0.25% a un pH 8.5 de y temperatura de 65°C durante 36 horas.

El almidón de la yuca tiene un potencial alto para la producción de jarabe de glucosa, obtuvo mejores resultados con la alfa amilasa.

2.2 Marco legal

Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

DECRETO SUPREMO N° 014-2017-MINAM

Artículo 1.- Objeto. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, tiene de finalidad la eficiencia del manejo y gestión de residuos sólidos, y la valorización material y energética de los residuos sólidos.

Sub Capítulo 5

Valorización De Residuos Sólidos Municipales

- **Artículo 36.- Aspectos generales.** La valorización de residuos sólidos municipales debe ser en la disposición final. Las municipalidades pueden realizar las operaciones de valorización de residuos sólidos municipales descritas en el **artículo 48 obligaciones del generador no municipal** del Decreto Legislativo, directamente o a través de las organizaciones de recicladores debidamente formalizados o las EO-RS
- **Artículo 37.- Plantas de valorización.** “Las municipalidades pueden implementar plantas de valorización material o energética de residuos sólidos municipales, en infraestructuras que cumplan con las características establecidas en el **artículo 105 características de las plantas de valorización** Para el diseño de las plantas de valorización se debe considerar, como mínimo, los siguientes aspectos: a) Contar con áreas para la maniobra y operación de vehículos y equipos sin perturbar las actividades operativas; b) Independización del área de manejo de residuos del área administrativa y de los laboratorios; c) Contar con sistemas de iluminación y ventilación; d) Contar con paredes y pisos impermeables y lavables; e) Contar con sistemas contra incendio.

Sub Capítulo 4

Valorización De Residuos Sólidos No Municipales

Artículo 65.- Disposiciones generales La valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos sólidos.

Artículo 67.- Operaciones de valorización energética Constituyen operaciones de valorización energética, residuos con la finalidad de aprovechar su potencial energético, tales como: coprocesamiento, coincineración, generación de energía en base a procesos de biodegradación.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Almidón

Es la principal reserva de energías de las plantas que es sintetizada durante la fotosíntesis y se almacena en los amiloplastos de las células vegetativas.

2.3.2 Amilosa

Es un polímero lineal, de enlaces glucosídicos α -(1,4), está formada de 500 a 600 de D-glucosa, por una cadena lineal.

2.3.3 Amilopectina

Es una molécula que tiene ramificaciones parecidas a las de un árbol; están unidas por enlaces α -D-(1,6)- glucosídico, al tronco central

.Hidrólisis enzimática del almidón

Este proceso se da por las enzimas hidrolasas. Donde existe una ruptura de moléculas del almidón (enlaces α -1,4 y α -1,6) quedando como resultado la glucosa, maltosa y dextrinas.

2.3.4 Enzimas

Es una molécula proteica catalizadora que acelera las reacciones bioquímicas en el metabolismo celular. Las enzimas realizan una separación del sustrato permitiendo diversos procesos celulares, biológicos e industriales.

2.3.5 α – amilasa

Es una enzima catalizadora en la hidrólisis, tal como el almidón y, liberando glucosa, los alimentos que tienen el almidón son generalmente de textura viscosa. (Terebiznik, 1998, pág. 8)

2.3.6 Jarabe de glucosa

Es una solución acuosa de glucosa que contienen soluciones azucaradas y otros oligosacáridos llamados dextrinas, son líquidos viscosos por lo general.

2.3.7 Glucosa

Es la fuente principal de energía en nuestro cuerpo, es un carbohidrato sintetizado por el hígado y los riñones; que es transformada a glucógeno para ser usada como reserva corporal. Su fórmula $C_6H_{12}O_6$ es un monosacárido que se encuentra en las frutas.

2.3.8 Hidrólisis

Se trata de romper el agua, ya que en una reacción química existe agua y existe ruptura de un enlace, tenemos una sustancia AB, y nos da como resultado A y B.

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Frutos climatéricos

Son frutos que maduran después de ser cosechados. Este tipo de frutos, aumentan su producción de etileno, hormona responsable del proceso de maduración y envejecimiento del fruto. (Yahía, 2017)

2.4.1.1 Plátano

a) Origen

Daniells (2001), afirma que su origen es de la región Indomalaya. Proviene de dos especies; *Musa acuminata* y de *Musa balbisiana*, dando como resultado *Musa x paradisiaca*.

El plátano es uno de los cultivos más comunes en todos los países con clima tropical, es consumida solo la pulpa, generando grandes cantidades de residuo, esto generalmente se coloca en basureros municipales ocasionando problemas ambientales. (Blasco, 2014, pág. 2)

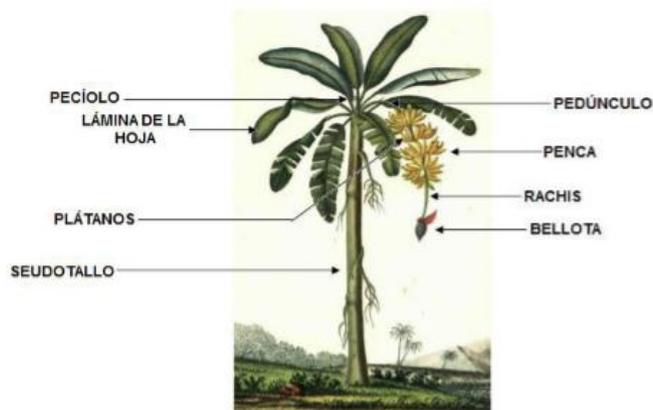


Figura 1 Partes de la platanera

Fuente: (Blasco, 2014, pág. 2)

b) Propiedades funcionales del plátano.

Al consumir solo un plátano nos proporciona 23% de potasio al organismo ya que contiene diversas propiedades de alimentación. (Blasco, 2014, pág. 2)

c) Propiedades funcionales de la cáscara de plátano.

La cáscara representa el 40% del peso del fruto aproximadamente, sus componentes químicos de la cáscara de plátano y la pulpa contienen varios antioxidantes como la dopamina, son ricas en fibra dietética.. (Blasco, 2014, pág. 2)

2.4.1.2 Producción mundial

El plátano es una fruta producida a nivel mundial en más de 156 países como India, China, Filipinas, Indonesia.

La cosecha de plátano se realiza en 128 países en todo el mundo, el rendimiento oscila entre 1 tonelada hasta 59 toneladas por hectárea.

2.4.1.3 Nacional

Presenta un rendimiento promedio de 16,8 toneladas por hectárea en el Perú.

2.4.1.4 Consumo nacional del plátano

En el Perú se consume por habitante en un nivel máximo de 45,7 kg por persona.

2.4.2 Almidón

Murgas & Vasquez (2012), define como la reserva energética y alimenticia de las plantas, generan un 80% de calorías al cuerpo humano.

Barros (2012), asegura que los gránulos de almidón no se pueden utilizar en su forma completa; es importante la ruptura para los procesos metabólicos.

Rueda (2012), asegura que en las paredes rígidas de la celulosa se encuentra el almidón. Es el polisacárido más abundante de reserva de las plantas.

Blasco (2014), define como un polímero importante de origen natural, se encuentra almidón en frutas.

Melgar (2013), considera la reserva de energía de los alimentos de origen vegetal está conformado por amilopectina y amilosa, son moléculas de gránulos semicristalinos.

Matos & Munguia (2008), asegura que se encuentra en los cereales y tubérculos es la principal reserva de energía para el cuerpo humano.

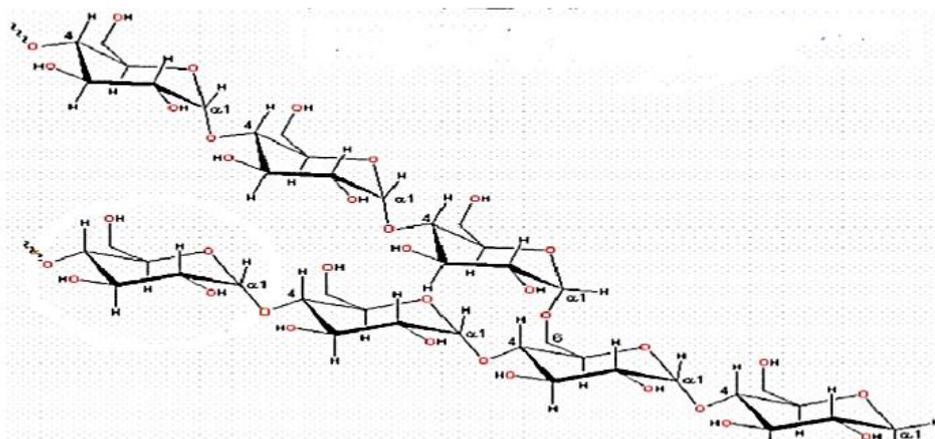


Figura 2 Estructura del almidón

Fuente: (Molina, 2009, pág. 9)

a) Amilosa.

Lipa & Maquera (2013), afirma que los almidones que tienen mayor porcentaje de amilosa son difíciles de solubilizar y son resistentes a la degradación química o enzimática.

Beltrán & Herreño (2010), asegura que los almidones en su mayoría contienen el 25% de amilosa, sus ramificaciones están separadas por largas distancias así sea su punto de ramificación larga o corta.

De la Rosa (2009), define como el principal polímero lineal que están unidas por enlaces α (1,4) formado por unidades de glucosa, pero se ha demostrado que existen algunas ramificaciones unidas por enlaces α (1,6) a la cadena lineal.

Aguilar (2008), afirma que contribuye en el proceso de gelatinización, ya que la amilopectina es gelificante dando consistencia a los alimentos viscosos

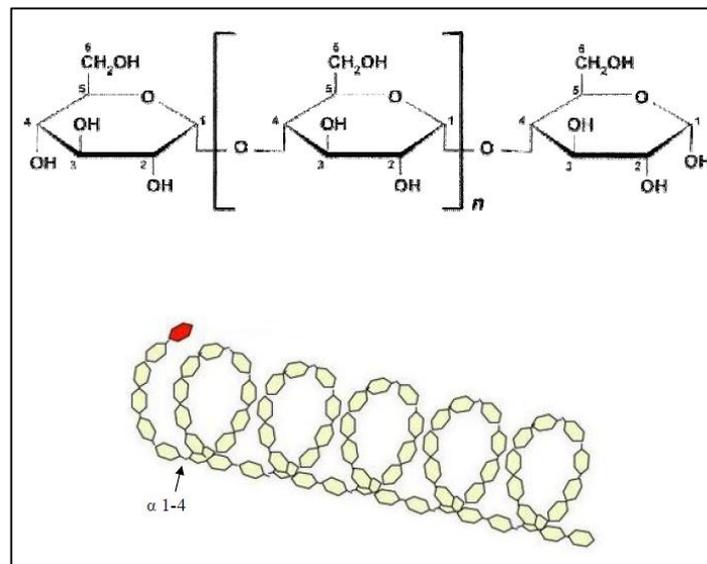


Figura 3 Estructura de la amilosa

Fuente. (Rosa, 2009, pág. 19)

b) Amilopectina

Aguilar (2008), define como un polímero ramificado que no es gelificante pero da viscosidad a los alimentos está formada por cadenas lineales de 25-30 unidades de glucosa.

Acuña (2012), afirma que está constituida por ramificaciones que se parecen a las ramas de un árbol que están unidas por enlaces α -(1,6)- glucosídico al tallo (tronco central). Existen almidones que están compuestos específicamente por amilopectina.

Beltrán & Herreño (2010), aseguran que está formada por glucosa, unido por enlaces α -(1,4) la mayoría de los almidones dependen principalmente de su origen botánico.

De la Rosa (2009), considera que si no existiría la desramificación de las moléculas, no llegaría al grado de polimerización la cual nos explica que los gránulos de almidón existente en las moléculas tienen repercusiones en las actividades fisicoquímicas y en la digestión del almidón.

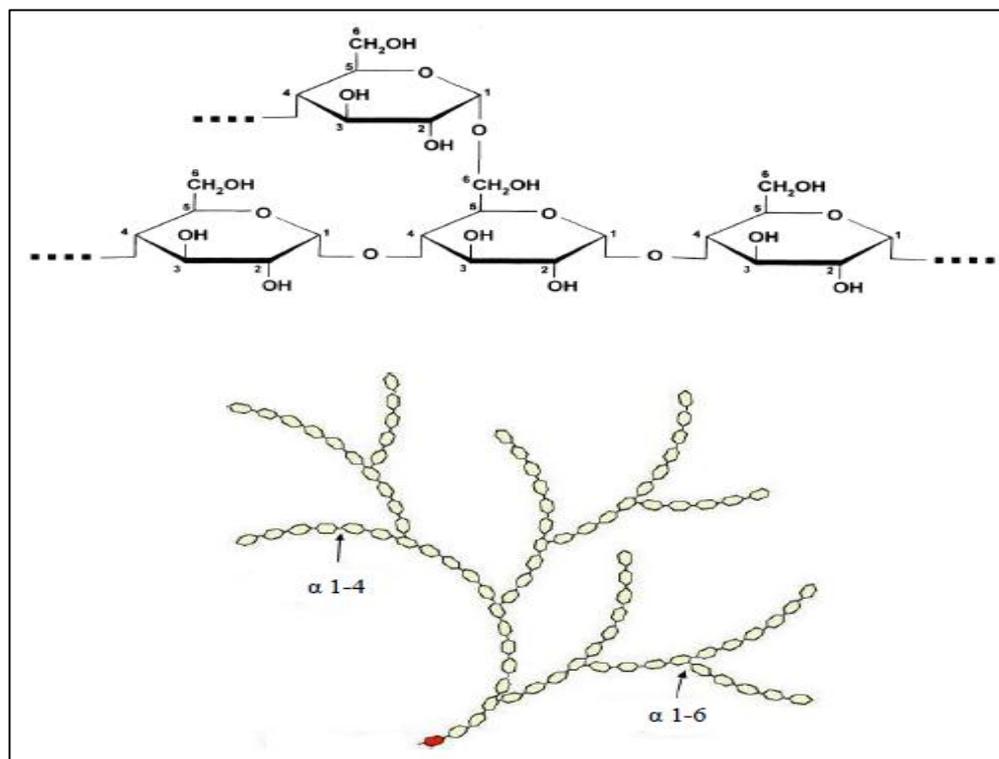


Figura 4 Amilopectina

Fuente: (De la Rosa, 2009, pág. 19).

2.4.3 Enzima

a. Definición.

Rueda (2012), la conceptualiza como una proteína catalizadora para metabolismo bioquímico. Las moléculas conocidas como sustratos permiten diversos procesos celulares, biológicos e industriales.

Espinosa (2013), afirma que las enzimas aceleran cualquier proceso pero disminuyen, la energía de activación de una reacción. No todas las enzimas actúan, algunas necesitan de un cofactor para su proceso ya que pasa por una transformación química. Tienen mayor eficiencia que cualquier catalizador industrial.

Aguilar (2008), asegura que cada enzima trabaja con un pH y una temperatura adecuada, ya que si no son adecuados no existía una catalización eficiente.

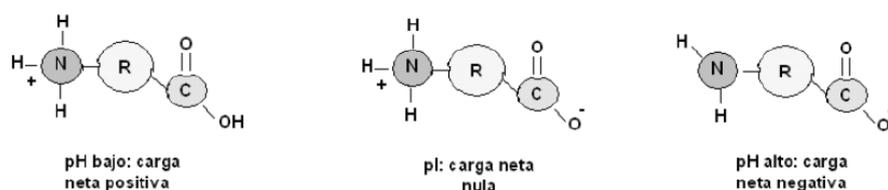


Figura 5 Estados centro activo de la enzima

Fuente: (Ruiz, 2009, pág. 20)

2.4.4 Estructura de la enzima

Ruíz (2009), afirma que son los responsables de la regulación de la actividad enzimática; su estructura polipeptídica es susceptible con el medio ambiente.

