

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**DE JAÉN**

**EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN Y**  
**DEL TIEMPO DE COCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN EN**  
**LA OBTENCIÓN DE UN DESTILADO ALCOHÓLICO**  
**DE YUCA (*Manihot esculenta*)**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**AUTOR** : **Jordyn Pool Diaz Ruiz**

**ASESOR** : **M. Cs. Adán Díaz Ruiz**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : **Innovación tecnológica**

**JAÉN-PERÚ, AGOSTO 2023**

NOMBRE DEL TRABAJO

**Informe\_Final\_de\_Tesis\_Jordyn\_Pool\_Díaz\_Ruiz\_21\_09\_2023.docx**

RECUENTO DE PALABRAS

**7367 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**39253 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**47 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**9.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 22, 2023 12:30 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 22, 2023 12:31 AM GMT-5**

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

  
Alan Díaz Ruiz  
Asesor



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2019-SUNEDU/CD

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de setiembre del año 2023, siendo las 9:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dra. María Alina Cueva Ríos

Secretario: Dra. Delicia Lilibiana Bazán Tantaleán

Vocal: Dr. Ernesto Hernández Martínez, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( X ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

**Titulado: "EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN Y DEL TIEMPO DE LA SUSPENSIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UN DESTILADO ALCOHÓLICO DE YUCA (Manihot esculenta)".**

presentado por egresado Jordyn Pool Díaz Ruiz de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( X ) Aprobar ( ) Desaprobar ( X ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 10:20 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 15 de setiembre de 2023

  
\_\_\_\_\_  
Dra. María Alina Cueva Ríos  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Delicia Lilibiana Bazán Tantaleán  
secretaría

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ernesto Hernández Martínez  
Vocal

## ÍNDICE

Índice de Tablas.....	4
Índice de Figuras .....	5
Índice de Anexos .....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT .....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
2.1. Objeto de estudio .....	5
2.2. Lugar de ejecución .....	5
2.3. Hipótesis .....	5
2.4. Variables de estudios .....	5
2.5. Materiales.....	6
2.6. Procedimientos.....	7
2.6.1.Extracción del almidón de la yuca.....	7
2.6.2.Obtención del destilado alcohólico.....	9
2.6.3.Métodos de análisis .....	11
2.6.4.Diseño Experimental .....	12
2.6.5.Análisis de datos.....	13
III. RESULTADOS .....	14
IV. DISCUSIÓN.....	19
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
4.2. Conclusiones .....	22
4.3. Recomendaciones .....	22
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	23

DEDICATORIA.....	26
AGRADECIMIENTO.....	26
ANEXOS.....	27

## Índice de Tablas

Tabla 1	Matriz de experimentación para la obtención de destilado alcohólico de almidón de yuca .....	13
Tabla 2	Rendimiento y humedad de obtención de almidón de yuca .....	14
Tabla 3	Análisis de varianza de las características fisicoquímicas de los tratamientos de la bebida destilada.....	17
Tabla 4	Prueba de Tukey. Agrupamiento de los tratamientos según valores de pH y grado alcohólico, respectivamente.....	18
Tabla 5	Ficha de recolección de datos Fisicoquímicos.....	27
Tabla 6	Promedios con su desviación estándar de parámetros fisicoquímicos.....	28
Tabla 7	Normas Técnicas Peruanas (211.013. 2015). Bebidas Alcohólicas. Vodka...	29

## Índice de Figuras

Figura 1	Diagrama de flujo de obtención del almidón.....	7
Figura 2	Diagrama de flujo de la obtención del destilado alcohólico.....	9
Figura 3	Gráficos de puntos y promedios para el indicador para el grado alcohólico	15
Figura 4	Gráficos de puntos y promedios para el indicador de pH.....	15
Figura 5	Gráficos de puntos y promedios para el indicador extracto seco .....	16

## Índice de Anexos

Anexo A	Base de datos.....	27
Anexo B	Norma técnica.....	29
Anexo C	Planta y raíz de la yuca.....	30
Anexo D	Galería de fotos de proceso de obtención del almidón de yuca.....	31
Anexo E	Galería de fotos de proceso de obtención del destilado alcohólico.....	35
Anexo F	Galería de fotos de análisis fisicoquímicos de grado alcohólico, pH y extracto seco.....	38



## RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de la concentración de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y tiempo de cocción de la suspensión en la obtención de un destilado alcohólico. Se extrajo almidón de yuca mediante decantaciones sucesivas y secado en estufa a 40 °C durante 48 horas con un rendimiento de 15.84%. Se empleó un diseño factorial de tres niveles con dos factores y tres repeticiones, las variables fueron la concentración de almidón y el tiempo de cocción de la suspensión. Se realizó la sacarificación del almidón empleando enzima Mega DS9 ( $\alpha$ -amilasa) a 90 °C, se empleó *Saccharomyces cerevisiae* en la fermentación durante 7 días. El tratamiento t40C35 (tiempo 40 min de cocción y 35% de concentración de almidón) fue el que obtuvo mayor contenido alcohólico (29.62 GL) su pH fue de 3.91 y extracto seco de 0.091. Se concluye que a mayores valores de concentración y del tiempo de cocción de la suspensión se obtuvo mayor grado alcohólico y que a menor tiempo de cocción se obtuvo mayor valor de pH, así mismo, a mayor valor de concentración de almidón se obtuvo menores valores de pH y el destilado tuvo bajo nivel de extracto seco; todos los valores se encuentran dentro de lo establecido en la NTP 211.0132015 Bebidas Alcohólicas Vodka. Además, el proceso es adecuado para obtener un destilado con alto contenido alcohólico en menor tiempo de sacarificación.

**Palabra clave:** *Sacarificación enzimática,  $\alpha$ -amilasa, fermentación alcohólica.*

## ABSTRACT

The objective was to determine the effect of cassava (*Manihot esculenta*) starch concentration and suspension cooking time in obtaining an alcoholic distillate. Cassava starch was extracted by successive decanting and oven drying at 40 °C for 48 hours with a yield of 15.84%. A three-level factorial design with two factors and three replicates was used, the variables were starch concentration and suspension cooking time. Starch saccharification was performed using Mega DS9 ( $\alpha$ -amylase) at 90 °C, *Saccharomyces cerevisiae* was used in the fermentation for 7 days. Treatment t40C35 (40 min cooking time and 35% starch concentration) was the one that obtained the highest alcohol content (29.62 GL), its pH was 3.91 and dry extract was 0.091. It is concluded that the higher the concentration and cooking time of the suspension, the higher the alcohol content and the lower the cooking time, the higher the pH value, the higher the starch concentration, the lower the pH value, and the distillate had a low level of dry extract; all the values are within the established in NTP 211.0132015 Alcoholic Beverages Vodka. In addition, the process is suitable for obtaining a distillate with high alcohol content in less saccharification time.

**Keyword:** *Enzymatic saccharification,  $\alpha$ -amylase, alcoholic fermentation.*

## I. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Jaén, la yuca se cultiva para uso doméstico y para ser expandido en los mercados locales. Según el Ministerio de Agricultura y Riego en el año 2017 (INIA, 2019) su producción fue de 1.3% en el contexto regional, sin embargo, para los años 2021 - 2022, entre los meses de enero - abril se originó un incremento de la producción de yuca de 381.370 Tm a 390.471 Tm respectivamente a nivel nacional (MIDAGRI, 2022).

La raíz de esta planta es aprovechada con frecuencia para consumo familiar ya sea como fritos, sancochados, sopas, farinã, moñoco, casabe, masato, entre otras preparaciones. En los mercados locales se encuentran fécula de yuca (almidón) y harina de yuca.

Existe formas de aprovechamiento industrial de esta raíz como productos procesados o derivados tales como harina y almidón, así mismo, hay estudios sobre potenciales usos como materia prima para producir destilados alcohólicos, Sin embargo, no hay registro de la comercialización de estos potenciales derivados obtenidos con la yuca, como jarabe de almidón de yuca o aguardiente de yuca.

