# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

### CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

# DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ÓPTIMO DE FERMENTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN AGRIO A PARTIR DE YUCA *(Manihot esculenta, Crantz)* VARIEDAD SEÑORITA EN LA REGIÓN UCAYALI

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**ALEXANDRA SANCHEZ CHAMPI**

**PUCALLPA - PERÚ**

**2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

## ANEXO 04

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por la Bach. **ALEXANDRA SANCHEZ CHAMPI**, denominada: "**Determinación del tiempo óptimo de fermentación para la obtención de almidón agrio a partir de yuca (*Manihot esculenta, Crantz*) variedad señorita en la región Ucayali**", para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo **BUENO** (*).

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (Grado académico.....), (Título de **INGENÍERO AGROINDUSTRIAL)**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 12 de septiembre del 2019.

Dr. Carlos Panduro Carbajal
Presidente

Ing. M.Sc. Héctor Arbildo Paredes
Secretario

Lic. David Ríos Soria
Miembro

Ing. M.Sc. Carlos Ruiz Padilla
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, estas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Carlos Panduro Carbajal

.....
Presidente

Ing. M.Sc. Héctor Arbildo Paredes

.....
Secretario

Lic. David Ríos Soria

.....
Miembro

Ing. M.Sc. Carlos Ruiz Padilla

.....
Asesor

Bach. Alexandra Sánchez Champi

.....
Tesista

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
**DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL**

# Constancia

**N° 284**

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) titulado:

**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ÓPTIMO DE FERMENTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN AGRIO A PARTIR DE YUCA (*Manihot esculenta, Crantz*) VARIEDAD SEÑORITA EN LA REGIÓN UCAYALI**

| | | |
|---|---|---|
| Cuyo autor (es) | : | **SANCHEZ CHAMPI, ALEXANDRA** |
| Facultad | : | CIENCIAS AGROPECUARIAS |
| Escuela Profesional | : | INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL |
| Asesor | : | Mg. RUIZ PADILLA, CARLOS |

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 02 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

**Fecha: 15/08/2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección General de Producción Intelectual
UCAYALI

DRA. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral Prod. Intel

**REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**

Yo, ALEXANDRA SÁNCHEZ CHAMPI

Autor de la TESIS titulada:
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ÓPTIMO DE FERMENTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN AGRIO A PARTIR DE YUCA (Manihot esculenta, Crantz) VARIEDAD SEÑORITA EN LA REGIÓN UCAYALI

Sustentada el año: 2019
Con la asesoría de: Ing. M.Sc. CARLOS RUIZ PADILLA
En la Facultad de: CIENCIAS AGROPECUARIAS
Carrera Profesional de: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

☒ Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

☐ Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: ____/____/____

Email: alexanchezc@gmail.com Firma:

Teléfono: 948172807 DNI: 47565683

## DEDICATORIA.

A Dios, por darme la vida, padres, hermanos y todas las personas que de una u otra forma me ayudaron, docentes de la UNU, por brindarme los conocimientos necesarios. También para otras personas (estudiantes, público en general interesados en el tema), ya que el aprender no tiene límites.

**AGRADECIMIENTO.**

Para finalizar este trabajo de investigación, doy gracias a todas las personas que desde el principio a fin me apoyaron.

Agradezco al Señor, por bendecir mi vida cada día con la oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que me brindaron su apoyo y tiempo.

A mi asesor Ing. M.Sc. Carlos Ruiz Padilla, agradezco el tiempo que se dio para poder guiarme y mejorar mi trabajo.

También agradezco a mis formadores, personas que se han esforzado para poder crecer en el ámbito profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO.