Su estructura es tridimensional; es una proteína que esta relacionada con su estructura primaria es determinada por sus propiedades funcionales que lo rodean. La estructura secundaria es por los residuos que se generan entre la interacción de la estructura primaria y los aminoácidos.

2.4.5 Clasificación de las Enzimas

Albán & carrasco (2012), aseguran que las enzimas llevan el nombre del sustrato más el sufijo: asa.

- **Oxidorreductasas:** Son enzimas que catalizan solo reacciones de óxido-reducción; es decir, realizan una transferencia de un sustrato a otro de un electrón o un hidrogeno.
- **Transferasas:** Su función es de transferir de un grupo químico a otro grupo que no sea el hidrogeno a un sustrato.
- **Hidrolasas:** aceleran los procesos de las reacciones de hidrólisis.
- **Liasas:** Catalizan la soldadura o ruptura de sustratos como ejemplo tenemos el acético = acetona + CO₂
- **Isomerías:** Realizan una interconversión de isómeros.
- **Ligasas o Sintasas:** Unen dos sustratos por hidrólisis.

2.4.6 Hidrólisis enzimática del almidón

Cruz (2012), asegura que la catálisis enzimática solo afecta en la gelatinización del almidón, en esta fase el gránulo del almidón absorbe agua obteniendo una textura viscosa como la glucosa o maltosa entre otros azúcares.

Ruíz (2009), define que la hidrólisis enzimática sucede en la licuefacción (alfa amilasa) y sacarificación (mezcla de enzima con sustrato) para obtener jarabe de glucosa.

Aguilar (2008), afirma que el almidón sufre hidrólisis por las amilasas para así facilitar el proceso de obtención de glucosa.

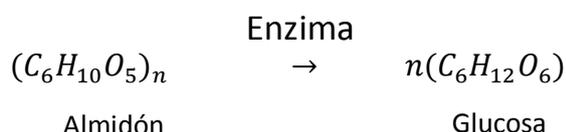


Tabla 1 Enzima empleada en diferentes aportes y a que sustratos eliminan.

ENZIMAS	SUSTRATO	PRODUCTO
diastasa	almidón	glucosa
α-amilasa	amilasa	glucosa
	amilopectina	
β-amilasa	amilasa	glucosa ,
	amilopectina	celobiosa
celulasa	celulosa	fragmentos de
		proteína + aminoácidos
proteasa	proteínas	fragmentos de
	excepto colágeno	proteína + aminoácidos
tripsina	proteínas	fragmentos de
		proteína + aminoácidos
colágenas	colágeno	fragmentos de
		proteína + aminoácidos
gelatinasa	colágeno	fragmentos de
	hidrolizado	proteína + aminoácidos
lipasa	grasas	glicerina + ácidos grasos
oleasa	aceites	glicerina + ácidos grasos
pancreatina	mezcla de manchas	mezcla de fragmentos

Fuente: (Franklin, sin fecha, pág. 83)

2.4.7 Gelatinización

Cuando el almidón absorbe suficiente agua se hincha de 30% a 50% de su tamaño. La gelatinización absorbe energía, es decir es un proceso endotérmico que separa las moléculas del almidón. (De la Rosa, 2009, pág. 24)

2.4.8 Cinética enzimática

Uribe (2004), estudia la velocidad de las enzimas catalizadoras, en este proceso el sustrato desaparece y aparece el producto con relación al tiempo; obteniendo la curva (cinética de la reacción). La velocidad disminuye conforme al consumo del sustrato.

La cinética enzimática es el efecto de la velocidad inicial y sustrato, siendo la concentración de la enzima constante.

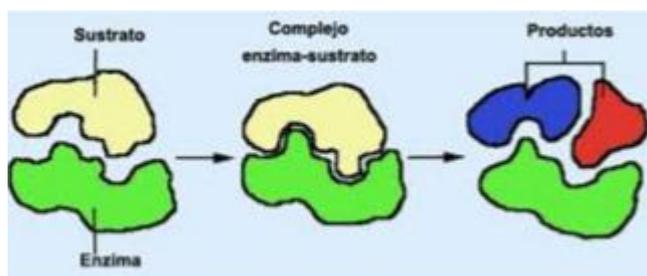


Figura 6 Formación enzima - sustrato

Fuente: (Espinosa, 2013, pág. 22)

2.4.9 Modelo Cinético propuesto por Michaelis-Menten.

Este modelo fue propuesto en el año de 1913 por Leonor Michaelis y Maud Menten, basándose en la enzima y sustrato. (McKee & R, 2003).

El proceso se entiende:



Dónde:

k_1 = velocidad de ES

k_2 = velocidad ES de disociación

k_3 = velocidad de formación del sitio activo de la enzima y liberación del producto.

El primer paso (formación Enzima – Sustrato) es proceso reversible y rápido, en el segundo paso existe la (liberación del Producto - Enzima) es proceso irreversible y lento.

Michaelis – Menten nos da una expresión matemática que corresponde a la velocidad catalizadora de la enzima y la concentración del sustrato,

Dando como resultado la velocidad de primer orden.

$$Velocidad (V_o) = \frac{\Delta P}{\Delta t} = k_3[ES] \quad (2)$$

La ecuación de velocidad debe ser utilizada, en función a concentración de enzima [E] y la concentración de sustrato [S]

La ecuación de segundo orden, [Enzima - Sustrato] a partir de las concentraciones de [Enzima] y [Sustrato], siendo para tal caso K_1 (velocidad ES) nos da el segundo orden. Constante de velocidad

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1([E_T] - [ES])[S] \quad (3)$$

Donde:

$[E_T]$: Concentración total de enzima

La formación del complejo [ES] se puede obtiene de la combinación de enzima [E] y el sustrato [S] o de enzima [E] y el producto [P].

$$-\frac{d[ES]}{dt} = k_2[ES] + k_3[ES] \quad (4)$$

Las ecuaciones (3) y (4) si las igualamos tendremos:

$$\frac{d[ES]}{dt} = -\frac{d[ES]}{dt}$$

$$k_1([E_T] - [ES])[S] = k_2[ES] + k_3[ES] \quad (5)$$

$$\frac{([E_T] - [ES])[S]}{[ES]} = \frac{k_2 + k_3}{k_1} = k_m \quad (6)$$

Donde:

k_m : Constante de Michaelis-Menten.s

En la ecuación (6) se obtiene [ES], esto en estado estacionario.

$$[ES] = \frac{[E_T][S]}{K_m + [S]} \quad (7)$$

Reemplazando la ecuación (7) en la ecuación (2):

$$V_o = k_3 \frac{[E_T][S]}{K_m + [S]} \quad (8)$$

La ecuación (8) se puede ver la velocidad inicial (V_o) se encuentra en relación de la concentración del sustrato [S].

Sin embargo, si del sustrato [S] es muy alta, esto provoca la saturación de la enzima, encontrándose [ES], cuando la enzima es saturada se mantiene constante la velocidad de reacción, velocidad máxima.

$$[E_T] = [E] + [ES] \quad (9)$$

Donde:

[E]: es cero por estar saturado.

$$[E_T] = [ES] \quad (10)$$

La ecuación (10) reemplazando en la ecuación (2)

$$V_{m\acute{a}x} = k_3[E_T] \quad (11)$$

la ecuación (11) reemplazando en la ecuación (8) nos da como resultados la ecuación de Michaelis-Menten, que relaciona la

velocidad inicial de la reacción V_0 , la concentración inicial del sustrato $[S]$ y la concentración de enzima $[E]$, este último a través de la velocidad máxima, a su vez todos estos relacionados por medio de la constante de Michaelis-Menten (K_m).

$$V_0 = \frac{V_{m\acute{a}x}[S]}{K_m + [S]} \quad (12)$$

De la ecuación (12) se puede deducir diversos aspectos del comportamiento enzimático tales como:

Si: $[S] = K_m$, entonces obtendremos lo siguiente:

$$V_0 = \frac{V_{m\acute{a}x}[S]}{[S] + [S]} = \frac{V_{m\acute{a}x}[S]}{2[S]} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{2} \quad (13)$$

$$V_0 = \frac{V_{m\acute{a}x}}{2} \quad (14)$$

La constante K_m es característica de cada enzima y sustrato,

Establece la afinidad que tiene una enzima por un determinado sustrato, es así, que un valor alto de K_m indica poca afinidad; un valor bajo de K_m indica alta afinidad

“El valor de K_m no es absoluto, dependiendo de condiciones como la temperatura el pH, y el tipo de sustrato, mas no de su concentración” (Badui D. S., 2006, pág. 319).

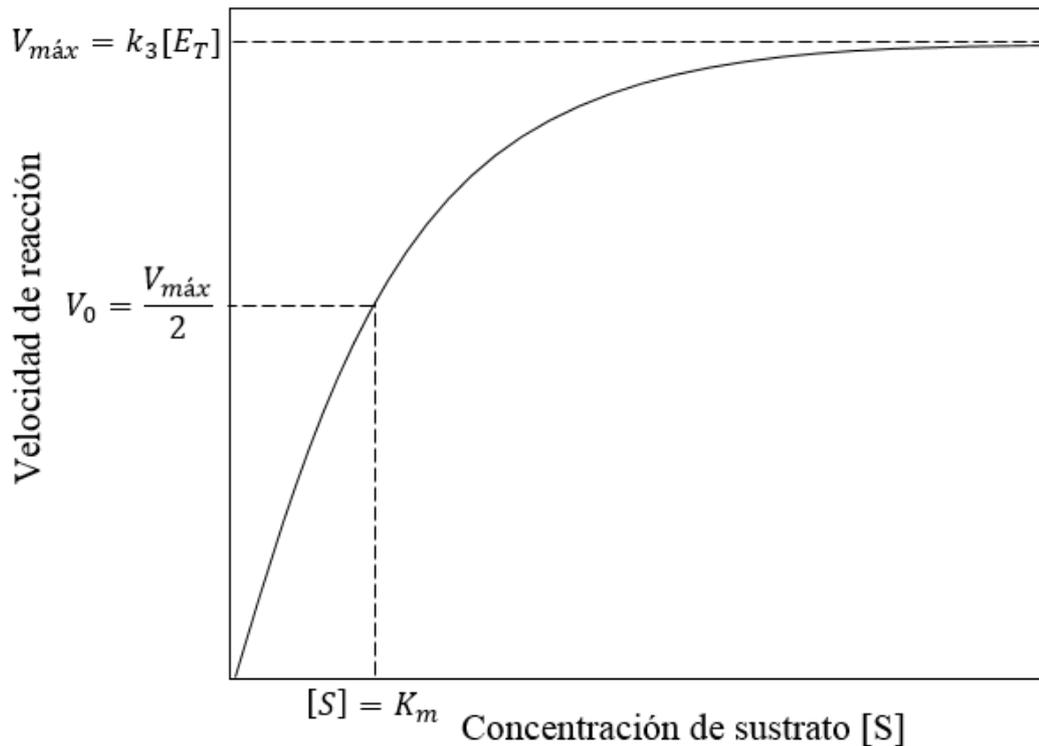


Figura 7: Velocidad de reacción y concentración de Sustrato para una reacción característica catalizada por una enzima.

Fuente: (López, Nicolas & García, Carmona, 2015)

Estimación de los parámetros cinéticos K_m y $V_{máx}$

La forma convencional de la ecuación de Michaelis-Menten no permite la estimación simple de los parámetros cinéticos, es por ello que se utilizan estrategias como, transformaciones lineales y los métodos diferenciales e integrales, y sus arreglos linealizados para la estimación de los parámetros cinéticos.

Ecuación de Lineweaver-Burk

Se reordenara la (ecuación (12), de Michaelis-Menten

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m + [S]}{V_{máx} [S]} = \frac{K_m}{V_{máx} [S]} + \frac{1}{V_{máx}} \quad (15)$$

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m}{V_{máx} [S]} + \frac{1}{V_{máx}} \quad (16)$$

Quedando una ecuación lineal:

$$y = \frac{1}{V_o}, x = \frac{1}{[S]}, m = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} \text{ y } b = \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} \text{ graficando } \frac{1}{V_o} \text{ VS } \frac{1}{[S]}$$

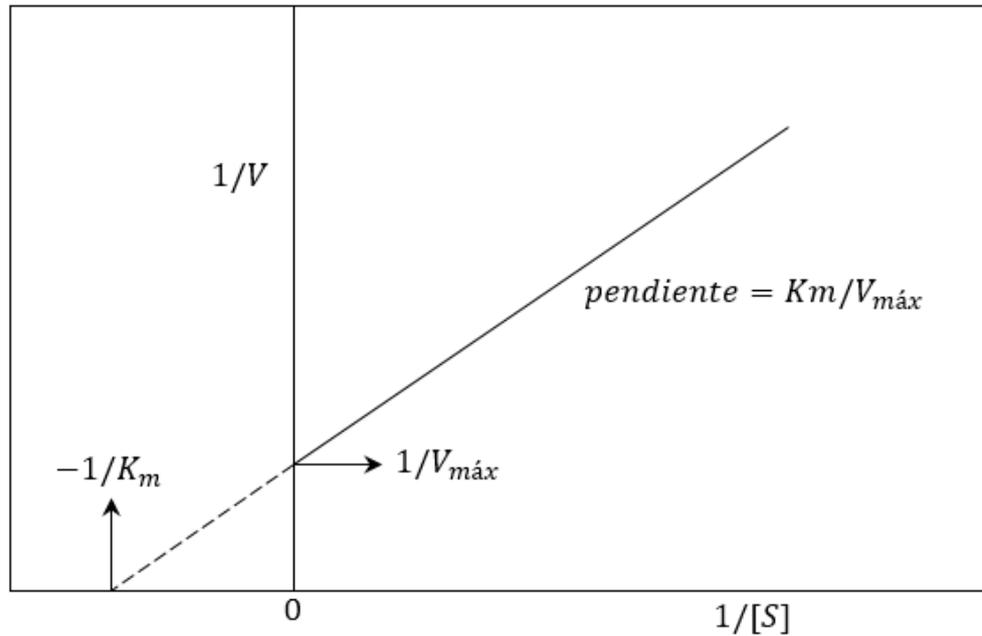


Figura 8 Lineweaver-Burk,

Fuente: (Dolores & Felix, 1979)

Ecuación de Hanes-Woolf

$$\frac{[S]}{V_o} = \frac{K_m + [S]}{V_{m\acute{a}x}} = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} + \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} [S] \quad (17)$$

$$\frac{[S]}{V_o} = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} + \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} [S] \quad (18)$$

$$y = \frac{[S]}{V_o}, x = [S], b = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} \text{ y } m = \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} \text{ graficando } \frac{[S]}{V_o} \text{ VS } [S]$$

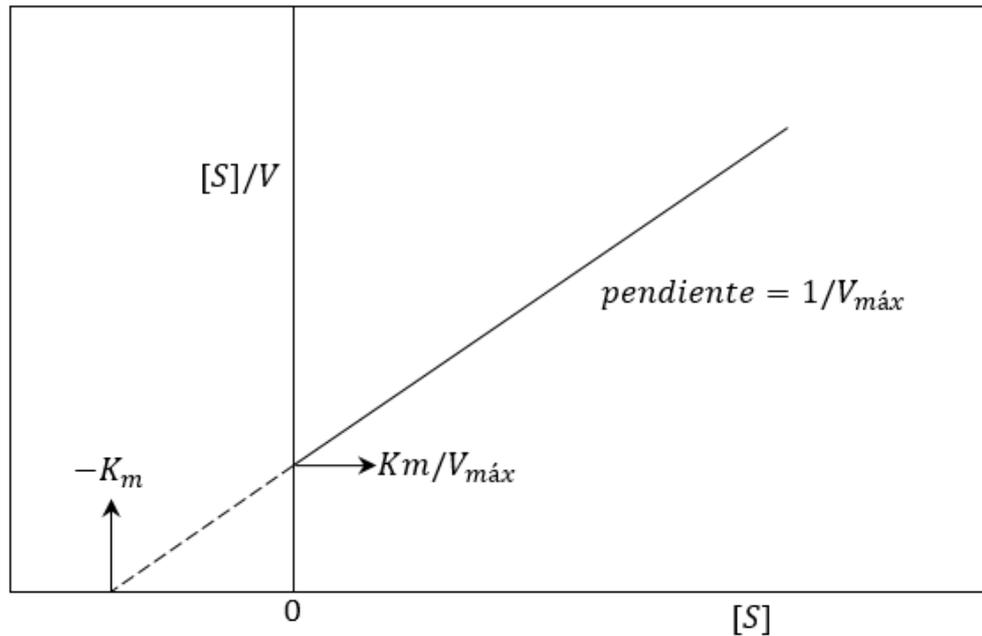


Figura 9 Hanes-Woolf

Fuente: (Dolores & Felix, 1979)