El alcohol etílico es generalmente obtenido a partir de cereales (cebada, trigo, maíz), frutas (uva), plantas (caña de azúcar, remolacha azucarera, sorgo azucarero), tubérculos y (patata, pataca) y material lignocelulósico (hierba, madera y celulosa). El alcohol obtenido de estos materiales es denominado bioetanol que es empleado como materia prima para la obtención de biodiesel (Alonso, 2013).

El destilado obtenido puede ser utilizado en diversas aplicaciones tales como la preparación de cocteles, licores crema, macerados (Pluma, 2016), así como también, para uso antiséptico y solvente. En esta investigación el propósito es obtener un destilado alcohólico mediante el proceso de fermentación de almidón de yuca y evaluar las condiciones necesarias para efectuar dicho proceso tales, como tiempo de cocción del almidón, hidrólisis enzimática y condiciones de fermentación.

Cabe indicar que, para obtener etanol a partir de almidón de cualquier procedencia, se debe efectuar la hidrólisis del carbohidrato, y ésta puede ser ácida, empleando ácido clorhídrico o enzimática. Las enzimas empleadas con mucha frecuencia para convertir el almidón en glucosa son la  $\alpha$ -amilasa (glucogenasa),  $\beta$ -amilasa (sacrogénica) y almidón fosforilasa, Balaguera y Celemín, (2020). También es empleada la  $\gamma$ -amilasa (glucoamilasa) y pululanasa, (De la Cruz y Yalta, 2017).

Ante esta problemática que se presenta sobre la poca industrialización de la yuca, se pretende darle un nuevo aprovechamiento empleándolo como materia prima para la obtención de almidón que posteriormente servirá para producir etanol mediante hidrólisis enzimática, fermentación y posterior destilación. Para ello, se necesita estudiar las condiciones adecuadas de hidrólisis del almidón y preparación de la suspensión para su posterior fermentación y obtener un excelente destilado con mayor grado alcohólico.

La fermentación alcohólica o etílica es un proceso biológico anaeróbico que se produce mediante la ruta del glucolisis, producido por levaduras o algunas bacterias, estos microorganismos procesan los azúcares como la glucosa y fructosa produciendo etanol y gas carbónico (CO<sub>2</sub>), (Winchonlong, 2018).



La acción de las levaduras está influenciada por agentes externos como el pH, temperatura, presión, azúcares presentes que finalmente se manifestarán en el rendimiento de la operación. El rango de pH debe estar entre 2.5 como mínimo y 8.5 como máximo, siendo óptimo rangos de pH de 4.0 a 5.0. La actividad de las levaduras es intensa entre 20 y 25 °C, máxima a 30 °C y por encima de los 40 °C disminuye. En el proceso fermentativo se forma CO<sub>2</sub> y a medida que su concentración aumenta en el recipiente de fermentación, la presión aumenta generando como consecuencia una disminución de la actividad celular (CO<sub>2</sub>), (Winchonlong, 2018).

También es importante tener en cuenta el tipo de levadura, siendo la más utilizada en fermentación alcohólica la *Saccharomyces cerevisiae* en la industria alimentaria para la producción de cerveza, pan y vino, gracias a su capacidad de generar dióxido de carbono y etanol en el proceso de fermentación. Así mismo, se tiene a *Saccharomyces ellipsoideus*

conocida como levadura elíptica que fermenta un mayor porcentaje de alcohol con respecto a otras levaduras, pueden llegar a producir hasta 17° GL, (Zurita, 2011).

Guerrero y Yépez (2018) elaboraron una bebida destilada a partir de yuca (*Manihot esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) tipo vodka. La metodología que utilizaron es la cocción de yuca con el propósito de gelatinizar los almidones para que luego las enzimas puedan actuar sobre estos y liberar glucosa. Determinaron que el mejor tratamiento fue la combinación 50 % yuca, 50 % zanahoria blanca y 40 minutos de cocción.

Benavides y Pozo (2008) obtuvieron una bebida alcohólica denominada vodka de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) de tres variedades. Emplearon dos tipos de enzima (Termamyl 120 L, Type L y Fungamyl 800 L) para efectuar el proceso de hidrólisis del almidón de la papa por acción enzimática y posterior fermentación del mosto por medio de levaduras. Obtuvieron una bebida destilada con un elevado contenido alcohólico que en promedio reportan 79.15 GL.

Arévalo (2011) obtuvo alcohol etílico a partir de almidón de yuca, las variables de estudio fueron las concentraciones de 20 y 25% de almidón y tiempo de cocción de 1.0 y 1.5 h, los factores de estudio fueron los grados °Bx y pH, efectuaron el estudio en tres etapas, primero obtuvieron almidón de yuca con un rendimiento de 16.51 %, luego realizaron hidrólisis con  $\alpha$ -amilasa y glucoamilasa para convertir el almidón en glucosa; finalmente llevaron a cabo la fermentación durante 34 días. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento corresponde a la suspensión de almidón al 25 % cuyo tiempo de hidrólisis fue de 1.5 h y grado alcohólico de 12.5%.

Esquivia et al (2014) evaluaron el efecto fermentativo y la concentración de azúcares iniciales en la producción de etanol empleando sacarificados de harina de yuca (*Manihot esculenta*). Prepararon cuatro medios fermentativos diferentes, a los dos medios iniciales añadieron sacarificados de harina de yuca variedad Copiblanca y las concentraciones de azúcares iniciales en los sustratos fueron de 250, 300 y 350 g/L. Emplearon levadura de una variedad (*Saccharomyces cerevisiae*) a una concentración de 0.05% (p/v). La temperatura de incubación fue de 35 °C por un tiempo de 48 horas con agitación constante de 150 rpm y pH entre 4.0 y 4.5 a un volumen de 150 mL. Reportaron que los medios con sacarificados de yuca alcanzaron hasta un 500% de productividad volumétrica de etanol con respecto a un control experimental y concentraciones de hasta 14.7% v/v.

De la Cruz y Yalta (2017) obtuvieron alcohol etílico a partir de almidón de yuca dulce (*Manihot esculenta*) evaluando el efecto de la concentración de HCl en tiempo de procesos de hidrolisis. Utilizaron la metodología experimental trabajando con una concentración de almidón de 20 %, suministraron al proceso de la hidrolisis, HCl en concentraciones de 0.7% a 2.7% durante 110 a 230 minutos. Obtuvieron como resultado alcohol anhidro con pureza de 99.9° GL.

De acuerdo a los antecedentes, no se ha evidenciado estudios respecto de la influencia de la concentración del almidón de yuca en la sacarificación y posterior fermentación por lo que, el objetivo general de la investigación fue determinar el efecto de la concentración de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y tiempo de cocción de la suspensión en la obtención de un destilado alcohólico. Los objetivos específicos fueron a) determinar el rendimiento de la extracción de almidón de la yuca (*Manihot esculenta*) mediante el molido de la raíz fresca y extracción sucesiva con agua potable, b) obtener destilado alcohólico a partir de la hidrólisis enzimática de diferentes concentraciones de almidón de yuca (15, 25 y 35%) y a diferentes tiempos de cocción de la suspensión (20, 30 y 40 min) y c) caracterizar los parámetros fisicoquímicos de pH, extracto seco y grado alcohólico del destilado.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Objeto de estudio

Obtención y caracterización de destilado alcohólico.

### 2.2. Lugar de ejecución

El proyecto fue ejecutado en el laboratorio Taller de Tecnología de Alimentos del Departamento de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Laboratorio de Química del Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional de Jaén.

### 2.3. Hipótesis

La concentración de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y el tiempo de cocción de la suspensión afecta significativamente en la concentración de alcohol en la obtención de un destilado alcohólico.

### 2.4. Variables de estudios

#### Variable independiente

- Concentración de almidón: 15, 25 y 35%
- Tiempo de cocción: 20, 30 y 40 min.

#### Variable dependiente

- Parámetros fisicoquímicos
  - Grado alcohólico (etanol)
  - pH
  - Extracto seco

## 2.5. Materiales

### Materia prima

Yuca (*Manihot esculenta*), obtenida del caserío Alto Molino perteneciente al distrito de Santa Rosa de la Yunga, variedad mestiza, de buen estado de madurez, se realizó una selección al azahar donde se tomó en cuenta que la materia prima no presente golpes.