**RESUMEN……xi**
**ABSTRACT……..xii**
**LISTA DE CUADROS.…..xiii**
**LISTA DE FIGURAS…..xv**
**I. INTRODUCCIÓN.…..1**
**II. REVISIÓN DE LITERATURA.…..2**
**2.1. Generalidades.**…..2
**2.1.1. La fermentación.** …..2
**2.1.2. Tipos de fermentación**…..4
**2.2. Yuca…**……...4
**2.2.1. Historia.** …..4
**2.2.2. Posición taxonómica.** …..4
**2.2.3. Descripción botánica.**…..5
**2.2.4. Composición química.**…..7
**2.3. Almidón.** …..8
**2.4. Procesamiento del almidón de yuca.** …..8
**2.4.1. Almidón nativo.** …..8
**2.4.2. Almidón agrio.**…..9
**2.4.3. Aspectos fisicoquímicos.**…..10
**2.5. Usos en la industria.** …..12
**2.5.1. Industria alimentaria.**…..12
**2.5.2. Industria textil.** …..12
**2.5.3. Industria farmacéutica y cosmética.** …..13
**2.5.4. Industria papelera.** …..13
**2.5.5. Industria de adhesivos.** …..13
**2.6. Elaboración del pan.** …..13
**2.6.1. Aspectos sensoriales.** …..14

**2.6.2. Función de los principales insumos en el pan.** ..... 14

**III. MATERIALES Y MÉTODOS. ..... 17**

**3.1. Lugar de ejecución.** ..... 17

**3.1.1. Muestras.** ..... 17

**3.1.2. Laboratorio.** ..... 17

**3.2. Materiales.** ..... 17

**3.2.1. Materia prima.** ..... 18

**3.2.2. Utensilios y materiales.** ..... 18

**3.2.3. Equipos.** ..... 18

**3.2.4. Insumos.** ..... 18

**3.2.5. Reactivos.** ..... 18

**3.3. Métodos.** ..... 19

**3.3.1. Proceso para la obtención de almidón agrio de yuca.** ..... 19

**3.3.2. Análisis de pH.** ..... 23

**3.3.3. Análisis de acidez.** ..... 23

**3.3.4. Análisis de % de humedad.** ..... 24

**3.3.5. Análisis de cenizas.** ..... 25

**3.3.6. Elaboración de pan con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 26

**3.3.7. Análisis sensorial de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 28

**3.4. Diseño estadístico de la investigación.** ..... 29

**3.4.1. Evaluación paramétrica para el análisis.** ..... 29

**3.4.2. Evaluación no paramétrica para el análisis.** ..... 30

**3.4.3. Tipo de investigación.** ..... 30

**3.4.4. Población y muestra.** ..... 30

**3.5. Medición de las variables independiente y dependiente.** ..... 31

**3.5.1. Variable independiente.** ..... 31

**3.5.2. Variable dependiente.** ..... 31

**IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ..... 32**

**4.1. Resultados promedios de análisis fisicoquímicos.** ..... 32

**4.2. Determinación de pH en el almidón agrio.** ..... 32

**4.3. Determinación de acidez en el almidón agrio.** ..... 34

**4.4. Determinación de humedad del almidón agrio.** ..... 36

**4.5. Determinación de cenizas en el almidón agrio.** ..... 38

**4.6. Evaluación de la prueba sensorial de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 40

**4.6.1. Evaluación del color de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 40

**4.6.2. Evaluación del olor de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 41

**4.6.3. Evaluación de la textura de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 42

**4.6.4. Evaluación del sabor de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.** ..... 43

**V. CONCLUSIONES. ..... 45**

**VI. RECOMENDACIONES. ..... 46**

**VII. LITERATURA CITADA. ..... 47**

**VIII. ANEXO ..... 52**

## RESUMEN.

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar el tiempo óptimo de fermentación para la obtención del almidón agrio a partir de yuca *(Manihot esculenta, Crantz)* variedad señorita en la región Ucayali, que se realizó en dos lugares, primero en el IIAP – Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, está ubicado en el Km 12.400 y en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km 6.200 de la carretera Federico Basadre, región Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito Callería, ciudad Pucallpa. Para luego evaluar sus características sensoriales de los panes elaborados a base de este producto, la ejecución del proyecto de investigación se llevó a cabo en 2 meses. En la presente investigación se utilizó el DCA diseño completo al azar, con seis muestras y tres repeticiones, teniendo un total de 18 unidades experimentales. Para los promedios se utilizó la prueba de Tukey al 0, 05 de significación para cada variable en estudio. Se utilizó yucas provenientes del centro poblado Santa Catalina, ubicado en Campo Verde Km 43 para la extracción de almidón agrio; después se analizó las características fisicoquímicas; presentando un pH 4,1; acidez titulable 4,90%; humedad 13,51%; cenizas 0,15% y elaboración de panes a diferentes concentraciones 10%, 20% y 30%. Una vez estudiado las muestras, se hizo uso de la muestra fermentada de 3 días, mediante una prueba hedónica del pan, el cual se trabajó en tres concentraciones, de ellos el Tratamiento 2 (20%) fue de mayor aceptación por su color, olor, textura y sabor.