Ecuación de Eadie-Hofstee

$$V_o K_m + V_o [S] = V_{máx} [S] \quad (19)$$

La ecuación (19) se dividirá entre el $[S]$ sustrato.

$$\frac{V_o K_m}{[S]} + \frac{V_o [S]}{[S]} = \frac{V_{máx} [S]}{[S]} \quad (20)$$

$$\frac{V_o K_m}{[S]} + V_o = V_{máx} \quad (21)$$

$$V_o = -K_m \frac{V_o}{[S]} + V_{máx} \quad (22)$$

$y = V_o, x = \frac{V_o}{[S]}, b = V_{máx}$ y $m = -K_m$, graficando V_o VS $\frac{V_o}{[S]}$

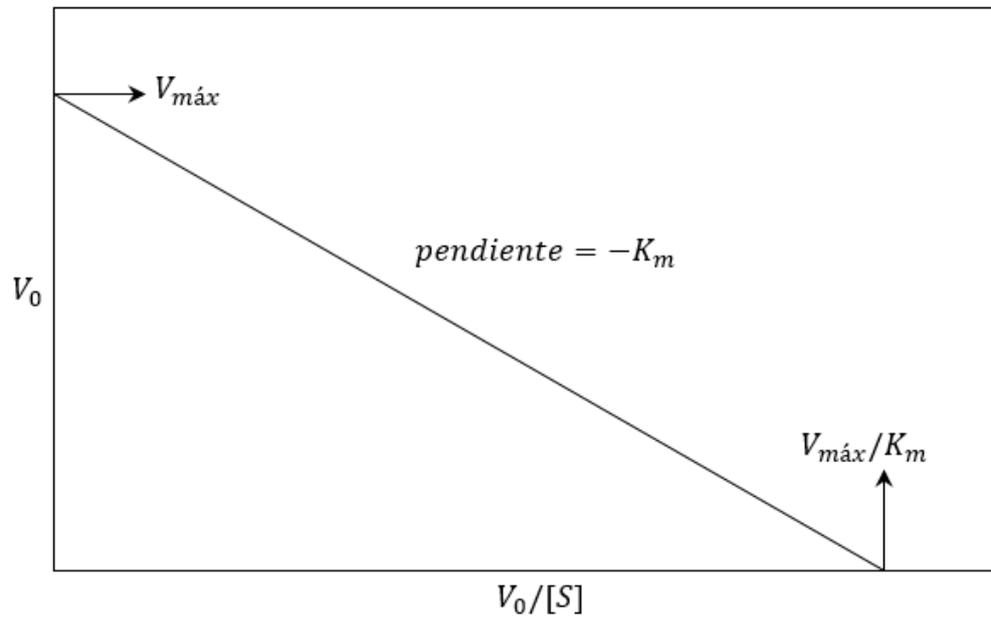


Figura 10 Hanes-Woolf

Fuente: (Dolores & Felix, 1979)

Forma linealizada de la ecuación integrada de Michaelis-menten

La velocidad de la reacción, está dada en la ecuación 12 de Michaelis-Menten, formando [ES] o como el sustrato disminuye [S].

$$\frac{d[ES]}{dt} = -\frac{d[S]}{dt} = \frac{V_{máx} [S]}{K_m + [S]} \quad (23)$$

$$-(K_m + [S]) * \frac{d[S]}{[S]} = V_{máx} dt \quad (24)$$

$$\left(-K_m * \frac{d[S]}{[S]} - d[S] \right) = V_{máx} dt \quad (25)$$

Integrando la ecuación (25) con las condiciones límites: $[S] = [S_0]$ a un tiempo $t = 0$, obtendremos:

$$-K_m \int \frac{d[S]}{[S]} - \int d[S] = V_{máx} \int dt \quad (26)$$

$$-K_m * \ln\left(\frac{[S]}{[S_0]}\right) - ([S] - [S_0]) = V_{m\acute{a}x} \quad (27)$$

$$\frac{1}{t} \ln\left(\frac{[S_0]}{S}\right) = \left(\frac{V_{m\acute{a}x}}{K_m}\right) - \left(\frac{1}{K_m}\right)\left(\frac{[S_0] - [S]}{t}\right) \quad (28)$$

$$\frac{1}{t} \ln\left(\frac{[S_0]}{S}\right) = \left(\frac{1}{K_m}\right)\left(\frac{[S_0] - [S]}{t}\right) + \left(\frac{V_{m\acute{a}x}}{K_m}\right) \quad (29)$$

Términos de la ecuación lineal son:

$$y = \frac{1}{t} \ln\left(\frac{[S_0]}{S}\right), x = \left(\frac{[S] - [S_0]}{t}\right), m = \left(\frac{1}{K_m}\right) y$$

$$b = \left(\frac{V_{m\acute{a}x}}{K_m}\right), \text{graficando } \frac{1}{t} \ln\left(\frac{[S_0]}{S}\right) \text{ VS } \left(\frac{[S_0] - [S]}{t}\right),$$

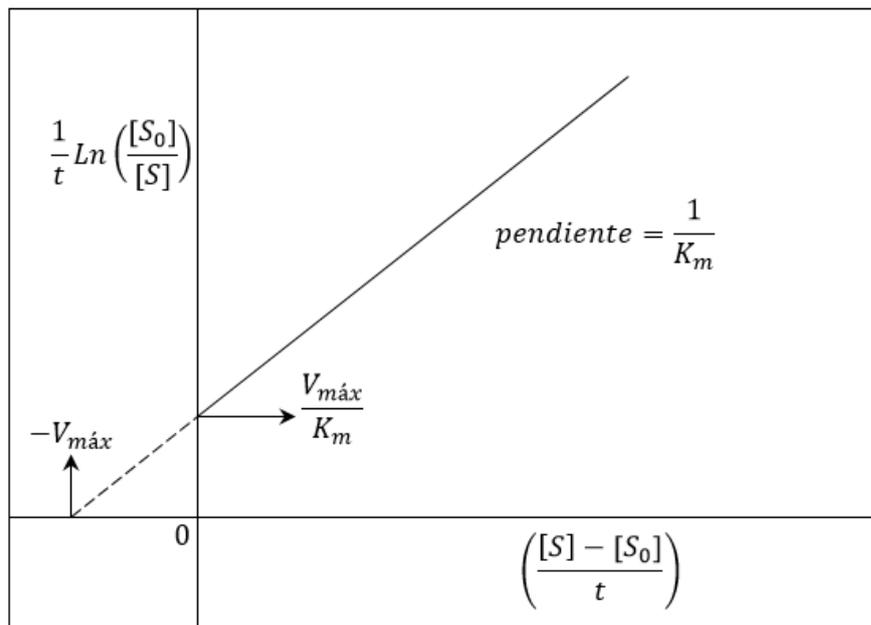


Figura 11 Michaelis-Menten ecuación integrada

Fuente: (Dolores & Felix, 1979)

2.4.10 Factores que intervienen en la velocidad de degradación de la enzima.

El agua disponible en el medio, la concentración de sustrato y de enzima. La velocidad de las reacciones enzimáticas depende del pH, la temperatura,

a) Efecto del pH

Influye en su estructura de las enzimas, en la actividad enzimática. Las enzimas son muy susceptibles a los cambios bruscos de pH. Cada enzima tiene un pH óptimo que se obtiene de una ficha técnica ya que favorezca a la actividad enzimática este pH suele ser de 5 a 9. Si existe un aumento o disminución del pH óptimo la reacción enzimática disminuye su velocidad.

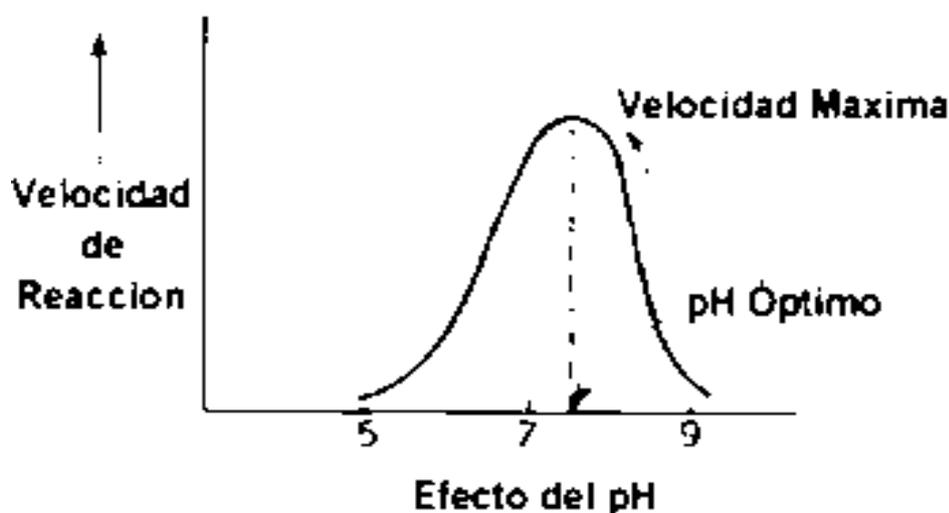


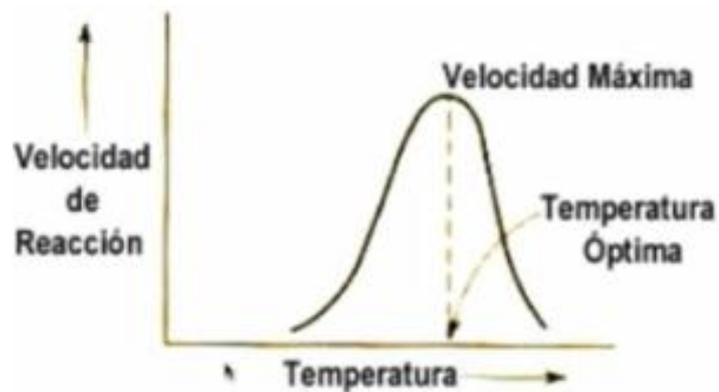
Figura 12 Efecto de pH en la actividad enzimática

Fuente: (Badui, Dergal, & Salvador, 2006, pág. 312).

b) Efecto de la temperatura

La característica principal de la temperatura es aumentar la energía cinética para acelerar el orden molecular; hace que sea mayor la velocidad de reacción.

Si la temperatura aumentará y pasará el punto óptimo la enzima se desnaturaliza y si no llega a la temperatura óptima la actividad enzimática no se da, esto solo sucede a la enzima no al cofactor ya que es termoestable.



Efecto de la Temperatura

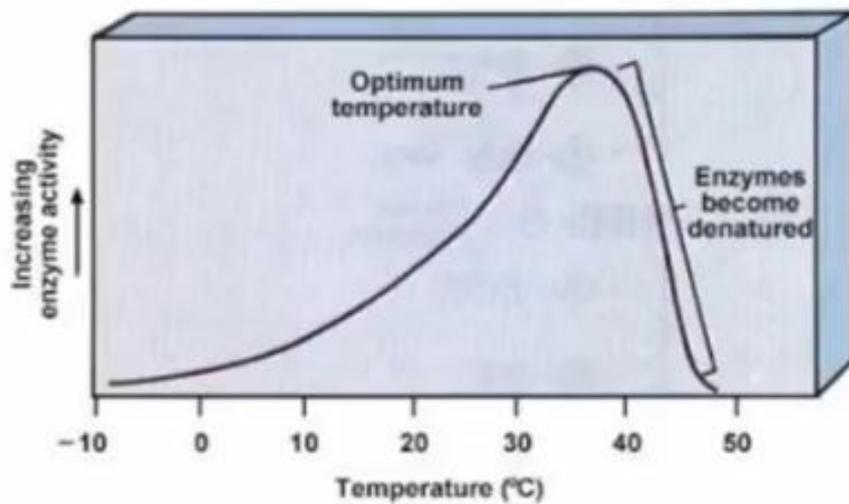


Figura 13 Efecto de la temperatura en la actividad enzimática.

Fuente. (Badui, Dergal, & Salvador, 2006, pág. 313)

c) Efecto de la concentración enzima - sustrato

Si la concentración de sustrato es mayor a la concentración de enzima la función enzimática es inadecuada; ya que el producto es obtenido inversamente proporcional. (Badui, Dergal, & Salvador, 2006, pág. 314).

Cuando el sustrato se mantiene constante y la enzima aumenta la velocidad de reacción es eficiente

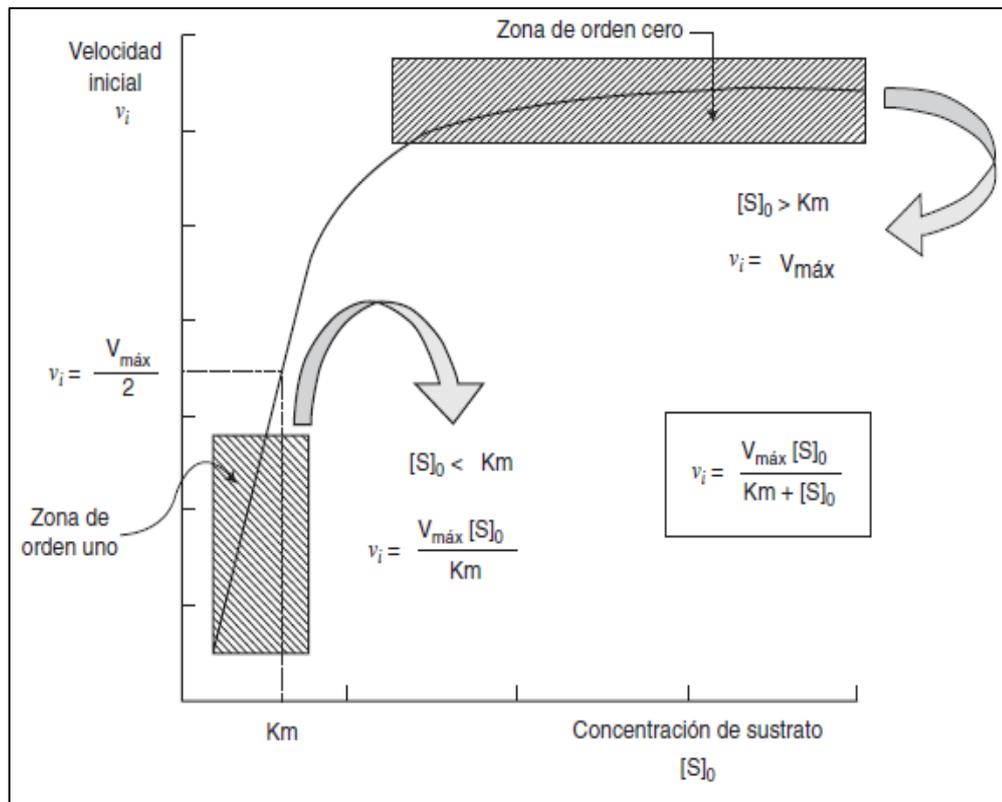


Figura 14 Efecto de la concentración del sustrato.

Fuente: (Badui, Dergal, & Salvador, 2006, pág. 314).

2.4.11 Alfa-amilasa

Pertenece a la familia de las hidrolasas las amilasas son de origen fúngico. La enzima trabaja a un pH de 5 a 7, y con una temperatura de 45°C hasta 55°C .