### Insumos

- Enzima Mega DS9 (Importada por Auxitex), termoestable (70 – 110 °C)
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

### Equipos

- 01 balanza electrónica (DPCS-040-BL. Dahongyng. China)
- 01 balanza analítica (ABS220-4N. Kern. Reino unido)
- 01 equipo baño maría (WNB-7. MEMMERT. Alemania)
- 01 estufa de secado (TC25-26339-7, KERTLAB, EE. UU).
- 01 molino manual CORONA. Colombia).
- 01 equipo de destilación simple de laboratorio.
- 01 pH-metro (913 pH. Metrohm. Costa Rica).
- 01 alcoholímetro (Eurolab. Metrológica. Perú)
- 01 refractómetro digital (30 bx. KUSITEST. Perú)
- 01 analizador de humedad automático (MA35. Sartorius. EE. UU.)

### Reactivos

Fosfato de amonio,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

Hipoclorito de sodio,  $\text{NaClO}$  (ac), 4%

Metabisulfito de sodio,  $\text{NaHSO}_3$

Lugol



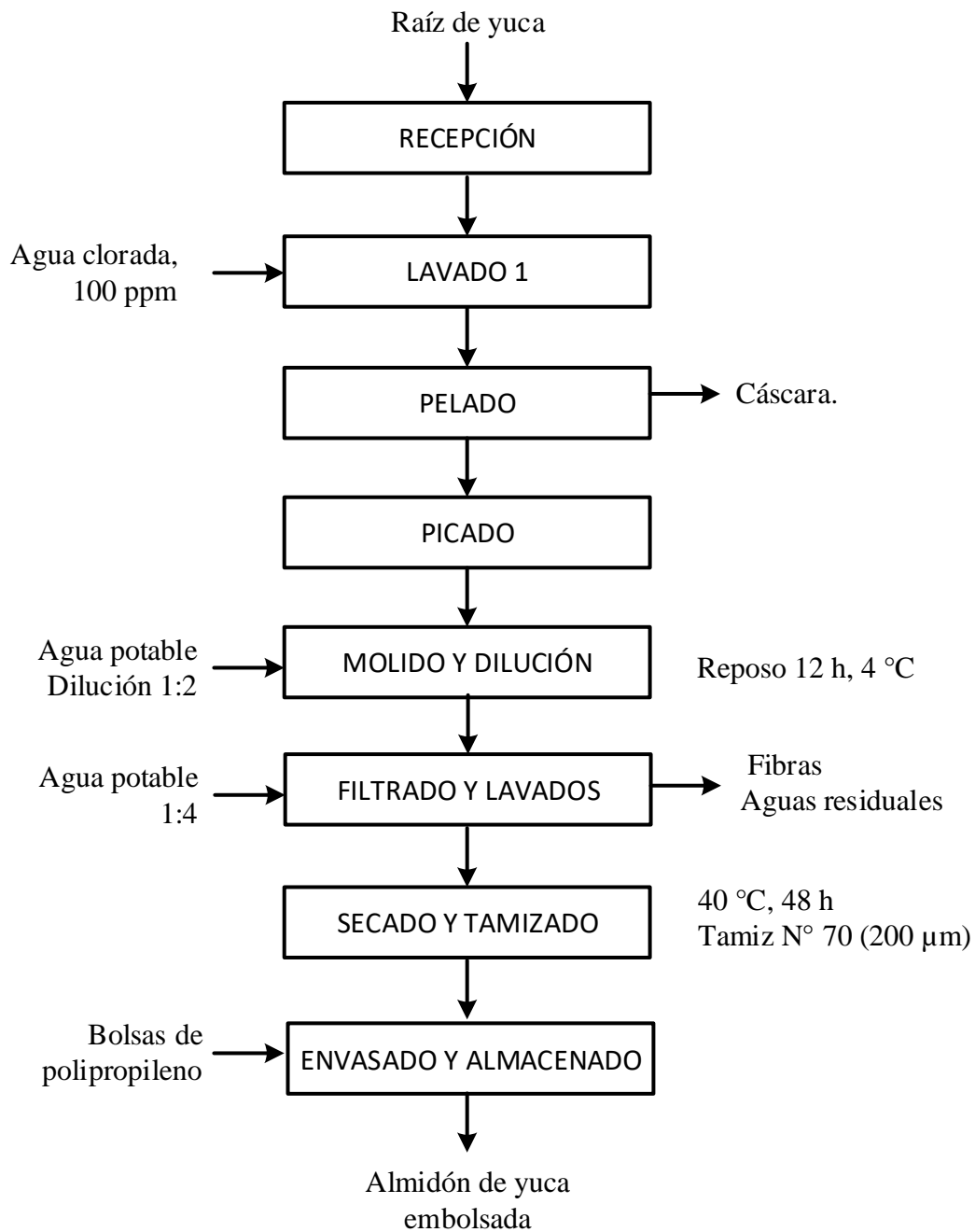
## 2.6. Procedimientos

### 2.6.1. Extracción del almidón de la yuca

El procedimiento para la extracción del almidón de la yuca se realizó según De La Cruz y Yalta (2017) como se detalla en la Figura 1.

**Figura 1**

*Diagrama de flujo para la obtención del almidón.*



### **Recepción**

La yuca se adquirió y colocó en una tina de plástico en la cantidad necesaria, verificando visualmente que sea de calidad adecuada, debe ser fresca, sin magulladuras y la pulpa que no presente pardeamiento, según se observa en la Figura 8.

### **Lavado 1**

La yuca se lavó con agua potable corriente para eliminar todo vestigio de tierra y residuos de la chacra, luego se dejó en inmersión en agua clorada 100 ppm durante 10 min para el proceso de desinfectado, tal como se observa en la Figura 9.

### **Pelado**

Se retiró la cáscara manualmente utilizando un cuchillo de acero inoxidable limpio y desinfectado tal como se observa en la Figura 10.

### **Picado**

Se picó la yuca en trozos pequeños de 4 cm aproximadamente, para este proceso se utilizó un cuchillo de acero inoxidable, según se observa en la Figura 11.

### **Molido y diluido**

Para extraer el almidón de la yuca se utilizó la técnica de decantación, para ello primero se realizó el proceso de molido empleando un molino de granos marca “Corona”, obteniéndose una masa blanca, según se observa en la Figura 12. Esta se colocó en tazones de aluminio, y luego se añadió agua potable helada en la proporción de 1:2, se homogenizó mediante agitación durante 10 min y se dejó en reposo por 12 h en baldes de 2.5 L a temperatura de 4 °C.

### **Filtrado y lavados**

Se filtró utilizando tela organza para separar las fibras, a la suspensión obtenida se le añadió agua potable helada se agitó durante 10 min y se dejó en reposo durante 12 horas, cumplido este tiempo se decantó el sobrenadante; posterior a ello, se adicionó agua helada, se agitó durante 10 min y se dejó en reposo durante otras 12 h, repitiéndose otras dos veces esta operación hasta que el líquido sobrenadante sea transparente, finalmente, se decantó y desechó el sobrenadante, tal como se observa en la Figura 13.

### Secado y tamizado

El almidón sedimentado en el fondo del recipiente se extrajo y se dispuso en placas Petri para ser colocados en estufa (TC25-26339-7, KERTLAB, EE. UU) por 48 horas a una temperatura de 40 °C, el almidón seco se trituró en un mortero con pilón de porcelana, finalmente se tamizó utilizando un tamiz de malla N° 70 de 200 micras, tal como se observa en la Figura 14.