**Palabras claves:** Almidón agrio (modificado), yuca, fermentación, características fisicoquímico.

## ABSTRACT.

The objective of this research project was to determine the optimal fermentation time for obtaining sour starch from cassava (*Manihot esculenta, Crantz*), a Miss variety in the Ucayali region, which was carried out in two places, first in the IIAP - Institute of Investigations of the Peruvian Amazon, is located at Km 12,400 and in the laboratories of the National University of Ucayali, located at Km 6,200 of the Federico Basadre highway, Ucayali region, Coronel Portillo province, Callería district, Pucallpa city. To then evaluate its sensory characteristics of the panels elaborated based on this product, the execution of the research project was carried out in 2 months. In the present investigation the DCA is derived from the complete random design, with six samples and three repetitions, taking into account a total of 18 experimental units. For the averages, the Tukey test is fulfilled at 0.05 of significance for each variable under study. Yuccas have been found from the center of Santa Catalina, located in Campo Verde Km. 43 for the extraction of sour starch; then the physicochemical characteristics were analyzed; presenting a pH 4,1; titratable acidity 4,90%; humidity 13,51%; ashes 0,51%; and elaboration of different panels now 10%, 20% and 30%. Once the samples were studied, the 3-day fermented sample was used by a hedonic bread test, which was worked in three concentrations, of which Treatment 2 (20%) was more accepted for its color, smell, texture and flavor.



**Keywords:** Sour starch (modified), cassava, fermentation, physicochemical characteristics.

## LISTA DE CUADROS.

**Pág.**

**En el texto:**

**Cuadro 1.** La yuca se clasifica de la siguiente manera: .....5

**Cuadro 2.** Composición química promedio de la yuca dulce.....7

**Cuadro 3.** Composición química de almidón nativo en 10 gramos.....7

**Cuadro 4.** Composición fisicoquímica promedio del almidón agrio. .....8

**Cuadro 5.** Alimentos en los que se utiliza el almidón. .....12

**Cuadro 6.** Formulación con los tiempos. .....29

**Cuadro 7.** Variable en estudio. .....31

**Cuadro 8.** Resultados promedio de los análisis fisicoquímicos. .....32

**Cuadro 9.** Media del pH. .....32

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para la medición de pH. .....32

**Cuadro 11.** Pruebas de promedio de Tukey para pH. .....33

**Cuadro 12.** Media del porcentaje de Acidez. .....34

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para el porcentaje de acidez. .....34