Esta enzima la encontramos en las células animales, como en la saliva en el páncreas y en la sangre su principal función es de descomponer los alimentos que contengan almidón así nos permite la correcta digestión,

Beltrán & Herreño (2010) define como una enzima sensible, cualquier proceso con esta enzima se inactiva a un $\text{pH} \leq 3$ durante 15 minutos.

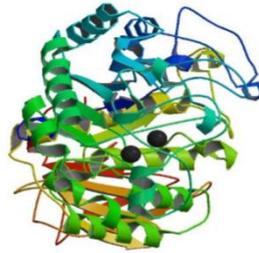


Figura 15 Alfa amilasa

Fuente: (Molina, 2009, pág. 3)

2.4.12 Actividad enzimática.

Se necesita pocas concentraciones de enzima para la catálisis de una reacción, la efectividad de una enzima se da cuando ya no exista el sustrato y aparece un producto. La reacción enzimática se desarrolla bajo condiciones controladas, como tiempos apropiados. La actividad enzimática tiene técnicas estandarizadas que se desarrollan a condiciones de pH, temperatura y concentraciones de sustrato. (Espinosa, 2013, pág. 10)

2.4.13 Jarabe de glucosa.

Quitinguña & santacruz (2012), define como producto del almidón hidrolizado, para obtener jarabe de glucosa por hidrólisis ácida o enzimática.

Gerena (2013), se utiliza en la producción de cerveza o en la producción de etanol pasando por un proceso de fermentación alcohólica.

a) Aplicaciones del jarabe de glucosa.

- Elaboración de helados y productos de confitería.
- Endulzante para bebidas
- Producción de bioalcohol
- Producción de bioetanol

2.4.14 Glucosa.

Es un azúcar de composición simple que contiene seis átomos de carbono, y es una aldosa, esto pertenece al grupo carbonilo

Es un monosacárido con fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$.

La glucosa se adquiere través de alimentos durante la digestión lo absorbe directamente el torrente sanguíneo para transformarlo en energía para mantener el organismo caliente.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

3.1.1 Método

Recolección de la cáscara de plátano.

Se recolectaron 22kg de cáscara fresca, se hizo secar a una temperatura de 30°C durante 10 horas quedando solo 8kg de cáscara de plátano seca. Después se pasó al proceso de molienda y tamizado con malla de 60µm. de la que se obtuvo 1 205 kg de harina de cáscara de plátano.

Determinación de la curva de calibración de la glucosa anhidra

Este proceso es fundamental para la curva de calibración:

- Disolver en un 1 litro agua destilada, 100g de glucosa, agitando constante lentamente, hasta obtener una concentración homogénea. Teniendo la solución madre, se procedió a separar en concentraciones diferentes de (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 20 ml cada una) en fioles de 100ml y luego aforarlo hasta lograr mezclar la solución madre y el agua destilada.

- A un tubo de ensayo de 10ml añadir 1 ml de DNS (ácido, 3,5 dinitrosalicílico) y 1 ml de la solución obtenida y llevar a punto de ebullición por un periodo de 15 minutos. Luego colocar durante 5 minutos en un vaso con hielo y posteriormente dejarlo a temperatura ambiente por 5 minutos. Finalmente aforar con 8 ml de agua destilada a cada tubo.
- Una vez obtenido la homogeneidad, colocar en cubetas para su respectiva lectura de absorbancia en un espectrofotómetro UV a 540 nm de longitud onda.

Determinar el cofactor (Ca) óptimo que garantice la mejor concentración de la glucosa.

Para convertir el almidón a glucosa por hidrólisis enzimática, para que sea más óptimo se procedió a evaluar a que concentración el cofactor (Ca) es más eficiente.

- En un 1 L de agua destilada, agregar 40.15 g de sustrato de cáscara de plátano esto se realizó en un vaso de precipitación de 1L. Mover hasta que este homogéneo y añadir 10 ml del cofactor $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (cloruro de calcio) a concentración de 75ppm, 100ppm, y 125 ppm, y regular el pH a 6 (ácido cítrico).
- Colocar durante 30 minutos en un equipo de baño maría, para la respectiva gelatinización del almidón a una temperatura de 70 °C. Enfriar el baño maría hasta que la temperatura llegue a 50°C para poder añadir 0.005 g de la enzima alfa-amilasa diluido en 5 ml. Luego dejar por 60 min para que pueda reaccionar la enzima.
- A lo obtenido agregar ácido clorhídrico (HCl) a 0.1 N, hasta tener un pH de 3, este reactivo sirve para que deje de reaccionar la enzima.

- La solución obtenida, centrifugar durante 15 min a 500 rpm, luego sacar 1 ml del sobrenadante y mezclar con 1 ml del reactivo DNS. Una vez mezclada la solución con el reactivo DNS, someter a ebullición por 15 min. Luego colocar durante 5 minutos en un vaso con hielo y posteriormente dejarlo a temperatura ambiente por 5 minutos. Finalmente aforar con 8 ml de agua destilada a cada tubo.
- Una vez obtenido la homogeneidad, colocar en cubetas para su respectiva lectura de absorbancia en un espectrofotómetro UV a 540 nm de longitud onda.

Obtención del jarabe de glucosa

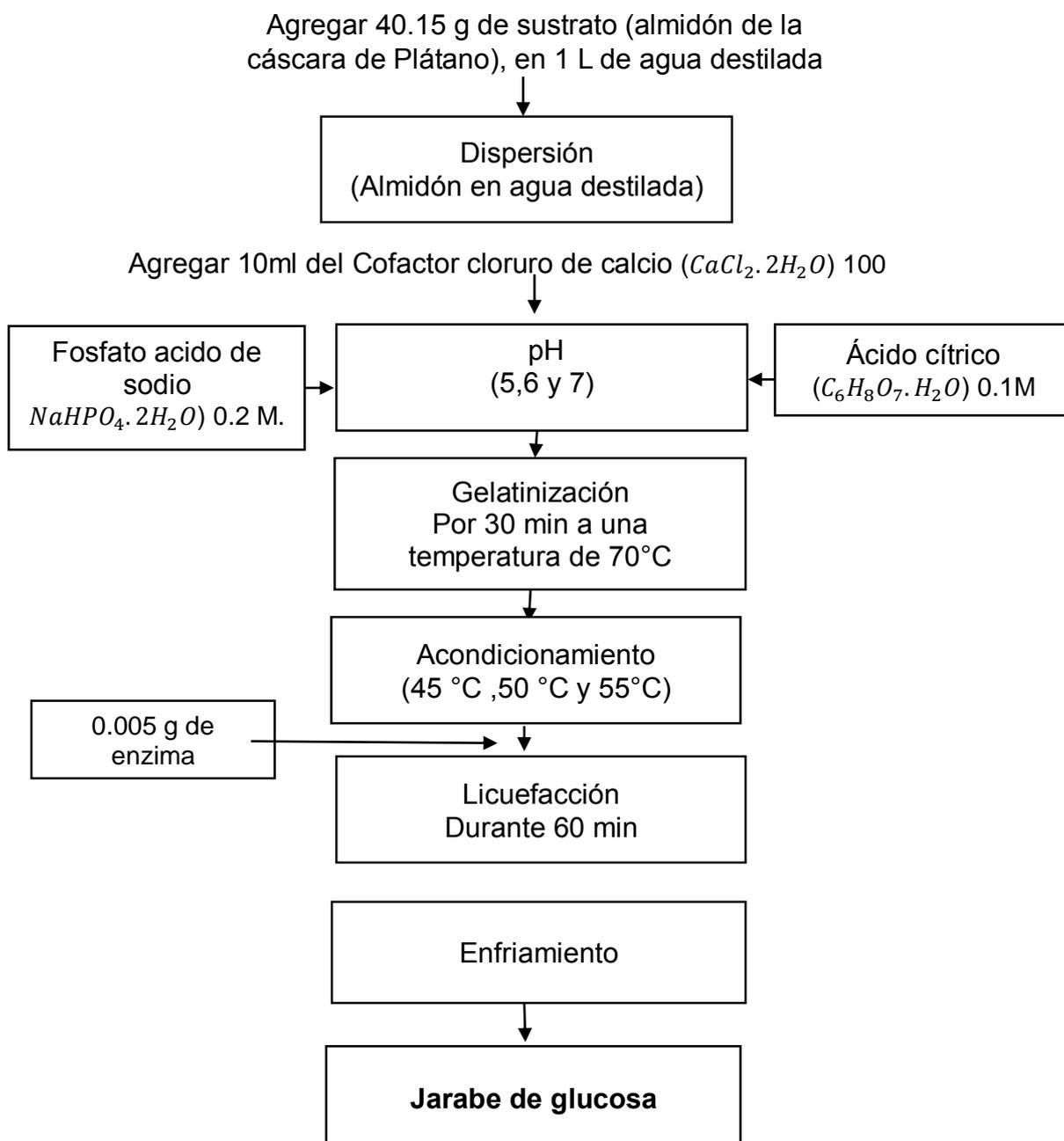


Figura 16 diagrama de bloques de la obtención de jarabe de glucosa

Fuente: Elaboración propia

Descripción de cada proceso del diagrama de bloques en la obtención de jarabe de glucosa

• Dispersión:

Se trabajó con vasos de capacidad de 1L, se añadió 40.15 g de sustrato (cáscara de plátano) y mezclar hasta homogenizar la mezcla con varillas de vidrio. Añadir 10ml del cofactor (cloruro de Ca a 100ppm).

Regular el pH con el fosfato de sodio o el ácido cítrico según corresponda.

• Gelatinización:

La mezcla obtenida llevar a baño maría durante 30 minutos a una temperatura de 70°C. En este proceso se puede observar la contextura viscosidad.

• Acondicionamiento:

Se lleva a baño maría disminuyendo la temperatura a (45, 50 y 55°C).

• Licuefacción:

Cuando la temperatura este entre (45, 50 y 55 °C) según corresponda. Se agrega la enzima alfa amila (0.005) y dejar reaccionar la enzima con el sustrato para obtener el producto durante 60 minutos.

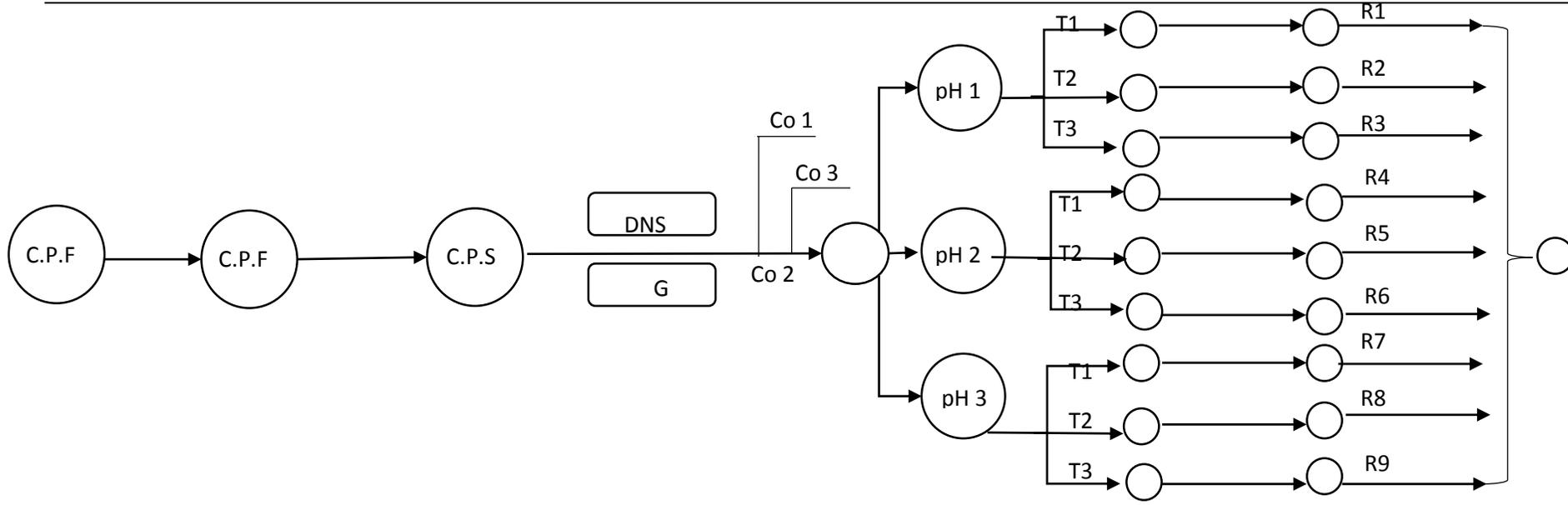
• Enfriamiento:

Dejar a temperara ambiente el producto obtenido JARABE DE GLUCOSA.

Como determinar la concentración de glucosa por el método DNS

- La solución obtenida, llevar a la centrifuga durante 15 min a 500 rpm, luego sacar 1 ml del sobrenadante y mezclar con 1 ml del reactivo DNS. Una vez mezclada la solución con el reactivo DNS, someter a ebullición por 15 min. Luego colocar durante 5 minutos en un vaso con hielo y posteriormente dejarlo a temperatura ambiente por 5 minutos. Finalmente aforar con 8 ml de agua destilada a cada tubo.
- Una vez obtenido la homogeneidad, colocar en cubetas para su respectiva lectura de absorbancia en un espectrofotómetro UV a 540nm de longitud onda.

Acondicionamiento de Desperdicios	Secado, Trituración y Tamizado	Preparación del DNS Curva de Calibración de la Glucosa	Determinación de la concentración del Cofactor	Hidrólisis Enzimática	Velocidad de la Hidrólisis.	Obtención de Glucosa	Análisis en el Espectrofotómetro	Valorización Económica
-----------------------------------	--------------------------------	--	--	-----------------------	-----------------------------	----------------------	----------------------------------	------------------------



C.P.F=22Kg Análisis Físicoquímico Grasa (0.28%) Humedad (82.02%) Ceniza (1.37%) Proteína (00.59%) Fibra (1.13%) Carbohidratos (14.61%)	C.P.S=8 Kg Tamizado =1.250 Kg Análisis Físicoquímico Humedad=0.06 Almidón (12.16%) Amilosa (36.90 %) Amilo pectina (63.10	G= Glucosa Anhidra DNS= 3.5 Acido dinitrosalicílico	Co 1= 75ppm Co 2=100ppm Co 3 =125ppm Mejor resultado con Co2	pH 1=5 T°1=45 pH 2=6 T°2=50 pH 3=7 T°3=55 enzima = α amilasa	Calcular con que temperatura y pH se obtenido mayor concentración de glucosa	R1=T °45 y Ph5= 9,5379 R2=T°45 y Ph6= 8,5105 R3=T °45 y Ph7= 8,902 R4=T°50 y Ph5= 8,9866 R5=T °50 y Ph6=8,2442 R6=T°50 y Ph7=8,5700 R7=T °55y Ph5= 8,9803 R8=T°55y Ph6=7,0383 R9=T°55 y Ph7=7,7838
---	---	--	---	---	--	--

Tabla 2 Diseño experimental

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Tipo de Investigación

La presente investigación es considerada como una investigación aplicada o tecnológica. Según (Oseda, 2015, pág. 160) La investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque aplica o utiliza los conocimientos que se adquieren”. La investigación aplicada es relacionada con la investigación básica, que como ya se dijo requiere de un marco teórico. “En la investigación aplicada, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

3.1.3 Nivel de Investigación

Oseda (2015), afirma que las Investigaciones explicativas buscan el porqué de los hechos, relacionando causa-efecto.

Los estudios explicativos determinan los efectos experimentales y las causas (investigación postfacto), esto se da mediante una prueba de hipótesis. Los niveles más profundos de conocimientos son los resultados y conclusiones. (Oseda, 2015, pág. 163)

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental porque tiene como objetivo determinar la mayor concentración de jarabe de glucosa por hidrólisis enzimática a partir del residuo de la cáscara de plátano.

A determinar condicionar (variable independiente) para observar la influencia que se produce (variable dependiente).