### Envasado y Almacenado

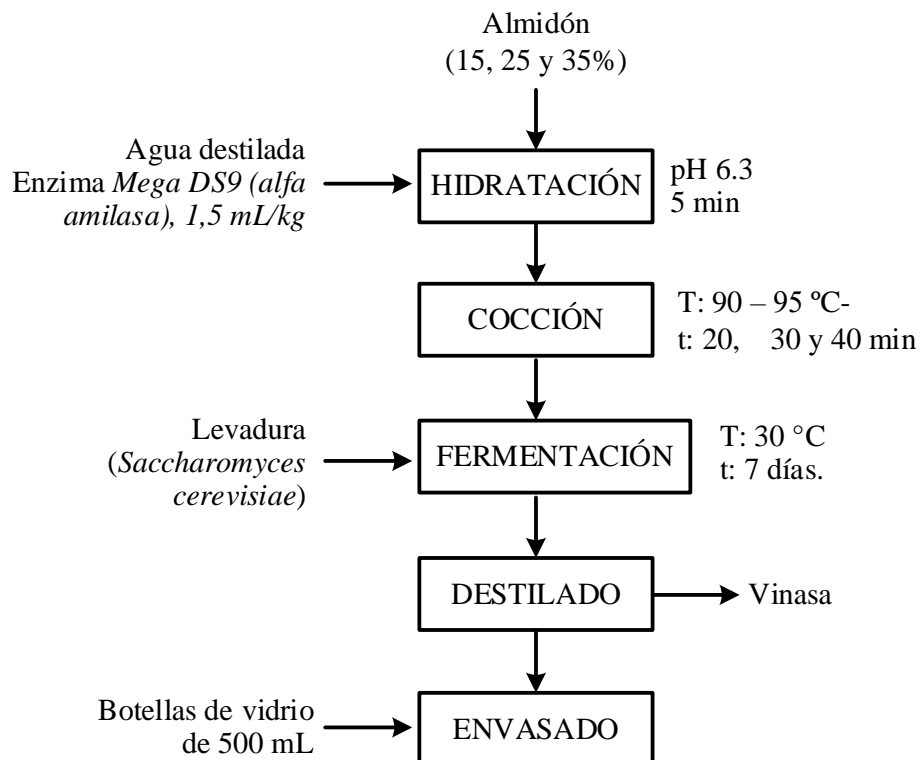
El almidón obtenido se pesó y dispuso en bolsas de polipropileno impermeables con cierre hermético, se almacenó en un ambiente fresco y seco a temperatura ambiente, según se observa en la Figura 15, hasta ser utilizado en el siguiente proceso.

#### 2.6.2. Obtención del destilado alcohólico

El procedimiento para la obtención del destilado alcohólico se muestra en el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

*Diagrama de flujo para la obtención del destilado alcohólico*



### **Hidratación**

En ollas de acero inoxidable se puso el almidón en proporciones de 15, 25, 35% (p/p) respectivamente, se adicionó agua fría en un volumen de 500 mL empleando un vaso de precipitado, luego se agitó usando un vertedor de madera hasta lograr una suspensión uniforme entre el agua y el almidón, obteniéndose un líquido newtoniano lechoso, seguidamente se agregó 500 mL de agua a temperatura de 75 °C y se adicionó 1.5 mL de enzima Mega DS9, se homogenizó durante 2 min y se dejó reposar por otros 5 min para lograr la hidratación del almidón, según se observa en la Figura 17.

### **Cocción**

La cocción de la suspensión del almidón de yuca hidratada y enzima se realizó a la temperatura comprendida entre 90 – 95 °C, en los tiempos de 20, 30 y 40 min respectivamente por cada tratamiento, para llevar a cabo la cocción se utilizaron ollas de acero inoxidable de 3 L de capacidad y cocinillas eléctricas, tal como se observa en la Figura 18.

### **Fermentación**

Una vez realizado la cocción de la suspensión, se añadió agua para compensar las pérdidas por evaporación hasta completar un peso de 1000 g se procedió a disminuir la temperatura de los tratamientos a 40 °C, se separó unos 50 mL de suspensión cocida para activar la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), para este paso se utilizó vasos de precipitados de 250 mL; se trasvasó el resto de la suspensión cocida a un balde de plástico 2.5 L de capacidad, se añadió la levadura activada y se fermentó durante 7 días, cabe señalar que, a cada balde se le dispuso de una manguera y una botella conteniendo metabisulfito de sodio al 1% tal, según se observa en la Figura 19. El proceso de fermentación fue controlado en una incubadora empleando agua caliente, tratando que la temperatura esté alrededor de los 30 °C durante los días de fermentación, (Guerrero y Yépez, 2018).

### **Destilado**

Luego de detener la fermentación con 1 g de metabisulfito de sodio, se procedió a destilar la suspensión fermentada, para ello se instaló un equipo de destilación simple conformado por una manta calefactora, balón de destilación, tubo refrigerante, matraz Erlenmeyer y termómetro, tal como

observa en la Figura 20. Se colocó 300 mL de suspensión fermentada en el balón de destilación, se acondicionó el equipo, se hizo circular el agua de enfriamiento y se encendió la manta calefactora. Se recolectó 150 mL de destilado en el matraz Erlenmeyer, culminada la destilación se procedió a medir el grado alcohólico empleando un alcoholímetro Gay Lussac.

### **Envasado**

El envasado del destilado alcohólico se realizó en botellas de vidrio de 500 mL de presentación convencional en el mercado, este material evitará que se produzca olores y sabores extraños del medio ambiente al producto. Así mismo, en este tipo de envases se conservan los aromas característicos que se encuentran en el producto, según se observa en la Figura 22.

## **2.6.3. Métodos de análisis**

### **2.6.3.1. Determinación del grado alcohólico**

Se trasvasó 100 mL de destilado alcohólico en una probeta de 100 mL y se midió el grado alcohólico empleando un alcoholímetro Gay-Lussac (Eurolab. Metrológica. Perú), según se observa en la Figura 23.

### **2.6.3.2. Determinación de pH**

Se empleó el método potenciométrico (913. Metrohm, Costa Rica) siguiendo el método AOAC 981.12.2005. Se sumergió el electrodo del potenciómetro en una muestra de 50 mL de destilado y se obtuvo la lectura directa tal como se observa en la Figura 24. Previamente el potenciómetro fue calibrado con Buffer de pH 4, 7 y 10 respectivamente.

### **2.6.3.3. Determinación de extracto seco (NTP 211. 211.041)**

Se empleó el método gravimétrico, se midió con una pipeta volumétrica 25 mL de bebida alcohólica y se colocó en una cápsula de porcelana, previamente limpia, seca y pesada. La primera hora de evaporación se realizó sobre la tapadera de un baño de agua hirviente a fin de que el líquido no entre en ebullición. Se dejó una hora más en contacto directo con el vapor del baño de agua hirviente. Se terminó la evaporación hasta sequedad total

en una estufa a 100 °C, se dejó que la cápsula se enfríe en un desecador para luego pesarlo con su contenido. Para expresar la cantidad de extracto seco en g/L se multiplicó el peso obtenido por 40, según se observa en la Figura 25.

#### **2.6.3.4. Determinación de rendimiento de almidón**

Se empleó el método gravimétrico, se calculó para cada extracción empleando la ecuación (1) y luego se obtuvo el promedio.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso almidón obtenido (g)}}{\text{Peso de yuca pelada (g)}} \times 100 \dots \dots (1)$$

#### **2.6.3.5. Determinación de humedad**

Se empleo el método gravimétrico empleando analizador de humedad automático (MA35. Sartorius. EE. UU.) para cada producto obtenido en cada extracción. Luego se obtuvo el promedio.

#### **2.6.4. Diseño Experimental**

La metodología de la experimentación es un diseño experimental factorial con dos factores 3x3 y tres repeticiones. Las variables de estudio son los tiempos de cocción  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$  y las concentraciones de almidón  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , siendo en total 9 tratamientos y 27 unidades experimentales (UE).