**Cuadro 14.** Pruebas de promedio de Tukey para acidez. .....35

**Cuadro 15.** Media del porcentaje de Humedad. .....36

**Cuadro 16.** Análisis de varianza para el porcentaje de humedad. ..... 36

**Cuadro 17.** Pruebas de promedio de Tukey para humedad. ..... 37

**Cuadro 18.** Media del porcentaje de Ceniza. ..... 38

**Cuadro 19.** Análisis de varianza para el porcentaje de ceniza. ..... 38

**Cuadro 20.** Pruebas de promedio de Tukey para ceniza. ..... 39

**Cuadro 21.** Prueba de Friedman color. ..... 40

**Cuadro 22.** Resultados de evaluación sensorial del color. ..... 41

**Cuadro 23.** Prueba de Friedman olor. ..... 41

**Cuadro 24.** Resultados de evaluación sensorial del olor. ..... 42

**Cuadro 25.** Prueba de Friedman textura. ..... 42

**Cuadro 26.** Resultados de evaluación sensorial de la textura. ..... 43

**Cuadro 27.** Prueba de Friedman sabor. ..... 43

**Cuadro 28.** Resultados de evaluación sensorial del sabor. ..... 44

**En el anexo:**

**Cuadro 29.** Fichas técnica de almidón agrio de yuca. ..... 60

## LISTA DE FIGURAS.

**Pág.**

**En el texto:**

**Figura 1.** Yuca de variedad señorita.....6

**Figura 2.** Flujograma para la obtención del almidón nativo y agrio de yuca. ...10

**Figura 3.** Ubicación del centro poblado Santa Catalina.....17

**Figura 4.** Diagrama de flujo del proceso para la obtención de almidón agrio de yuca.....22

**Figura 5.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan con sustitución de almidón agrio.....28

**Figura 6.** Representación gráfica de la medición de pH.....34

**Figura 7.** Representación gráfica del porcentaje de acidez.....36

**Figura 8.** Representación gráfica del porcentaje de humedad. .....38

**Figura 9.** Representación gráfica del porcentaje de ceniza.....40

**Figura 10.** Representación gráfica de los valores medios de los atributos de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca. .....44

**En el anexo:**

**Figura 11.** Materia prima. .....53

**Figura 12.** Recepción y selección.....53

**Figura 13.** Lavado y pelado. . .....53

**Figura 14.** Rallado. .....53

**Figura 15.** Filtrado. . .....54

**Figura 16.** Sedimentado. .....54

**Figura 17.** Decantado.. . .....54

**Figura 18.** Fermentado. .....54

**Figura 19.** Fermentación días 1 y 3. . .....55

**Figura 20.** Fermentación días 5 y 7. .....55

**Figura 21.** Fermentación días 9 y 11. . .....55

**Figura 22.** Envasado. .....55

**Figura 23.** Análisis de pH. .....56

**Figura 24.** Análisis de acidez.....56

**Figura 25.** Análisis de humedad. .....56

**Figura 26.** Análisis de ceniza……56

**Figura 27.** Insumos. . .....57

**Figura 28.** Pesado de insumos. .....57

**Figura 29.** Mezcla. . .....57

**Figura 30.** Amasado. .....57

**Figura 31.** Reposo**. ……...**58

**Figura 32.** Cocción…….58

**Figura 33.** Enfriado. ……...58

**Figura 34.** Empacado…….58

**Figura 35.** Ficha de evaluación sensorial. .....59

# I. INTRODUCCIÓN.

La yuca *(Manihot esculenta, Crantz)*, es una de las principales plantas alimenticias cultivadas en la Amazonía. Es un alimento alto en hidratos de carbono que proporciona gran energía, además, es utilizado en la industria alimentaria, alcoholes y gomas (IIAP, 2008).

Un 10% de este almidón es alimento básico de millones de campesinos de bajos ingresos de África, Asia y América Latina (FAO, 2006).

Dado que es una materia prima con potencial, hoy en día las industrias aprovechan mejor dando un valor agregado. Es por el cual se desarrolla la presente investigación con el objetivo de determinar las características fisicoquímicas del almidón agrio y realizar un análisis sensorial empleando el mejor tratamiento en la elaboración de panes.

La investigación se desarrolló en dos fases: primero, determinar las características fisicoquímicas como el pH, % de acidez, % humedad, y % cenizas del almidón agrio; segundo evaluar las características sensoriales como color, olor, textura, sabor de los panes con diferentes concentraciones para determinar el grado de aceptabilidad.

Según Cereda y Lima (2009), El tiempo que lleva para obtener almidón agrio es de 30 a 60 días en inmersión de agua, es por ello que en esta investigación se aplicó un método que reduce el tiempo para la obtención de este producto del cual se elabora un pan con mejores características sensoriales.