La investigación es de diseño factorial. Este describe los experimentos más adecuados para conocer simultáneamente que influencia tiene K factores sobre la respuesta y descubrir su interacción entre ellos.

Obtener la información con un menor número de experimentos y, con un menor costo y disminuir la incertidumbre posible ya que los errores aleatorios se promedian.

En la investigación se consideró tres niveles de pH (5,6 y 7), y tres temperaturas (45°,50°y 55)

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon$$

Tabla 3 De doble entrada para garantizar la mayor concentración de jarabe de glucosa con una temperatura y pH y óptimos con el proceso de hidrólisis enzimática.

		Temperatura °C (τ.)		
		45°C (τ1)	50°C (τ2)	55°C (τ3)
pH (βj)	5	Y111	Y121	Y131
	5	Y211	Y221	Y231
	5	Y311	Y321	Y331
	6	Y112	Y122	Y132
	6	Y212	Y222	Y232
	6	Y312	Y322	Y332
	7	Y113	Y123	Y133
	7	Y213	Y223	Y223
	7	Y313	Y323	Y333

Fuente: Elaboración propia

3.3 Hipótesis de la investigación

Se analizó los datos en función de la recolección de información mediante los resultados de las pruebas experimentales.

Se realizó el análisis de los resultados mediante una estadística descriptiva con medidas de tendencia central y medidas de dispersión, también se usó estadística inferencial para la comprobación de hipótesis planteadas, se utilizó un ANOVA con la prueba de FISHER y se determinó la diferencial de varianza, se determinó las diferencias significativas entre las medias de los grupos con los resultados.

Tabla 4 ANOVA con la prueba de Fisher

Fuente	GL	SC	MC	F	P
pH	2	6,992	3,49583	45,81	0,000
T°	2	5,075	2,53746	33,25	0,000
pH*T°	4	1,211	0,30279	3,97	0,018
ERROR	18	1,374	0,07631		
Total	26	14,651			

Donde:

GL: grados de libertad

SC: suma de cuadrados

CM: cuadrado medio

Fc distribución de Fisher

P: probabilidad

3.3.1 Hipótesis general

- A pH y temperatura óptima de 5 y 45°C, respectivamente, y una concentración de cofactor de CaCl₂ de 100 ppm, se garantiza la mayor concentración de jarabe de glucosa por hidrólisis enzimática a partir de los residuos de la cáscara de plátano.

3.3.2 Hipótesis específicas

- La temperatura de la gelatinización, humedad y porcentaje de almidón de los residuos de la cáscara de plátano son 70 °C; 82.02% y 12.16, respectivamente. Mientras el punto de humedad de equilibrio en el secado es 0.06.
- El pH y temperatura influyen significativamente en la concentración de glucosa del jarabe en la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.
- A las condiciones óptimas de degradación de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano, la

Constante de Michaelis-Menten (K_m) es 20.3666 g/mL y la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) es 0.03462 g/mL.min.

- La valorización económica del mejor tratamiento de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano será 25.
-

3.4 Variables.

3.4.1 Variable Independiente.

- Temperatura ($^{\circ}C$)
- pH

3.4.2 Variable Dependiente

- Concentración de glucosa (g/L)
-

3.5 Cobertura de estudio

3.5.1 Universo

Los residuos sólidos orgánicos

3.5.2 Población

Los residuos sólidos orgánicos de la cáscara de plátano

3.5.3 Muestra

Se utiliza la siguiente fórmula para el debido cálculo de la muestra de poblaciones finitas, ya que conocemos la totalidad de la población y debemos saber cuánto del total se deberá estudiar:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 45.7 * 0.5 * 0.5}{0.05^2(45.7 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 40.15g$$

Donde:

- n: tamaño muestral
- N: tamaño de la población
- z: valor correspondiente a la distribución de gauss,
- $z\alpha=0.05 = 1.96$

- $z_{\alpha=0.01} = 2.58$
- p : prevalencia esperada del parámetro a evaluar (% confiabilidad), en caso de desconocerse ($p = 0.5$), que hace mayor el tamaño muestral $q = 1 - p$ si $p = 70\%$, $q = 30\%$
- e : error que se prevé cometer si es del 10% , $i = 0.1$

3.5.4 Muestreo

Según Barnel (2010), se utilizó el muestreo probabilístico con un muestreo aleatorio simple, primero se determinará la población que tiene el objeto de medición, se puede obtener mediante resultados de estudios previos.

Se calcula el valor del tamaño de muestra según la fórmula correspondiente a la población (infinita o finita) y se concluye sobre el tamaño mínimo de muestra representativo especificando los valores asignados al nivel de confianza (Z), la proporción estimada (P) y el error de estimación (E) utilizado.

3.6 Técnicas de Instrumentos

3.6.1 Técnicas de la Investigación

En la presente investigación utiliza las técnicas del test instrumental y la espectroscopia de absorción atómica con el fin de recopilar toda información sobre el tema de investigación y regístrala para su posterior análisis y procesamiento de datos.

- Estadística descriptiva (medias, varianza, desviación estándar y coeficiente de varianza)
- Extracción de Almidón de la cáscara de plátano
- Sintetizar el almidón de la cáscara de plátano a Glucosa

3.6.2 Instrumentos de la investigación

- Espectrómetro de absorción atómica
- Peachimetro
- Centrifuga
- Baño maría
- Secador

3.6.3 Fuentes

La investigación primaria debe de contener información original y nueva de un trabajo intelectual. Las fuentes primarias se deben basar en estudios directos.

Quitinguiña & Santacruz (2012), Estudió la conversión del almidón en jarabe de glucosa con la alfa amilasa por el proceso de hidrólisis enzimática de la pulpa y cáscara de plátano.

3.7 Procesamiento estadístico de la información

3.7.1 Estadísticos

- Media aritmética
- Desviación estándar
- Excel
- Minitab
- Análisis de regresión lineal
- Anova (Fisher y normalidad)

3.7.2 Representaciones

El análisis de la varianza (ANOVA), es una recolección de datos y modelos estadísticos, la ANOVA evalúa la importancia de cada variable.

Se utilizara ANOVA, para determinar con exactitud si la temperatura y el pH, influye significativamente o no en la obtención de jarabe de glucosa producido, para determinar si las variables independientes son significativas para la investigación, y también para aceptar o rechazar la hipótesis.

- Diagramas estadístico de barras
- Diagrama de flujo
- Diagrama de polígono

3.7.3 Técnicas de Comprobación de la hipótesis

- Correlación lineal
- Anova
- Regresión lineal
- Fisher
- Tukey
- Duncan

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Secado de la cáscara de plátano

Los datos fueron procesados por el instrumentos virtual (VI L&B)

producto	geometría de corte	Ho en %	kg Pr od	Área una par cm ²	Espe sor Corte cm	kg de agu a prod	kg de materia seca	xequi l(kg/gua/ks)	Sup Sec. (Kg/m ²)
cáscara de plátano	paralelepí pedo	82.02	1	48	0.5	0.82	0.18	0.06	0.13

S(kgss)	A(m ²)	S/A(kgss/m ²)
0.18	1.38	0.13

Tabla 5 Tiempo de secado de la cáscara de plátano

N°	TIEMP O (h)	w(T 30)	Xt (kgH2O/kg SS)	X (kgH2O/kg SS)	-dX/dt (kgH2O/kg SS)	R(kgH2 O/h.m ²)	XPROM (kgH2O/kg SS)
1	0	0.99	4.5	4.44	----	----	----
2	1	0.81	3.5	3.44	1	0.13	3.94
3	2	0.71	2.94	2.88	0.56	0.07	3.16
4	3	0.59	2.28	2.22	0.66	0.09	2.55
5	3,5	0,52	1,89	1,83	0,72	0,095	2,19
6	4	0.45	1.5	1.44	0.78	0.1	1.83
7	5	0.4	1.22	1.16	0.28	0.04	1.3
8	6	0.34	0.89	0.83	0.33	0.04	0.99
9	7	0.29	0.61	0.55	0.28	0.04	0.69
10	8	0.25	0.39	0.33	0.22	0.03	0.44
11	9	0.22	0.22	0.16	0.17	0.02	0.24
12	9,5	0,2	0,14	0,08	0,165	0,02	0,16
13	10	0.19	0.06	0	0.16	0.02	0.08
14	11	0.19	0.06	0	----	----	----

Fuente: Elaboración propia

EVAL. PER SEC:

XC 30)	1.83
RC 30)	0.1
X1 PSVDC 30)	1.83
R1 PSVDC 30)	0.1
X2 PSVDC 30)	0.08
R2 PSVDC 30)	0.02
A PSVDC 30)	48.15
t PSVDC 30)	6.28

La cáscara de plátano por 10 horas con una humedad de 82.02 en base húmeda, llegando a una humedad de equilibrio de 0.06 en base seca, empezando en el periodo de secado decreciente de 1.83 hasta 0.08.

En un 4 horas y media se gasta mayor energía hasta completar las horas.

4.1.2 Caracterización fisicoquímica del almidón

El estudio fisicoquímico del almidón de la cáscara de plátano se realizó en la UNCP en la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias en su laboratorio de control de calidad, dando como resultado la siguiente tabla:

ANÁLISIS	RESULTADO
Grasa (%)	0.28
Humedad (%)	82.02
Ceniza (%)	1.37
Proteína (%)	0.59
Fibra (%)	1.13
Carbohidratos (%)	14.61

Tabla 6 temperatura de gelatinización de la cáscara de plátano

T° inicio	T° media	T° final
65.	70	73

4.1.3 Curva de calibración

Tabla 7 Concentración de la glucosa anhidra (g/L) con su respectiva curva de absorbancia.

Concentración (g/L)	Absorbancia
0	0,000
2	0,23
4	0,302
6	0,697
8	0,819
10	1,111
12	1,248
14	1,513
16	1,868
18	1,911
20	1,959

Fuente: Elaboración propia

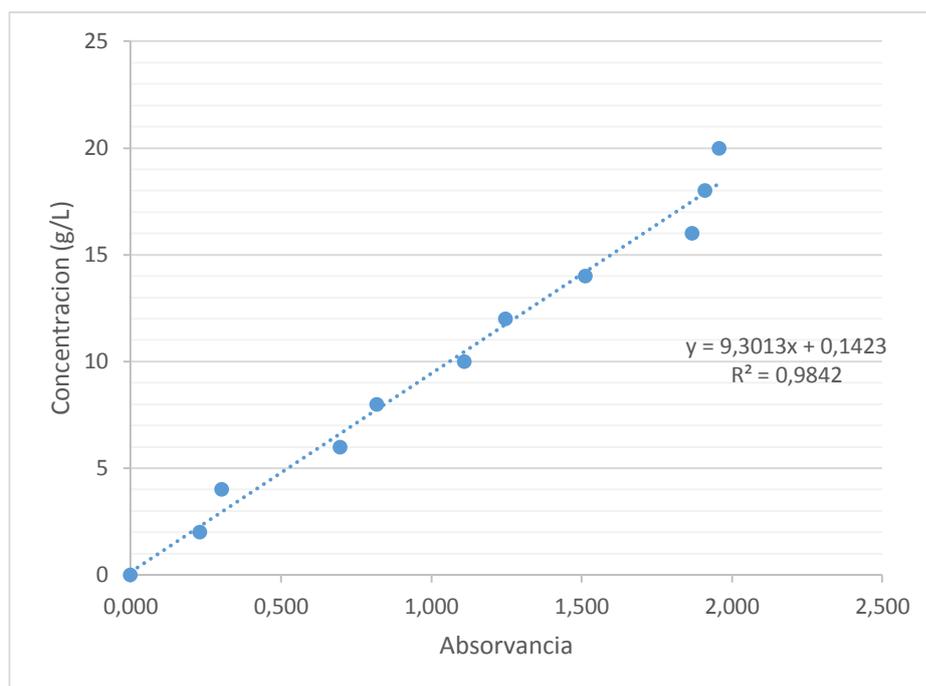


Figura 17 Curva de patrón de glucosa.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Determinar la óptima concentración del cofactor (Ca)

Se determinó la concentración del cofactor (Cloruro de calcio). Para la mayor concentración de glucosa con la enzima alfa-amilasa en la hidrólisis enzimática. Por lo que se evaluó tres concentraciones del CaCl₂ (75, 100, y 125ppm).

Tabla 8 Concentración de glucosa con diferentes concentración de cofactor (Ca)

Concentración de cloruro de Ca (ppm)	Absorbancia	Concentración de glucosa
75	0.868	8,2158284
100	0.920	8,699496
125	0.907	8.5785791

Fuente: *Elaboración propia*

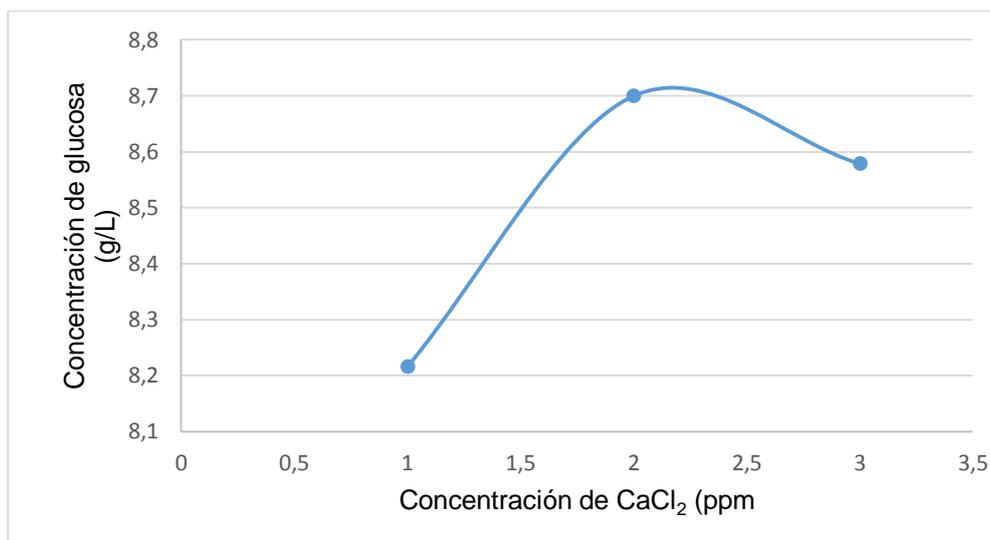


Figura 18 Curva de la concentración del cofactor (Ca) en función a la glucosa

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Determinación del pH y temperatura con la enzima (alfa-amilasa) en la obtención de glucosa.

Se presenta el jarabe de glucosa obtenido en g/L, esto se obtuvo por el proceso de hidrólisis enzimática con diferentes temperatura y pH con la enzima alfa-amilasa.

Tabla 9 Concentración de glucosa obtenida

N°	T° C	pH	Concentración de Glucosa						PROMEDIO
			(absorbancia)			(g/L)			
			I	II	III	I	I	III	
1	45	5	1,036	1,016	0,993	9,735	9,547	9,331	9,5379
2	45	6	0,888	0,872	0,957	8,344	8,194	8,993	8,5105
3	45	7	0,942	0,953	0,947	8,852	8,955	8,899	8,902
4	50	5	0,954	0,948	0,967	8,965	8,908	9,087	8,9866
5	50	6	0,835	0,913	0,884	7,846	8,579	8,307	8,2442
6	50	7	0,903	0,930	0,903	8,485	8,739	8,485	8,5700
7	55	5	0,952	0,934	0,981	8,946	8,777	9,218	8,9803
8	55	6	0,704	0,738	0,805	6,615	6,935	7,565	7,0383
9	55	7	0,831	0,839	0,815	7,809	7,884	7,658	7,7838

Fuente: Elaboración propia.

Con 0,005 g (5 mg) de alfa-amilasa, a un pH 5 y una temperatura de 45 °C, durante 1 hora la mayor concentración de glucosa es 9,735 g/L.