**Tabla 1**

*Matriz de experimentación para la obtención de destilado alcohólico de almidón de yuca.*

Tiempo de Cocción	Concentración de almidón	Repeticiones	Código (UE)	Tratamiento
t <sub>1</sub> : 20 min	C <sub>1</sub> : 15%	R1	t1C1R1	t20C15
		R2	t1C1R2	
		R3	t1C1R3	
	C <sub>2</sub> : 25%	R1	t1C2R1	t20C25
		R2	t1C2R2	
		R3	t1C2R3	
	C <sub>3</sub> : 35%	R1	t1C3R1	t20C35
		R2	t1C3R2	
		R3	t1C3R3	
t <sub>2</sub> : 30 min	C <sub>1</sub> : 15%	R1	t2C1R1	t30C15
		R2	t2C1R2	
		R3	t2C1R3	
	C <sub>2</sub> : 25%	R1	t2C2R1	t30C25
		R2	t2C2R2	
		R3	t2C2R3	
	C <sub>3</sub> : 35%	R1	t2C3R1	t30C35
		R2	t2C3R2	
		R3	t2C3R3	
t <sub>3</sub> : 40 min	C <sub>1</sub> : 15%	R1	t3C1R1	t40C15
		R2	t3C1R2	
		R3	t3C1R3	
	C <sub>2</sub> : 25%	R1	t3C2R1	t40C25
		R2	t3C2R2	
		R3	t3C2R3	
	C <sub>3</sub> : 35%	R1	t3C3R1	t40C35
		R2	t3C3R2	
		R3	t3C3R3	

### 2.6.5. Análisis de datos

Luego de obtener los datos de cada parámetro se realizó el análisis de varianza ANVA para las variables paramétrica Físicoquímicas y la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 % empleando el software estadístico R Project en su versión 4.2.2

### III. RESULTADOS

Se obtuvo almidón de yuca mediante extracciones sucesivas con un rendimiento promedio del 15.84 %, cuyo porcentaje de humedad promedio fue de 14.13% tal como se indica en la siguiente Tabla 2.

**Tabla 2**

*Rendimiento y humedad de obtención de almidón de yuca.*

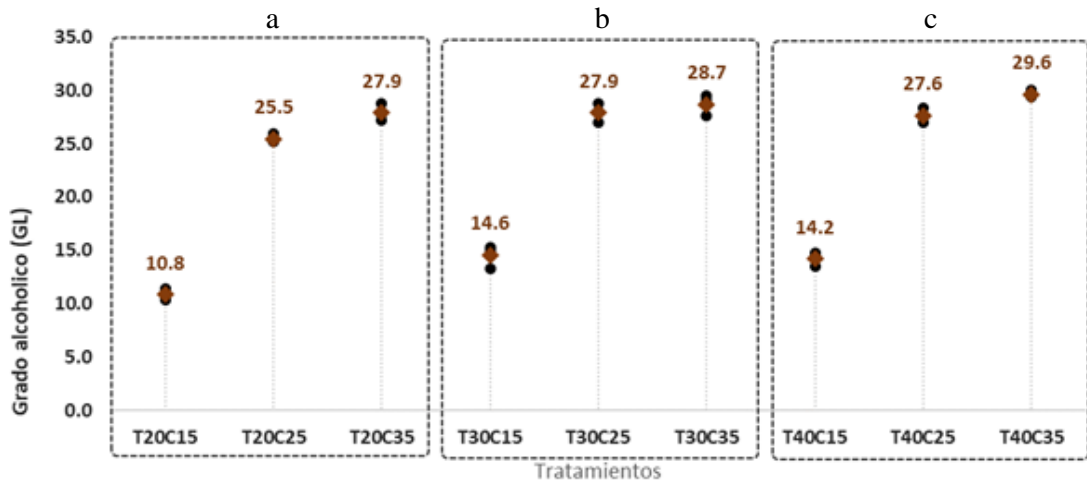
N°	Yuca entera (g)	Cáscara (g)	Yuca pelada (g)	Almidón (g)	Rendimiento (%)	Humedad (%)
1	5200.00	1200.00	4000.00	500.00	12.50	14.25
2	5070.00	1000.00	4070.00	694.00	17.05	13.48
3	7020.00	1550.00	5470.00	885.00	16.18	14.10
4	8010.00	1620.00	6390.00	1125.00	17.61	13.65
5	6200.00	1100.00	5100.00	855.00	16.76	13.54
6	5000.00	950.00	4050.00	652.00	16.10	15.21
7	8050.00	1620.00	6430.00	958.00	14.90	14.20
8	10050.00	2110.00	7940.00	1254.00	15.79	13.87
9	9990.00	1954.00	8036.00	1257.00	15.64	14.87
<b>Total</b>	<b>64590.00</b>	<b>13104.00</b>	<b>51486.00</b>	<b>8180.00</b>	<b>15.84</b>	<b>14.13</b>

En la Tabla 5 (Anexo A) se muestran la base de datos para la obtención de las tablas y gráficos estadísticos que a continuación se detallan para cada indicador respuesta. Respecto a los grados alcohólicos, de la Figura 3 partes a, b y c se puede ver que, para los tres tiempos de cocción, el promedio del grado alcohólico aumenta a medida que la concentración de almidón se incrementa. Se puede observar que los grados alcohólicos de los tratamientos con una concentración del 25%, son aproximadamente el doble de aquellos elaborados con el 15% de almidón. Llegando al máximo valor de grados alcohólicos en las proporciones de almidón del 35%, siendo el tratamiento t40C35 el que presenta el mayor valor, en promedio 29.62 GL tal como se muestra en la Tabla 6 (Anexo B).



**Figura 3**

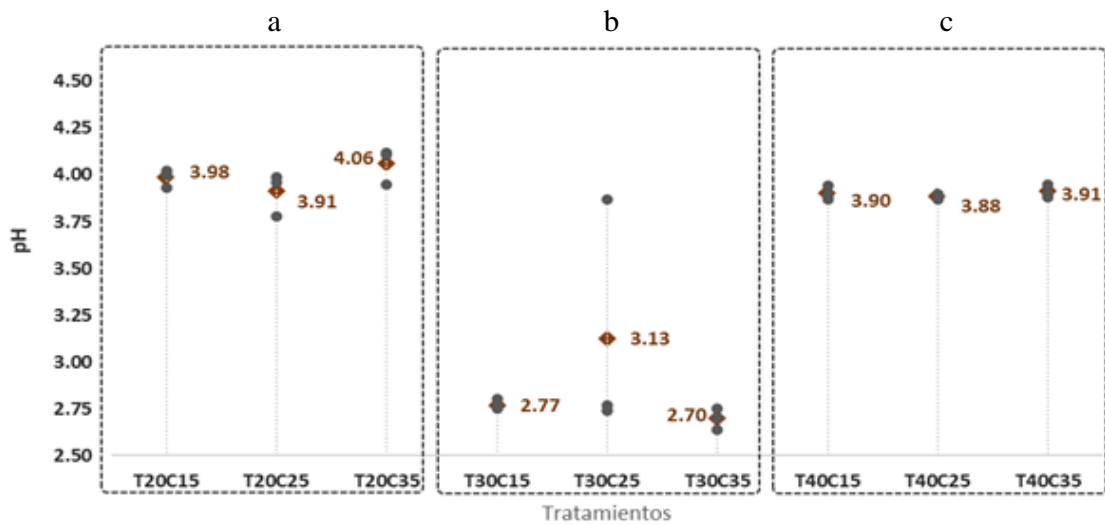
*Gráficos de puntos y promedios para el indicador grado alcohólico.*



En la Figura 4, se tienen representados gráficamente los valores de pH obtenidos en cada tratamiento. En el gráfico se observa que, para un tiempo de cocción de 20 min, se obtiene el mayor nivel promedio de pH, para cada concentración de almidón ( $t_{20C15} = 3.98$ ,  $t_{20C25} = 3.91$  y  $t_{20C35} = 4.06$ ). Mientras que los menores niveles de pH se obtienen en aquellos tratamientos sometidos a 30 min de cocción, para cada concentración de almidón ( $t_{30C15} = 2.77$ ,  $t_{30C25} = 3.13$  y  $t_{30C35} = 2.70$ ).