4.1.6 Determinación del rendimiento y las constantes cinéticas K_m ,

$V_{m\acute{a}x}$

Se trabajó con una concentración de sustrato: 40,15 (g/L)

Cantidad de harina:

$$\begin{aligned} & \text{harina (5 ppm)} \\ &= \left(\frac{5 \text{ mg de enzima}}{1 \text{ L}} \right) \left(\frac{1000 \text{ } \mu\text{g de enzima}}{1 \text{ mg de enzima}} \right) \left(\frac{1 \text{ g de almidon}}{160 \text{ } \mu\text{g de enzima}} \right) \\ & \left(\frac{100 \text{ g de cáscara de plátano}}{12,16 \text{ g de almidon}} \right) \left(\frac{1250 \text{ g de harina}}{8000 \text{ g de cáscara de plátano}} \right) \end{aligned}$$

$$\text{g de harina (5 ppm)} = 40,1546 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

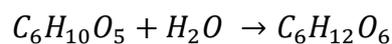
Cantidad de almidón:

$$\begin{aligned} \text{almidon} &= \left(\frac{40,1546 \text{ g de harina}}{1 \text{ L}} \right) \left(\frac{8000 \text{ g de cáscara de plátano}}{1250 \text{ g de harina}} \right) \\ & \left(\frac{12,16 \text{ g de almidon}}{100 \text{ g de cáscara de plátano}} \right) \end{aligned}$$

$$? \text{ g de almidon} = 26,0416 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Cantidad de glucosa teórica:

Determinando la cantidad de glucosa obtenida teóricamente de la ecuación tenemos:



$$\bar{M}_{C_6H_{10}O_5} = 162,10 \frac{\text{g}}{\text{molg}}$$

$$\bar{M}_{H_2O} = 18,00 \frac{\text{g}}{\text{molg}}$$

$$\bar{M}_{C_6H_{12}O_6} = 180,10 \frac{g}{mol}$$

Cantidad de almidón consumido:

Almidón reaccionado, considerando que el volumen es 1 L:

almidon consumido =

$$9,735 \text{ g de glucosa} \left(\frac{1 \text{ molg de glucosa}}{180,1 \text{ g de glucosa}} \right) \left(\frac{1 \text{ molg de almidon}}{1 \text{ molg de glucosa}} \right) \left(\frac{162,1 \text{ g de almidon}}{1 \text{ molg de almidon}} \right)$$

$$\text{almidon consumido} = 8,7620 \text{ g}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Glucosa producida}}{\text{Almidón utilizado}} * 100 = \frac{9,5377 \text{ g}}{26,0416 \text{ g}} * 100 = 36,62\%$$

Determinar la cinética enzimática por Michaelis-Menten por las constantes k_m y $V_{m\acute{a}x}$ ecuación integrada:

$$\frac{1}{t} \ln \left(\frac{[S_o]}{S} \right) = \left(\frac{1}{K_m} \right) \left(\frac{[S_o] - [S]}{t} \right) + \left(\frac{V_{m\acute{a}x}}{K_m} \right)$$

Donde:

$$y = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{[S_o]}{S} \right), x = \left(\frac{[S] - [S_o]}{t} \right), m = \left(\frac{1}{K_m} \right) \text{ y } b = \left(\frac{V_{m\acute{a}x}}{K_m} \right)$$

Cinética enzimática por Michaelis-Menten k_m y $V_{m\acute{a}x}$ a tiempos diferente de hidrólisis.

Condición: Temperatura constante de T = 45 °C y pH = 5

Tabla 10 Determinación del rendimiento de la hidrólisis enzimática.

N°	T (°C)	pH	Masa de almidón al inicio (g)	Concentración de glucosa (absorbancia)			Promedio	Concentración de glucosa (g/L)			Promedio	Rendimiento (%)			Promedio
				I	II	III		I	II	III		I	II	III	
				1	45	5		26,0416	1,036	1,016		0,993	1,0150	9,735	
2	45	6	26,0416	0,888	0,872	0,957	0,9057	8,344	8,194	8,993	8,5103	32,04	31,47	34,53	32,68
3	45	7	26,0416	0,942	0,953	0,947	0,9473	8,852	8,955	8,899	8,9020	33,99	34,39	34,17	34,18
4	50	5	26,0416	0,954	0,948	0,967	0,9563	8,965	8,908	9,087	8,9867	34,43	34,21	34,89	34,51
5	50	6	26,0416	0,835	0,913	0,884	0,8773	7,846	8,579	8,307	8,2440	30,13	32,94	31,90	31,66
6	50	7	26,0416	0,903	0,93	0,903	0,9120	8,485	8,739	8,485	8,5697	32,58	33,56	32,58	32,91
7	55	5	26,0416	0,952	0,934	0,981	0,9557	8,946	8,777	9,218	8,9803	34,35	33,70	35,40	34,48
8	55	6	26,0416	0,704	0,738	0,805	0,7490	6,615	6,935	7,565	7,0383	25,40	26,63	29,05	27,03
9	55	7	26,0416	0,831	0,839	0,815	0,8283	7,809	7,884	7,658	7,7837	29,99	30,27	29,41	29,89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Determinación de la cinética de la hidrólisis enzimática

N°	Tiempo (minutos)	Concentración de glucosa (g/L)			Concentración de almidón reaccionado (g/L)			Concentración de almidón no reaccionado (g/L)			x			y		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	0	0,15	0,21	0,29	0,14	0,19	0,26	26,42	26,42	26,42						
2	15	1,39	1,83	1,54	1,25	1,65	1,39	25,03	24,58	24,77	0,0925	0,1224	0,1100	0,004	0,005	0,004
3	30	3,96	4,71	4,44	3,56	4,24	3,99	22,72	21,99	22,16	0,2464	0,2949	0,2836	0,010	0,012	0,012
4	45	6,34	6,44	6,12	5,71	5,79	5,51	20,57	20,44	20,65	0,3896	0,3986	0,3845	0,017	0,017	0,016
5	60	9,70	9,89	9,30	8,73	8,91	8,37	17,55	17,32	17,78	0,5909	0,6061	0,5757	0,027	0,028	0,026
6	75	9,88	10,26	9,88	8,89	9,24	8,89	17,39	16,99	17,26	0,6016	0,6281	0,6101	0,028	0,029	0,028
7	90	9,75	10,36	9,43	8,78	9,32	8,48	17,50	16,91	17,67	0,5943	0,6338	0,5830	0,027	0,030	0,027
8	105	9,82	10,48	9,47	8,84	9,43	8,53	17,44	16,80	17,63	0,5982	0,6411	0,5858	0,028	0,030	0,027
9	120	10,17	10,40	9,46	9,15	9,36	8,52	17,13	16,87	17,64	0,6191	0,6366	0,5853	0,029	0,030	0,027

Fuente: Elaboración propia

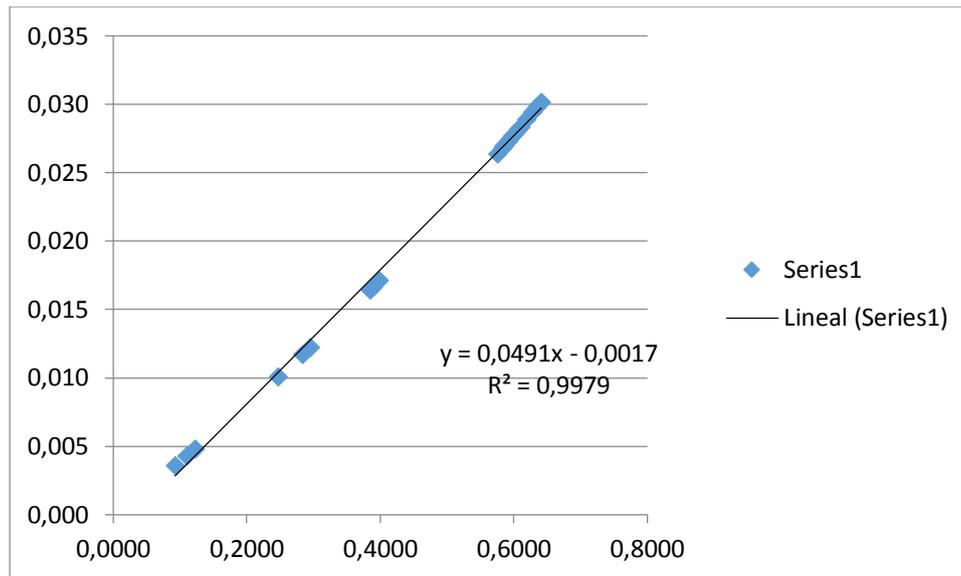


Figura 19. Determinación de la cinética de la hidrólisis enzimática

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la curva con lineal tendencia se obtiene la siguiente ecuación:

$$y = 0,0491 x - 0,0017$$

Con la ecuación encontramos los valores de k_m y $V_{m\acute{a}x}$

$$k_m = -\frac{1}{-0,0491} = -20,3666 \text{ g/mL}$$

$$V_{m\acute{a}x} = k_m * -0,0017 = 0,03462 \frac{\text{g}}{\text{mL} \cdot \text{min}}$$

4.1.7 Valorización Económica

Se presenta la valorización económica de la obtención de 4 L de jarabe de glucosa (160,60 g de harina de cáscara de plátano) mediante la hidrólisis enzimática.

Tabla 12 Valorización Económica

	COSTOS ENERGETICOS				
	Watts	KW	tiempo	KWH	costo
Secador	3500	3.5	10	35	19.25
Molino	375	0.375	0.5	0.1875	0.103125
Tamizado	1500	1.5	0.25	0.375	0.20625
Baño María	2400	2.4	1.5	3.6	1.98
Centrifuga	1200	1.2	0.25	0.3	0.165
TOTAL					21.704375

COSTOS DE INSUMOS			
	precio U	Cantidad	costo
Enzima (alfa-amilasa)	100	50 mg	10.00
CaCl ₂ y ácido cítrico	0.50	0.5	3.00
total			13.00
Gasto total			34.70

Fuente: Elaboración propia.

$$\rho = \text{jarabe de glucosa} = 1.37 \text{ kg/L} \quad \rho = \frac{m}{v}$$

- Kg de la cáscara de plátano

$$m = \rho * V \quad (1.37 \text{ kg/L}) (3.20 \text{ L}) = 4.384 \text{ kg}$$

- Rendimiento

$$8 \text{ kg} \quad \text{---} \quad 100$$

$$4.384 \text{ kg} \quad \text{---} \quad X$$

$$x = \frac{4.384 * 100}{8} = 54.80\%$$

- Costo de 1kg de jarabe de glucosa = 10soles

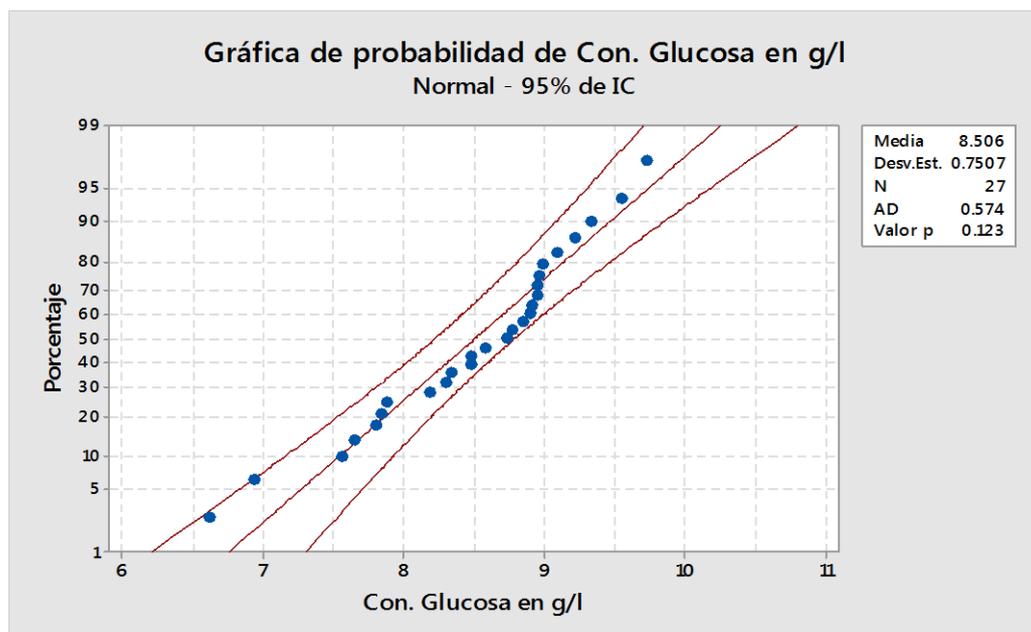
$$4.384 \text{ kg} \times 10 = 43.84 \text{ soles}$$

- Costo total para obtener jarabe

$$43.84 - 34.70 = 9.14 \text{ de ganancia.}$$

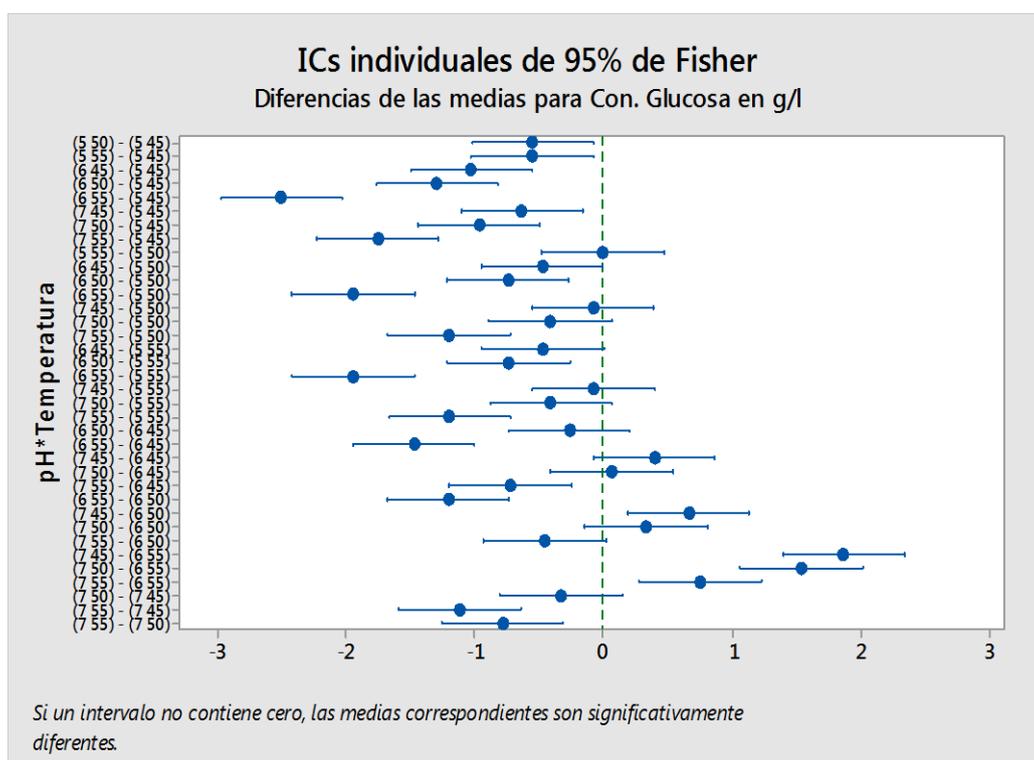
4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Probabilidad de % de concentración de jarabe de glucosa



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Intervalo de confianza simultánea de la diferencia – 95% de FISHER



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Comparación múltiple de FISHER para la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir de los residuos de la cáscara de plátano

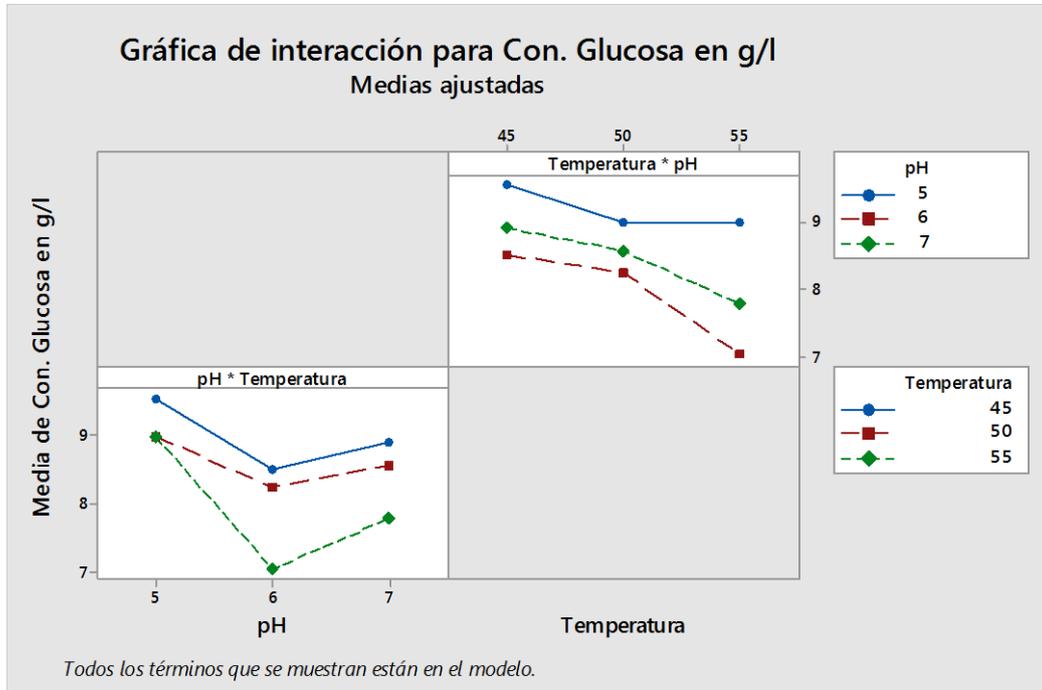
pH	T°	N°	Media %	Agrupación
5	45	3	9,537	A
6	50	3	8,986	B
7	55	3	8,980	B C
5	45	3	8,902	B C
6	50	3	8,569	B C D
7	55	3	8,510	C D
5	45	3	8,244	D E
6	50	3	7,783	E
7	55	3	7,038	F

Fuente: Elaboración propia.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferente.

En este caso las combinaciones que logro mayor concentración de glucosa con una concentración de 9.7351 g/l fueron las muestras donde utilizo un pH de 5 y una temperatura de 45°C.

4.2.4 Gráfica de comparaciones Múltiples



Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que las líneas azules nos dan mejor resultado óptimo de obtención de jarabe de glucosa a partir del residuo de la cáscara de plátano con un pH de 5 y una temperatura de 45.

4.3 Contrastación de hipótesis

4.3.1 Contrastación de hipótesis general

A pH y temperatura óptima de 5 y 45°C, respectivamente, y una concentración de cofactor de CaCl₂ de 100 ppm, se garantiza la mayor concentración de jarabe de glucosa por hidrólisis enzimática a partir de los residuos de la cáscara de plátano.

Ha: La interacción del pH influye significativamente en la hidrólisis enzimática para garantizar la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir de los residuos de la cáscara de plátano.

Ha: La interacción de la temperatura influye significativamente en la hidrólisis enzimática para garantizar la mayor concentración de jarabe de glucosa a partir de los residuos de la cáscara de plátano.

4.3.2 Contrastación de hipótesis específicas

H0: La interacción del pH y la temperatura no influye significativamente en la hidrólisis enzimática.

Las constantes cinéticas $K_m = 20.5338$, $V_{m\acute{a}x} = 0.03285$ y la velocidad de hidrólisis enzimática a las condiciones óptimas de degradación de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.

La valorización económica es de 1517 del mejor tratamiento de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.

CONCLUSIONES

1. En la hidrólisis enzimática a partir de los residuos de la cáscara de plátano, el pH y temperatura óptima es 5 y 45°C, respectivamente, y la concentración de cofactor CaCl₂ es 100 ppm. A estas condiciones se garantiza la mayor concentración de jarabe de glucosa por hidrólisis enzimática.
2. La temperatura de la gelatinización, humedad y porcentaje de almidón de los residuos de la cáscara de plátano son 70 °C; 82,02% y 12,16, respectivamente. Mientras el punto de humedad de equilibrio en el secado es 0,06.
3. El pH y la temperatura influyen significativamente en la concentración de glucosa del jarabe obtenida mediante la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano.
4. A las condiciones óptimas de la hidrólisis enzimática de los residuos de la cáscara de plátano, la Constante de Michaelis-Menten (K_m) es - 20,3666 g/mL y la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) es 0,03462 g/mL.min del modelo cinético respectivo.
5. La valorización económica de la obtención de jarabe de glucosa a partir de 10 kg de cáscara de plátano se obtuvo 4.384 kg de jarabe de glucosa, el rendimiento es de 54.80% de concentración de la glucosa. Con una ganancia de 9.14 soles,

RECOMENDACIONES

1. Diseñar un secador solar indirecto activo para que sea más rentable la investigación desarrollada.
2. Utilizar la investigación como base guía para futuros proceso industrial, aprovechando los residuos orgánicos desechables utilizando el almidón para la transformación de glucosa.
3. Tomar como guía para un proceso de obtención de bioetanol ya que con el jarabe obtenido podemos generar un combustible con una fermentación alcohólica.
4. Consumir el jarabe obtenido por su valor alimenticio y nutricional.
5. Utilizar en alimentos para animales en el área agropecuaria

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, H. (2012). Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) originario de la región amazónica Colombia para la elaboración de productos horneados. Tesis Pregrado, Bogotá.
- Aguilar, A. (2008). Tratamiento enzimático de la pulpa de plátano (*Musa paradisiaca* L) para la obtención de jarabe de glucosa y fibra dietética. Tesis de Maestría, Yautepec.
- Alban, C. R., & Carrasco, J. V. (2012). Elaboración de una bebida alcohólica destilada, evaluando dos niveles de levadura utilizando como sustrato papa china (*Colocasia esculenta*) y camote (*Ipomoea batatas* L) en la planta de frutas y hortalizas de la universidad estatal de Bolívar. Tesis Pregrado, Guaranda.
- Alondra, A. S. (2008). Tratamiento enzimático de la pulpa de plátano (*Musa*).
- Anaya, J. (2004). Obtención de jarabes de glucosa a partir del almidón de yuca mediante hidrólisis ácida asistida por microondas. Tesis Pregrado, Bucaramanga.
- Badui, Dergal, & Salvador. (2006). Química de los Alimentos (Cuarta edición ed.). (E. Quintanar Duarte, Ed.) México.
- Beltrán, A., & Herreño, L. (2010). Aplicación de la enzima α -amilasa comercial BAN® 480L a la harina de feo arroz 50 para la elaboración de una bebida vegetal. Bogotá.
- Benítez, R. (2008). Hidrolizados de proteína, química biológica.
- Blasco, G. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). 23.
- Cardona. (2014). "Evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional" .

- Carmona, J., & Paternina, S. (2007). Evaluación de la modificación vía enzimática de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) utilizando alfa-amilasa (TERMANYL 120L, TIPO L) para sus posibles aplicaciones industriales. Tesis Pregrado, Sincelejo.
- Cruz. (2012). Modelado del proceso de hidrólisis enzimática de almidones gelatinizados del fruto de la planta de banano.
- Daniells. (2001). A Catalogue of Musa Germplasm. Diversity in The.
- De la Rosa, J. (2009). Análisis físico-químico estructural y molecular de almidones diferentes variedades de maíz azul. Tesis Maestría, Yautepec.
- Dolores, d. A., & Felix, B. E. (1979). Cinética Enzimática: Manejo de Datos. Oviedo, Oviedo. Recuperado el 30 de Octubre de 2016
- Espinosa. (2013). Obtención de etanol mediante hidrólisis alcalina, enzimática .
- Fernandez, M. C., & Perales, M. M. (2008). Degradación del maíz amiláceo (zea maíz amiláceo variedad blanco cuzco) por hidrólisis enzimática utilizando la amiloglucosidasa para la obtención de glucosa. Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Recuperado el 5 de Noviembre de 2016
- Franklin, B. (sin fecha). Las enzimas.
- Galvan. (2010). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas .
- Gava, A. (1998). Principios de Tecnología De Alimentos. Rio de Janeiro: Nobel.
- Gerena. (2013). Obtención de jarabes azucarados a partir de la.
- Hernández, U. J. (2004). Obtención de Jarabe Fructosado a Partir de Almidón de Plátano *Musa paradisíaca* L. (Var. Macho). Tesis Magistral, Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos. Recuperado el 27 de julio de 2016

- Herrera, A. (2011). Estudio comparativo de metodos para la determinacion de sacarosa y azucares reductores en la miel virgen de caña utilizando en el ingenio pichichi S.A. Tesis Pregrado.
- Jadan, F. (2011). Obtencion de bioalcohol a partir del extracto del camote. Tesis Maestria, Madrid.
- López, Nicolas , J. M., & García, Carmona, F. (2015). Los cuatro mosqueteros de la ciética enzimática. Revista Eubacteria(34), 5. Recuperado el 25 de Setiembre de 2016
- Martínez Gallegos, J. F. (2005). Utilización de alfa amilasa en la Formulación de Detergentes Industriales. Tesis Doctorado, Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química, Granada.
- Mckee, T., & R, M. J. (2003). Bioquímica (Tercera ed.). (J. M. Gonzáles de Buitrago, Trad.) Salamanca, España: mcgraw-Hill.
- Melgar. (2013). Extracción de almidón de banano de sobreproducción para la síntesis de glucosa por medio de hidrólisis enzimático y evaluación para su
- Melian. (2010). Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales. Chile.
- Molina. (2009). Hidrólisis de almidón de yuca mediante la utilización de preparaciones solubles e insolubilizadas de alfa-amilasa.
- Murgas, J., & Vasquez, M. (2012). Evaluacion de la obtencion de bioetanol a partir del almidon de ñame (Dioscorea rotundata, Dioscorea alata y Dioscorea trifida), mediante la hidrolisis enzimatica y posterior fermentacion. Tesis Pregrado, Cartagena.
- Oseda. (2015). Metodologia de la investigacion.
- Pedro, R. B. (2014). Investigaciones . Lima: EDUCC.

- Peña , A. (2009). Hidrolisis de almidon de yuca mediante la utilizacion de preparaciones solubles e insobulizadas de alfa-amilasa (*Aspergillus niger*). Tesis Pregrado, Bucaramanga.
- Quitiguiña, S. &. (2012). Obtención de jarabe de glucosa a partir de la hidrólisis enzimática de almidón de banano, *musa cavendish*". Ecuador.
- Rosa, D. L. (2009). Análisis fisicoquímico,.
- Rueda, L. (2012). Determinacion de los parametros cineticos del extracto enzimatico nativo de *aspergillus spp.* Para la preparacion de jarabe de glucosa. Tesis Pregrado, Bucaramanga.
- Ruiz, I. (2009). Obtencion de jarabes de glucosa a partir de almidon de yuca por medio de hidrolisis enzimatica , para ser usados como sustrato en la produccion de bioetanol. Tesis Pregrado, Bucaramanga.
- Sampieri, R. H. (2014). Metodologia de la Investigacion.
- Sosa, M., & Galvis, P. (2010). Caracterizacion de la enzima glucosa oxidasa (GOX) (EC 1.1.3.4.) Libre e movilizada en dos soportes (Alginato de sodio y agarosa) para la produccion de acido gluconico. Tesis Pregrado, Bogota.
- Tate, L. &. (2010). World leader in carbohydrate ingredients. Europa.
- Terebiznik. (1998). Alfa-amilasa de *Aspergillus oryzae* Alfa-amilasa de *Aspergillus oryzae* : estudios de producción por : estudios de producción por fermentación en sustrato sólido, fermentación en sustrato sólido, purificación y estabilización.
- Torres. (2014). Aprovechamiento de pulpa y cáscara de plátano (*musa paradisiaca spp*) para la obtención de maltodextrina.
- Yahía, E. (2017). Manejo y Tecnologías Post-cosecha de los Berries.

ANEXOS

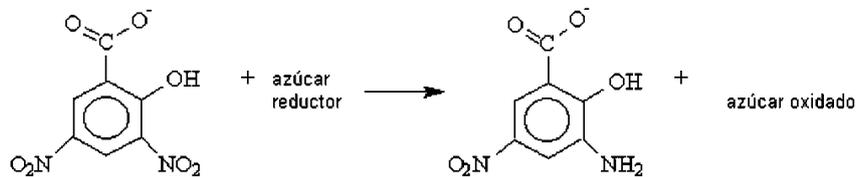
Anexo N°1 cuantificación de reducción de azúcares método DNS. (3,5 – ácido dinitrosalicílico).

Se observa la reducción del DNS cuando este es de color amarillo, y cuando este es de color rojo ladrillo se deduce que hay presencia de glucosa o azúcares.

Se observa una un color más oscuro cuando hay presencia de mayor concentración de azucares esto se hace lectura con un espectrofotómetro a 540 nm lectura de la absorbancia.

Ácido 3,5-dinitrosalicílico

3-amino-5-nitrosalicilato



Preparación del DNS

- Disolver el 1.6 g de *NaOH* en 40 ml de agua destilada y agregar lentamente y manteniendo una agitación constante 30g del tartrato de sodio y potasio. Aforar hasta 80 ml con agua destilada y lentamente añadir 1g de ácido 3,5 dinitrosalicílico. No dejar de agitar hasta observar que todos los reactivos se disuelvan. Finalmente aforar a 100ml y filtrar con papel filtro. Guardar en frasco oscuro de preferencia ámbar para evitar reacciones.

Como usar el Reactivo DNS

- A un tubo de ensayo de 10ml añadir 1 ml de DNS (ácido, 3.5 dinitrosalicílico) y 1 ml de la harina de la cáscara de plátano y llevar a punto de ebullición por un periodo de 15 minutos. Luego colocar durante 5 minutos en un vaso con hielo y posteriormente dejarlo a temperatura ambiente por 5 minutos. Finalmente aforar con 8 ml de agua destilada a cada tubo.
- Una vez obtenido la homogeneidad, colocar en cubetas para su respectiva lectura de absorbancia en un espectrofotómetro UV a 540 nm de longitud onda.

Anexo N°2 Análisis fisicoquímico de la cáscara del plátano



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981

Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO N° 0268 – LCC– UNCP- 2018

SOLICITANTE : ELITA AQUILA VIDAL BRAÑES
DIRECCIÓN : JR. LOS MANZANOS N° 1100 - HUANCAYO.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE, LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : CASCARA DE PLÁTANO
MARCA : S/M
ENVASE : BOLSA POLIETILENO x 100 g.
TAMAÑO DE MUESTRA : 1 UNIDAD
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA : 18/06/18
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 28/06/18
SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0268 – 2018

DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE
TITULO DE LA TESIS : "OBTENCIÓN DE JARABE DE GLUCOSA POR HIDROLISIS ENZIMÁTICA COMO PROCESO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE RESIDUOS DE LA CASCARA DE PLÁTANO"

RESULTADOS:

1.- ANÁLISIS FISICOQUÍMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
Grasa (%)	0.28
Humedad (%)	82.02
Ceniza (%)	1.37
Proteína (%)	0.59
Fibra (%)	1.13
Carbohidratos (%)	14.61

MÉTODO DE ENSAYO:

1. HUMEDAD : REF. NTP N° 205.002:1979
2. GRASA : REF. NTP N° 205.006:1980
3. PROTEINA : AOAC, 1990
4. CENIZA : REF. NTP N° 205.004:1979
5. FIBRA : REF. NTP N° 205.003:1980
6. CARBOHIDRATOS : CÁLCULO MATEMÁTICO

LOS RESULTADOS SOLO SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIÉNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE.
LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DIAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE PARA EL PRODUCTO, Y LAS CANTIDADES INDICADAS SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGAN LAS MISMAS CONDICIONES DE REALIZADO EL MUESTREO. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DETERMINACIÓN DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 90 DIAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 28 DE JUNIO DEL 2018.