**Figura 4**

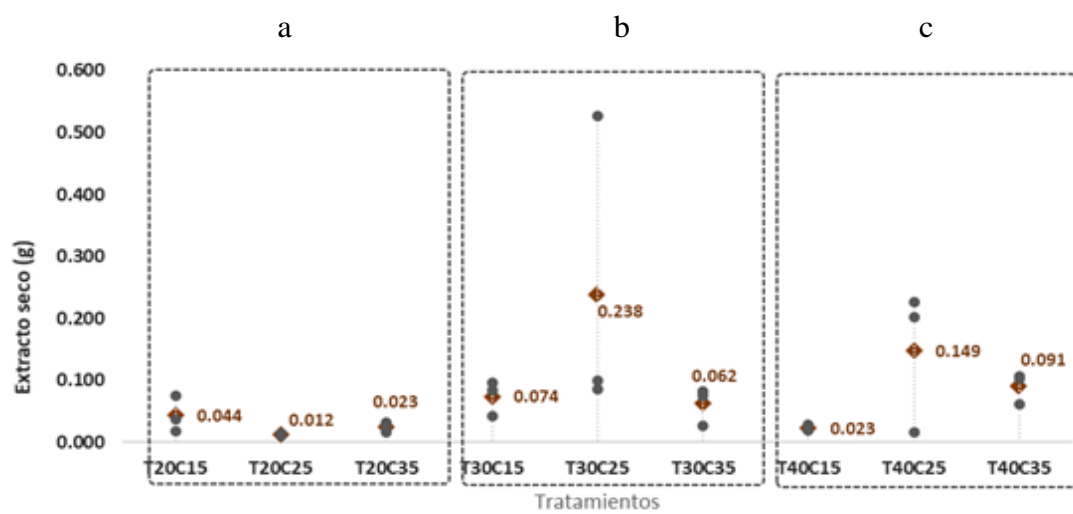
*Gráficos de puntos y promedios para el indicador pH.*



Para los valores correspondiente al extracto seco que se tienen representados en el gráfico de la Figura 5, se puede ver que existe dispersión entre los promedios de los tratamientos, presentando los mayores valores aquellos tratamientos procesados con el 25% de concentración de almidón, a un tiempo de 30 y 40 min ( $t_{30C25} = 0.238$  y  $t_{40C25} = 0.149$ ), mientras que el tratamiento elaborado a una cocción de 20 min con la misma concentración de los anteriores, presentó el valor más bajo de extracto seco ( $t_{20C25} = 0.012$ ).

### Figura 5

*Gráficos de puntos y promedios para el indicador extracto seco*



Ante la presencia de posibles diferencias entre tratamientos en cada uno de los indicadores evaluados, se realizó el análisis de varianza para cada uno de los indicadores de respuesta. Los resultados se tienen en la Tabla 3, en el que se puede ver que, considerando un nivel de significancia del 5%, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los indicadores de grado alcohólico y niveles de pH ( $p\text{-valor} = 0.0000 < 0.05$ ); mientras que, para los valores de extracto seco, no se pudo evidenciar estadísticamente la existencia de diferencias entre los valores de los tratamientos ( $p\text{-valor} = 0.1413 > 0.05$ ).

**Tabla 3**

*Análisis de varianza de las características fisicoquímicas de los tratamientos de la bebida destilada*

<b>Indicador</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media de cuadrados</b>	<b>Estadístico F</b>	<b>p valor 0.05</b>
Grado alcohólico	8	1.346.11	168.26	306.21	0.0000
pH	8	7.34	0.92	18.54	0.0000
Extracto seco	8	0.13	0.02	1.81	0.1413

Posterior al análisis de varianza, para los indicadores en los que se detectaron diferencias significativas, se lleva a cabo la prueba de Tukey para determinar los grupos de tratamientos con valores similares, tanto para grado alcohólico como para pH.

En la Tabla 4, se tienen los resultados de la prueba de Tukey para los valores de ambos indicadores mencionados anteriormente, considerando un nivel de significancia del 5%. Se puede ver que todos los tratamientos elaborados bajo cocción de 20 y 40 minutos forman un mismo grupo de valores estadísticamente similares (comparten la misma letra “a”), teniendo los mayores niveles de pH, seguidos por el grupo con menor valor promedio de pH conformados por los tratamientos elaborados bajo cocción de 30 minutos (comparten la misma letra “b”), esto significa que, en cuanto al indicador pH se forman dos grupos completamente diferentes (a y b) en orden descendente al promedio del valor de pH, pero similares entre los integrantes del mismo grupo.

Respecto a los valores de grado alcohólico, de la Tabla 4, se tiene que los tratamientos t40C35, t30C35, t30C25, t20C35 y t40C25 conforma un mismo grupo de valores similares con los mayores niveles de grado alcohólico (letra “a”), se puede ver también que el tratamiento t20C25 se diferencia significativamente del resto de grupos (letra “b”), estando por debajo de los tratamientos anteriores, seguido por los tratamientos t30C15 y t40C15 los cuales conforman otro grupo con valores estadísticamente similares (letra “c”); por último se tiene que el tratamiento que presenta el menor valor, estadísticamente diferente al resto de grupos, corresponde al t20C15 (letra “d”). Es decir, se forman cuatro grupos marcadamente diferentes (a, b, c y d) en orden descendente al promedio del grado alcohólico de cada tratamiento.

**Tabla 4**

*Prueba de Tukey. Agrupamiento de tratamientos según valores de pH y gradoalcohólico, respectivamente.*

<b>Indicador</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Grupos</b>
pH	t20C35	4.06	a
	t20C15	3.98	a
	t40C35	3.91	a
	t20C25	3.91	a
	t40C15	3.90	a
	t40C25	3.88	a
	t30C25	3.13	b
	t30C15	2.77	b
	t30C35	2.70	b
Grado alcohólico	t40C35	29.62	a
	t30C35	28.72	a
	t30C25	27.93	a
	t20C35	27.89	a
	t40C25	27.64	a
	t20C25	25.47	b
	t30C15	14.56	c
	t40C15	14.22	c
	t20C15	10.84	d

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados correspondientes al grado alcohólico que se muestran en la Figura 3 indican que los tiempos de cocción influyen de manera directa en el grado alcohólico, es decir, a mayor tiempo de cocción de la suspensión se obtiene mayor grado de sacarificación y por lo tanto se obtiene mayor grado alcohólico, así mismo, se observa que a más concentración de almidón se incrementa el grado alcohólico, vemos que para la concentración 25% y 35% de almidón se obtiene aproximadamente más del doble de aquellos elaborados con el 15% de almidón. El mayor grado alcohólico obtenido fue de 29.62 GL para 150 mL de destilado para el tratamiento t40C35 (40 min de cocción y 35 % de almidón). García y Vizuite (2020) obtuvieron 200 mL de alcohol a 27.14 GL a partir de almidón de banano verde empleando alfa-amilasa y gluco-amilasa en la hidrólisis enzimática con 30% de almidón de banano verde por un tiempo de 150 min y 720 min respectivamente. Considerando los tiempos de cocción de la suspensión de 40 min para el tratamiento t40C35, los resultados obtenidos para la obtención del destilado alcohólico son muy alentadores dado que para menor tiempo de cocción se ha obtenido mayor porcentaje de alcohol.

Los resultados obtenidos también supera a los reportados por Castaño et al. (2011), dado que para un 28 % de harina de yuca y 64 °C obtuvo una concentración de etanol de 14.6% v/v (115.5 g/L) que para 150 mL de destilado corresponde a 21.6 GL, y por otra parte, hacen énfasis en que la temperatura de cocción es el parámetro de mayor efecto sobre la producción de etanol que también se evidencia, dado que para las temperaturas de 30 y 40 min se obtuvieron altos grados de alcohol. Por otra parte, los resultados obtenidos distan mucho por los reportados por Weber et al. (2020) que alcanzaron rendimientos experimentales de 6.78, 6.50 y 6.89% (v/v) de grado alcohólico utilizando pasta de batata (camote) empleando  $\alpha$ -amilasa y glucoamilasa con 24 h de fermentación, aunque el propósito de ellos fue obtener una bebida tipo Vodka por lo tanto realizaron destilaciones sucesivas hasta alcanzar un rendimiento de 51.65 y 54.75% (v/v) para una bebida equivalente al shochu.

Según los resultados presentados en la Tabla 4, en cuanto al pH se nota dos grupos con diferencias estadísticas, en los que los tratamientos que tienen 20 y 40 min a las diversas concentraciones de almidón presentan mayores valores de pH comparadas con los tratamientos de 30 min. Evidenciando que el tiempo de cocción es un factor determinante para los cambios de pH, sugiriendo que el tiempo de cocción de 30 min permite obtener los menores valores de pH condicionado por la actividad enzimática  $\alpha$ -amilasa acontecida durante este tiempo. Awodi et al. (2022), reportaron que a mayores valores de pH se obtiene mayor producción de alcohol, lo que en parte se manifiesta en nuestros resultados que a pH de 4.06 se obtuvo una producción de 27.89 GL (a condiciones de 35% con 20 min), sin embargo, también a pH de 2.7 se reporta valores de 28.72 GL (35% con 30 min) lo que indica que el tiempo de cocción influye en la sacarificación del almidón condicionando la producción de etanol.

De acuerdo a los resultados correspondientes al extracto seco en la Figura 5 se observaron la existencia de valores de dispersión, donde la concentración de 25% de almidón cuyo tiempo de cocción de 30 y 40 min ( $t_{30C25} = 0.238$  y  $t_{30C25} = 0.149$ ) son más elevados, en cambio el tratamiento de 20 min con las mismas cantidades que las anteriores ( $t_{20C25} = 0.012$ ) presenta un valor bajo, según NTP 211.013.2015. Bebidas Alcohólicas Vodka, el valor máximo de extracto seco es de 10 g/L (Tabla 7). Esto da a entender que los resultados obtenidos para extracto seco están en los rangos permitidos. Sin embargo, el análisis de varianza ANVA indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos para el indicador extracto seco ( $p\text{-valor} = 0.1413 > 0.05$ ), es decir, no depende de los parámetros estudiados. Gildardo et al (2017) reportaron resultados realizado a la Bebidas Alcohólicas-Mezcal donde determinó que las concentraciones de extracto seco fueron de 0.012 ( $\text{g/dm}^3$ ) respecto a los valores de extracto seco de nuestros tratamientos se nota una ligera diferencia.

La prueba de comparación de medias Tukey para un nivel de significancia del 5% (Tabla 4) para la variable respuesta pH, muestra una tendencia a disminuir cuando aumenta el porcentaje de almidón y también cuando aumenta el tiempo de cocción, siendo los tratamientos  $t_{30C25}$ ,  $t_{30C15}$  y  $t_{30C35}$  con los más bajos valores de pH. Por otra parte, en cuanto a los grados alcohólicos los tratamientos  $t_{40C35}$ ,  $t_{30C35}$ ,  $t_{30C25}$ ,  $t_{20C35}$ ,

t40C25 presentan los más altos valores. Si relacionamos ambos parámetros se observa que los tratamientos t30C25 y t30C15 están presentes en ambos grupos, esto permite deducir que valores bajos de pH favorece para la obtención de mayor grado alcohólico condicionado al tiempo de cocción y porcentaje de almidón. Los resultados obtenidos están en concordancia con los reportados por Silva (2020) cuyo mejor tratamiento obtuvo 55 grados de alcohol y pH 2.77 e indicó que el tiempo de cocción influye en la sacarificación del almidón condicionando la producción de etanol.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.2. Conclusiones

- a) Se obtuvo almidón de la yuca con una humedad promedio de 14.13 % y un rendimiento promedio de 15.84 %.
- b) En el tratamiento t40C35 (40 min de cocción y 35 % de almidón) se obtuvo el mayor grado alcohólico (29.62 GL), evidenciándose que, a mayor concentración de almidón y mayor tiempo de cocción en la sacarificación, se obtienen destilados con mayor concentración en volumen de alcohol.
- c) El tratamiento t20C35 presenta el mayor valor de pH (4.06) y el tratamiento t30C35 el menor valor de pH (2.70), observándose una tendencia que a menor tiempo de cocción mayor pH y a mayor concentración de almidón menor pH. En cuanto al parámetro extracto seco no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, esto indica que no dependen de las concentraciones de almidón ni de los tiempos de cocción, sin embargo, los valores de extracto seco se encuentran dentro de lo estipulado en la NTP 211.013.2015. Bebidas Alcohólicas Vodka.

### 4.3. Recomendaciones

- A los investigadores, ejecutar estudios empleando glucoamilasa a temperatura ambiente después de la sacarificación con alfa amilasa con el propósito de desdoblar las dextrinas en glucosa.
- A los profesionales de ingeniería de alimentos, realizar el estudio de factibilidad de la puesta en marcha una planta de obtención de etanol a partir del almidón de yuca dadosu potencial uso como desinfectante y combustible.



## VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Arévalo, A. (2011). *Uso del Almidón de Yuca (Manihot esculenta) para la Obtención de Alcohol Etilico* [Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato.]  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3212>
- Alonso, A. (2013). *Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio*. [Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C.]  
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/349/1/Tesis%20Juan%20Antonio%20Alfonso%20Alvarez.pdf>
- Awodi, P.S., Ogbonna, J.C. y Nwagu T.N. (2022). Bioconversion of mango (*Mangifera indica*) seed kernel starch into bioethanol using various fermentation techniques. *Heliyon* V 8, N° 6, e09707. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09707>
- Benavides, I. y Pozo, M. (2008) *Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de papa (solanum tuberosum) utilizando dos tipos de enzimas*. [Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/327>
- Balaguera, I. y Celemín, S. (2020). *Elaboración de una bebida destilada partir de yacón y oca, tubérculos oriundos de Boyacá* [Tesis de grado. Universidad Autónoma De Bucaramanga]. <http://hdl.handle.net/20.500.12749/19173>.
- Castaño, H., Cardona, M., Mejía, C. y Acosta, A. (2011). Producción de etanol a partir de harina de yuca en un sistema de hidrólisis enzimática y fermentación simultánea. *Dyna*, 78 (169), 158 -166. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49622390018.pdf>.
- Centeno, M. (2018): Obtención de alcohol etílico mediante el proceso de fermentación y destilación del jugo de caña de maíz (*Zea mays*) para el empleo como base de relleno en bombonería [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/11755>
- De la Cruz, A. y Yalta, J. (2017). Efecto de la concentración de HCl y tiempo de hidrólisis en el rendimiento de glucosa para la obtención de bioetanol a partir de almidón de *Manihot esculenta* yuca dulce. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo].

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9858>

Esquivia, M.; Castaño, H.; Atehortúa, L.; Acosta, A. y Mejía, C. (2014). Producción de etanol a partir de yuca en condiciones de alta concentración de sólidos (VHG). *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. XVI, núm. 1, pp. 163-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77631180019>.

García, M. y Vizuete, W. (2020). *Obtención de alcohol etílico a partir de almidón de banano verde proveniente del Cantón Marcelino Maridueña mediante hidrólisis ácida y enzimática*. [Tesis de grado. Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51156>.

Guerrero, E. y Yépez, C (2018). *Elaboración de una Bebida Alcohólica Destilada a partir de Yuca (Manihot esculenta) y Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza)* [Tesis de grado. Universidad San Francisco de Quito, USFQ]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7471>

Giraldo et al. (2017). Determinación de la variación del contenido de metanol, extracto seco y acidez total en mezcal durante el proceso de rectificado. *Revista Instituto Politécnico Nacional de durango México*, V 9(2):51-56. ISSN:2007-3127 <file:///C:/Users/POOL/Downloads/tesis%20para%20discusiones.pdf>

Instituto Nacional de Innovación Agraria, INIA (2019) Potencialidades de la actividad agropecuaria - Región Cajamarca. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2019/cajamarca/eer-cajamarca-2019-cruz.pdf>

Instituto Nacional de Calidad, INACAL (2015) Normas Técnicas Peruanas (211.013. 2015). Bebidas Alcohólicas. Vodka. <https://es.scribd.com/document/615731433/NTP-211-013-2015-Vodka-Requisitos>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, MIDAGRI, Marzo (2022). Boletín Estadístico Mensual El agro en cifras.