Anexo N°3 Análisis Físicoquímico para saber la temperatura de gelatinización y almidón de la cáscara de plátano



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981
 Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO N° 0269 – LCC– UNCP- 2018

SOLICITANTE : ELITA AQUILA VIDAL BRAÑES
 DIRECCIÓN : JR. LOS MANZANOS N° 1100 - HUANCAYO.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE, LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : CASCARA DE PLÁTANO SECO
 MARCA : S/M
 ENVASE : BOLSA POLIETILENO x 100 g.
 TAMAÑO DE MUESTRA : 1 UNIDAD
 FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA : 18/06/18
 FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 28/06/18
 SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0269 – 2018

DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE : "OBTENCIÓN DE JARABE DE GLUCOSA POR HIDROLISIS ENZIMÁTICA COMO PROCESO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE RESIDUOS DE LA CASCARA DE PLÁTANO"
 TITULO DE LA TESIS :

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
CONTENIDO DE ALMIDÓN (%)	12.16

2. ANÁLISIS ADICIONALES :

ANÁLISIS	RESULTADO		
	T° inicio	T° media	T° final
TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN (°C)	65	70	73

MÉTODO DE ENSAYO:
 1. ALMIDÓN : AOAC, 2000
 2. GELATINIZACIÓN : AOAC, 2000

LOS RESULTADOS SOLO SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIÉNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE
 LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:
 EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE PARA EL PRODUCTO, Y LAS CANTIDADES INDICADAS SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGAN LAS MISMAS CONDICIONES DE REALIZADO EL MUESTREO. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DIRIMENCIA DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 90 DÍAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 28 DE JUNIO DEL 2018.

MSc. Iris Artica Mallqui
 GERENTE DE CALIDAD
 LCC - FAIA - UNCP

Anexo N°4 Análisis fisicoquímico de la cáscara del plátano para saber la cantidad de amilosa y amilopectina contiene.



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981

Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO N° 0270 – LCC– UNCP- 2018

SOLICITANTE : ELITA AQUILA VIDAL BRAÑES
DIRECCIÓN : JR. LOS MANZANOS N° 1100 - HUANCAYO.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE, LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : CASCARA DE PLÁTANO SECO
MARCA : S/M
ENVASE : BOLSA POLIETILENO x 100 g.
TAMAÑO DE MUESTRA : 1 UNIDAD
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 28/06/18
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 08/06/18
SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0270 – 2018

DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE
TITULO DE LA TESIS : "OBTENCIÓN DE JARABE DE GLUCOSA POR HIDROLISIS ENZIMÁTICA COMO PROCESO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE RESIDUOS DE LA CASCARA DE PLÁTANO"

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
CONTENIDO DE AMILOSA (%)	36.90
CONTENIDO DE AMILOPECTINA (%)	63.10

MÉTODO DE ENSAYO:

1. AMILOSA : AOAC, 2000
2. AMILOPECTINA : AOAC, 2000

LOS RESULTADOS SOLO SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIÉNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE.
LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE PARA EL PRODUCTO, Y LAS CANTIDADES INDICADAS SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGAN LAS MISMAS CONDICIONES DE REALIZADO EL MUESTREO. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DURABILIDAD DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 90 DÍAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 28 DE JUNIO DEL 2018.



Anexo N°5 Ficha técnica de enzima alfa-amilasa.



KINETIKA SA

ADMIN OFFICE
Via Nassa 46
CH- 6901 Lugano
Switzerland

PHONE
++41 91 9100711

FAX
++ 41 91 9210754

EMAIL
luzano@kinetika.ch

WEB
www.kinetika.ch

BANKERS
BSI - Banca della Svizzera Italiana
Viale S. Franscini 8
CH 6900
Lugano
IBAN € account
CH4508465000G265120AB
IBAN CHF account
CH7208465000G265120AA

R&D OFFICE
University of Nottingham
Sutton Bonington
Leicestershire
UK

DATE
November 2012

PRODUCT NAME : KINEZYME ALPHA
TECHNICAL DATASHEET AND MSDS

IDENTIFICATION AND SAFETY DATAS	
product identification	food grade enzyme
supplier	Kinetika Sa, Switzerland
scientific name	alpha amylase
GMO status	the producing micro-organism has not been genetically modified
micro-organism	aspergillus oryzae
IUB classification	E.C.3.2.1.1
safety class	R42

TECHNICAL DATAS	VALUE
amylase activity	160.000 u/g
form	fine dry powder
colour	light tan powder
moisture	< 8%
arsenic	< 3 ppm
heavy metal (as Pb)	< 30 ppm
lead	< 5 ppm
total viable count	< 100 units/g
E.coli	negative/g
Salmonella & pathogens	negative/25g
yeast&moulds	< 10 units/g
optimum pH	5-7
optimum temperature	45-55°C
application	flour improver and basic ingredient in bread improvers
dosage	2-12 ppm

METHODS	
activity	IM 5.2
heavy metal	AOAC999.11 - UNI 15765
microbiology	ISO 4833, 4832, ANFOR 12/16



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

SECTION 1 IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

Commercial product name : KINEZYME ALPHA
Description : Enzyme preparation (alpha amylase)
Supplier : Kinetika SA – Via Nassa 46, 6901 Lugano - Switzerland

SECTION 2 COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical Name
Alpha Amylase >20%
Diluents < 80%
Chemical characterization of active component: enzymatic protein

SECTION 3 HAZARDS IDENTIFICATION

KINEZYME ALPHA is the powder type enzyme. Inappropriate handling may release dust. Inhalation of enzyme dust or aerosols may induce sensitization and may cause allergic type reactions in sensitized individuals. The preparation is irritating to eyes and skin.

SECTION 4 FIRST AID MEASURES

Inhalation

Remove from exposure. If irritation or allergic response occur, consult a doctor.

Eye contact : Rinse with plenty of water for at least 15 minutes.

Should irritation occur, seek medical advice.

Skin contact: Wash off with plenty of water. If irritation or allergic response occur, consult a doctor.

Ingestion : Rinse mouth with plenty of water and throat thoroughly with water, then consult a doctor.

SECTION 5 FIRE-FIGHTING MEASURES

Suitable fire extinguishing media : Water, foam

Non-suitable media : None

Special exposure hazards : None

Protection against fire and explosions : No special requirements

SECTION 6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

After spillage avoid raising of aerosols and dust from dried preparation. Take up by mechanical means, preferably by a vacuum equipped with a high efficiency filter. Flush remainder carefully with plenty of water. Never use high pressure water jet. Provide for sufficient ventilation. Wash contaminated clothing

SECTION 7 HANDLING AND STORAGE

Avoid formation of a dust and aerosols from dried preparation. Provide for good ventilation of the room, when handling this preparation. Store container in a dry and cool place

SECTION 8 EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Recommended personal protective equipment

Respiratory protection : Respirator approved for this type of dust (P3 filters)

Hand protection : Impermeable gloves

Eye protection : Protecting glasses or eye shield

SECTION 9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance : Brown powder

Odor : Slight fermentation odor

SECTION 10 STABILITY AND REACTIVITY

The preparation is stable under normal conditions of use

Condition to avoid : None

Materials to avoid : None

Hazardous decomposition products : None

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

Potential acute health effects

Inhalation: May cause sensitization by inhalation

Ingestion: Neither important effect nor critical hazard known

Skin contact: Neither important effect nor critical hazard known

Eye contact: Neither important effect nor critical hazard known

Acute toxicity: No specific data

Potential chronic health effects

Chronic effects: Once sensitized, a strong allergic reaction may occur with a low exposure level.

Carcinogenicity: Neither important effect nor critical hazard known

Mutagen impact: Neither important effect nor critical hazard known

Teratogenicity: Neither important effect nor critical hazard known

Effects on development: Neither important effect nor critical hazard known

Effects on fertility: Neither important effect nor critical hazard known

SECTION 12 ECOLOGICAL INFORMATION

The preparation is believed not to be dangerous to the environment with respect to mobility, persistence and degradability, bioaccumulative potential, aquatic toxicity and other data relating to ecotoxicity.

SECTION 13 DISPOSAL CONSIDERATIONS

No special disposal method required, except to be in accordance with current local authority regulations.

SECTION 14 TRANSPORT INFORMATION

UN No. : Not applicable

Sea : Not applicable

Road/Rail : Not applicable

Air : Not applicable

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION

Symbol of danger: 
Harmful

Risk phrase(s): R42 – May cause sensitization by inhalation

Safety phrases: S22 – do not breathe dust
S24 – Avoid contact with skin
S36/37 – Wear suitable protective clothing and gloves

SECTION 16 OTHER DATA

The information contained in this material safety data sheet, as of the issue date, is believed to be true and correct.

However, the accuracy or completeness of this information and any recommendations or suggestions are made without warranty or guarantee. Since the conditions of use are beyond the control of our company, it is the responsibility of the user to determine the conditions of safe use of this product. The information in this sheet do not represent analytical specifications, for which please refer to our technical data sheet.

Purpose of review: complete revision

The format of this material safety data sheet complies with regulation CE/1907/2006.



ALLERGY LIST
KINEZYME ALPHA

-	Milk and milk product	-	Nuts
-	Milk protein	-	Nuts oil
1	Lactose	-	Peanuts and products thereof
-	Egg and products thereof	-	Peanut oil
-	Soy protein	-	Sesame seeds and products thereof
-	Soy oil	-	Sesame oil
-	Soy lecithin	-	Glutamate
-	Soy flour	-	SO ₂ and sulphites >10ppm
-	Gluten	-	Azo dyes
-	Cereals containing gluten and products thereof	-	Benzoic and acid and parabens (E210/ mE219)
-	Wheat glucose syrup and products thereof	-	Tartrazine (E102)
-	Buckwheat	-	Beef
-	Fish and products thereof	-	Pork
-	Crustaceans and products thereof	-	Chicken
-	Shellfish and molluscs	-	Celery (seeds, celeriac, celery)
-	Maize	-	Mustard and products thereof
-	Wheat Starch	-	Yeast
-	Cocoa		

Presence or absence of allergens:

1 = contains

2 = may contain (cross contamination)

- = does not contain

Panel Fotográfico

Figura 20 Secado de la cáscara de plátano



Figura 21 Cáscara de plátano seca, tamizando



Figura 22 Cáscara de plátano tamizada con malla de (60 μ m).



Figura 23 Se preparó el DNS (acido, 3.5 dinitrosalicilico)

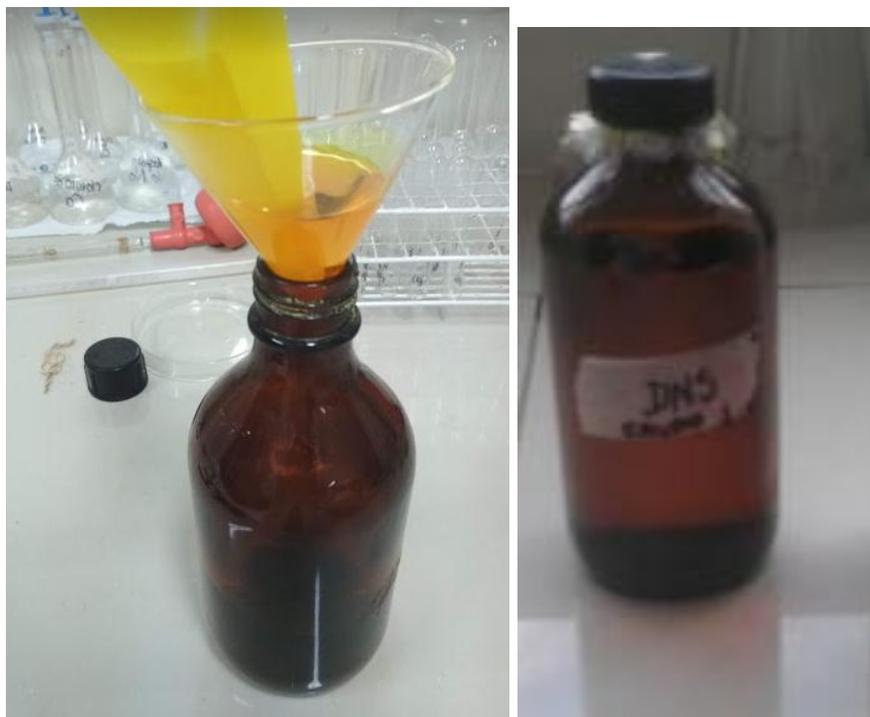


Figura 24 Preparación de la glucosa anhidra (solución madre) con 1litro de agua y 100g de glucosa anhidra.



Figura 25 Se preparó a diferentes concentraciones en fioas de 100ml. La glucosa anhidra (solución madre)

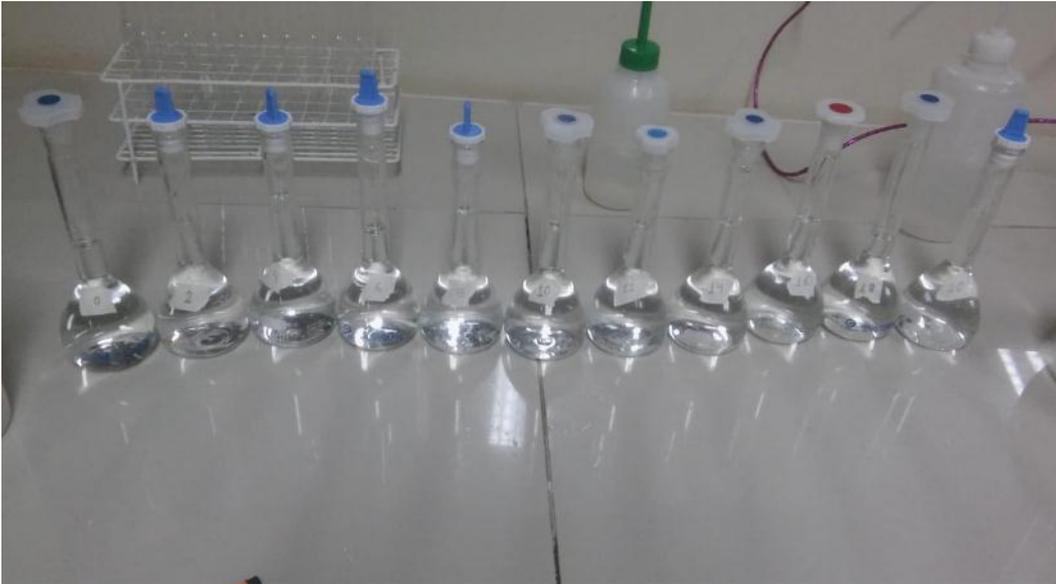


Figura 26 Pesando cáscara de plátano



Figura 27 Se preparó las muestras a diferentes concentraciones de 75, 100 y 125 ppm de cloruro de calcio que trabaja como el cofactor.



Figura 28 Acondicionando el pH.



Figura 29 Los cofactor fueron colocados en un Baño María a 70 °C durante 30 minutos. Este tiempo es para la mejor gelatinización del almidón.



Figura 30 Se añadió agua destilada al Baño María hasta a una temperatura de 50 °C por 60 minutos. Con fin de reacción de la enzima.



Figura 31 Las muestras obtenidas se hicieron centrifugar en tubos de 10mL por 500 rpm por un tiempo de 15 minutos.



Figura 32 Se preparó cada uno de las muestras con un 1ml de DNS y 1ml de la solución obtenida.



Figura 33 A los tubos de ensayo se les llevo a ebullición por 15 minutos.



Figura 34 Tubos de ensayo con las muestras obtenidas después de estar en la cocinilla y aforado a 20 ml, para lecturas de absorbancia a 540 nm.



Figura 35 Tubos de ensayo con la enzima alfa-amilasa después de estar en la centrifuga.



Figura 36 Se realiza la respectiva lectura de absorbancia con el espectrofotómetro a 540nm.