[https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos\\_estadisticas/mensual/Agro/2022/Agro\\_en\\_cifras\\_04\\_2022.pdf](https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/mensual/Agro/2022/Agro_en_cifras_04_2022.pdf)

Pluma, G. (2016). Destilados y Fermentados. El conocedor *Revista Bebidas Fermentados y Destilados. El conocedor*. <https://revistaelconocedor.com/fermentados-y-destilados/>

- Silva, A (2020). *Efecto de la Temperatura y Tiempo en e Proceso de Obtención de un Destilado Alcohólico de “Banano” Orgánico de Descarte (Musa Sapientum L.) Variedad Williams* [Tesis de grado. Universidad Católica Sedes Sapientiae] <https://hdl.handle.net/20.500.14095/794>
- Weber, C.T., Casagrande, T., Candido, G., Ferreira, L. y Otávio, J. (2020). Alternative Process for Production of Sweet Potato Distilled Beverage. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol.63: e20190181, <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2020190181> ISSN 1678-4324 Online Edition.
- Winchonlong, R (2018) “*Evaluación de los factores relación pulpa-agua, corrección de brix y corte de fermentación, para la obtención de una bebida alcohólica fermentada organolépticamente aceptable a partir de (averrhoa carambola l.) carambola*” [tesis de grado. Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/534>
- Zurita, W. (2011) *Elaboración de vinos de frutas (Pitahaya Hylocereus triangularis y Carambola averrhoa L.) en 3 diferentes concentraciones de mosto y con 2 tipos de levaduras del género saccharomices (s. cereviceae y s. ellipsoideus)*. [Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/907>

## **DEDICATORIA**

A Dios por sus bendiciones. A mis padres por su apoyo incondicional para alcanzar la meta trazada. A mi alma mater Universidad Nacional de Jaén por permitirme formarme en sus aulas para ser un profesional de éxito. Brindo mi trabajo de tesis como ofrenda de agradecimiento por el cariño y amor infinito, donde la vida comienza el amor nunca termina.

## **AGRADECIMIENTO**

Al M. Cs. Adán Diaz Ruiz por sus orientaciones y asesoramiento durante el desarrollo de la investigación realizada. A la Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias por habernos brindado y facilitado el uso del Laboratorio de Tecnología de Alimentos y al Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas por las facilidades prestadas para el uso del Laboratorio de Química.

## ANEXOS

Anexo A. Base de datos.

**Tabla 5**

*Ficha de recolección de datos Fisicoquímicos.*

Tratamiento	Unidad Experimental (UE)	pH	Extracto seco (g)	Grado alcohólico (GL)
t20C15	t1C1R1	4.02	0.0372	10.33
	t1C1R2	4.00	0.0760	11.40
	t1C1R3	3.93	0.0180	10.80
t20C25	t1C2R1	3.78	0.0108	25.20
	t1C2R2	3.99	0.0144	25.20
	t1C2R3	3.96	0.0120	26.00
t20C35	t1C3R1	3.95	0.0213	27.73
	t1C3R2	4.12	0.0164	28.75
	t1C3R3	4.11	0.0326	27.20
T30C15	t2C1R1	2.80	0.0960	13.33
	t2C1R2	2.76	0.0429	15.33
	t2C1R3	2.75	0.0840	15.00
t30C25	t2C2R1	3.87	0.1000	27.00
	t2C2R2	2.74	0.5273	28.00
	t2C2R3	2.77	0.0864	28.80
t30C35	t2C3R1	2.70	0.0276	27.63
	t2C3R2	2.64	0.0816	29.47
	t2C3R3	2.75	0.0756	29.07
t40C15	t3C1R1	3.87	0.0196	14.72
	t3C1R2	3.94	0.0193	13.53
	t3C1R3	3.89	0.0288	14.40
t40C25	t3C2R1	3.88	0.0167	28.33
	t3C2R2	3.90	0.2024	27.60
	t3C2R3	3.87	0.2268	27.00
t40C35	t3C3R1	3.95	0.0616	29.40
	t3C3R2	3.90	0.1067	30.00
	t3C3R3	3.88	0.1040	29.47

**Tabla 6***Promedios con su desviación estándar de parámetros fisicoquímicos.*

<b>Trat.</b>	<b>Concentración de almidón (%)</b>	<b>Tiempo de cocción (min)</b>	<b>pH</b>	<b>Extracto seco (g/L)</b>	<b>Grado alcohólico (°GL)</b>
<b>T1</b>	15	20	3.98 ± 0.05	0.04 ± 0.03	10.84 ± 0.53
<b>T2</b>	15	30	2.77 ± 0.03	0.07 ± 0.03	14.56 ± 1.07
<b>T3</b>	15	40	3.90 ± 0.04	0.02 ± 0.01	14.22 ± 0.61
<b>T4</b>	25	20	3.91 ± 0.11	0.01 ± 0.00	25.47 ± 0.46
<b>T5</b>	25	30	3.13 ± 0.64	0.24 ± 0.25	27.93 ± 0.09
<b>T6</b>	25	40	3.88 ± 0.02	0.15 ± 0.11	27.64 ± 0.67
<b>T7</b>	35	20	4.06 ± 0.10	0.02 ± 0.01	27.89 ± 0.79
<b>T8</b>	35	30	2.70 ± 0.06	0.06 ± 0.03	28.72 ± 0.97
<b>T9</b>	35	40	3.91 ± 0.04	0.09 ± 0.03	29.62 ± 0.33

**Anexo B.** Normas Técnicas.

**Tabla 7**

*Normas Técnicas Peruanas (211.013. 2015). Bebidas Alcohólicas. Vodka.*

Requisitos	Valores Límites		Métodos de ensayo
	Mínimo	Máximo	
Grado alcohólico a 20 °C, % Alc. Vol.(1)	37.5	50	NTP 211.052
Acidez total como ácido acético. (*)	—	2	NTP211.040
Metanol como metanol, (*)	—	10	NTP 210.022 o NTP 211.035
Esteres totales como acetato de etilo, (*)		3	NTP 211.003 o NTP 211.035
Alcoholes superiores como aceite fusel, (*)	No detectable		NTP 210.025 o NTP 211.035
Furfural como furfural, (*)	No detectable		NTP 210.025 o NTP 211.035
Extracto seco total a 100 °C, (g/L)	—	10	NTP 211.041
Suma de componentes volátiles diferentes al alcohol etílico, (2) (*)	—	10	NTP 211.040, NTP 211.051, NTP 210.022, NTP 211.003, NTP 210.021, NTP 210.025 o NTP 211.035

(\*): Expresado en mg/100 mL AA.

(1) En cuanto al grado alcohólico indicado en el rotulado, se permitirá una tolerancia de  $\pm$  0.5% Alc. Vol.

(2) La determinación de congéneres se realiza con la suma de los resultados de: aldehídos, ésteres, furfural, alcoholes superiores, y acidez volátil

**Anexo C:** Planta y raíz de la yuca.

**Figura 6**

*Planta de la yuca*



**Figura 7**

*Raíz de Yuca*





**Anexo D:** Galería de Fotos de proceso de obtención del almidón de yuca

**Figura 8**

*Recepción de la yuca.*



**Figura 9**

*Lavado de la yuca*



**Figura 10**

*Pelado de la yuca*



**Figura 11**

*Picado de la yuca.*



**Figura 12**

*Molido de la yuca.*



**Figura 13**

*Filtrado de la yuca molida.*



**Figura 14**

*Secado del almidón.*



**Figura 15**

*Pesado del almidón*



**Figura 16**

*Almacenado del almidón.*



**Anexo E.** Galería de Fotos de proceso de obtención del destilado alcohólico.

**Figura 17**

*Hidratación del almidón.*



**Figura 18**

*Cocción del almidón.*



**Figura 19**

*Fermentación de la suspensión.*



**Figura 20**

*Incubación de la suspensión.*



**Figura 21**

*Destilación de la suspensión fermentada.*



**Figura 22**

*Envasado del destilado.*



**Anexo F.** Galería de fotos de análisis fisicoquímicos de grado alcohólico, pH y extracto seco.

**Figura 23**

*Determinación del grado alcohólico del destilado.*





**Figura 24**

*Medición del pH del destilado.*



**Figura 25**

*Determinación del extracto seco.*