# II. REVISIÓN DE LITERATURA.

## 2.1. Generalidades.

Según IIAP Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (2008), en su investigación para la obtención del almidón agrio de yuca *(Manihot esculenta, Crantz)*, determinaron en el lapso de 3 días óptimos, 8 a 14 días máximos. El proceso de fermentación fue llevado en bolsas de polietileno herméticamente sellados creando un ambiente de anaerobiosis. La fermentación a temperatura climática y el secado al sol confieren al almidón agrio propiedades específicas para la panificación resaltando la apariencia de miga, aroma; los investigadores afirman la sustitución de almidón agrio que mejor resultado dio fue de 20% y 40%, las muestras con mayor porcentaje de sustitución demostraron mejor caracterización.

### 2.1.1. La fermentación.

Fermentación es un proceso de oxidación incompleta, que no requiere de oxígeno para tener lugar, y que arroja una sustancia orgánica como resultado. Es un proceso de tipo catabólico, es decir, de transformación de moléculas complejas a moléculas sencillas y generación de energía química en forma de ATP -Adenosín Trifosfato. La fermentación consiste en un proceso de glucólisis (ruptura de la molécula de glucosa) que produce piruvato (ácido pirúvico) y que al carecer de oxígeno como receptor de los electrones sobrantes del NADH (nicotin adenin dincleótido) producido, emplea para ello una sustancia orgánica que deberá reducirse para así reoxidar el NADH a NAD+, obteniendo finalmente un derivado del sustrato inicial que se oxida. Dependiendo de dicha sustancia final, habrá diversos tipos de fermentación. Este proceso fue descubierto por el químico francés Louis Pasteur, quien la calificó como “La vida sin aire” (*La vie sans l’air*), ya que puede ser llevado a cabo en ausencia de oxígeno por microorganismos como las bacterias, levaduras, o algunos metazoos y protistas. En este proceso, entonces, no intervienen ni las mitocondrias ni las estructuras vinculadas al proceso de respiración (Neira, 2012).

La fermentación es un proceso que degrada moléculas para transformarlas en otras moléculas más simples. En la elaboración del pan las levaduras transforman el almidón (un azúcar complejo) en glucosa. Lo hacen mediante la enzima amilasa (otras enzimas: glucosidasas y amiloglucosidasas). La mayor parte de los azúcares que desdobla la levadura los utiliza la propia levadura para vivir y desarrollarse, y otra parte queda en la masa del pan, dándole parte de su sabor y el color dorado del horneado (Bailón, 2012).

El proceso fermentativo, que es la base de la producción de un almidón agrio de calidad supone una fase principal caracterizada por la formación de burbujas de gas en la masa del almidón, espumas en la superficie, descenso rápido del valor del pH del líquido sobrenadante y aumento de la acidez titulable. Después de las 24 horas, la fermentación se caracteriza por presencia de bolas en la masa decantada, que posteriormente suben a la superficie formando espuma, lo que coincide con una disminución brusca del pH (Gonzáles y Arévalo, 2010).

En la fermentación, la primera fase está asociada a la rápida caída de la concentración de oxígeno en el medio. En esta fase comienza el ataque de enzimas amilolíticas sobre el almidón granular, propiciando una fuente carbonada para el metabolismo de los agentes de la fermentación. En la segunda fase, se presentan muchos microorganismos más exigentes, productores de ácido y gases. Esta etapa es la más importante en lo que se refiere a la producción del almidón agrio de buena calidad. Finalmente, en la tercera fase desaparecen los microorganismos saprófiticos y contaminantes que, además de consumir los ácidos orgánicos de la superficie, son responsables de las características del almidón fermentado comercial (Ascheri, 2013).

Como el almidón es la única macromolécula significativa del almidón agrio (porque no hay proteínas o celulosa presentes), se forma una red tridimensional debido a una reacción fotoquímica que involucra al ácido láctico y al almidón fermentado. Tal estructura podría es la responsable del gran potencial para panificación que tiene el almidón de yuca fermentado (Dufour, et al., 2006).

### 2.1.2. Tipos de fermentación

Según (Raffino, 2017):

**Fermentación alcohólica**. Llevada a cabo por las levaduras principalmente, produce a partir de ciertos azúcares una cantidad de alcohol etanol, dióxido de carbono y ATP. Este es el proceso empleado para producir las bebidas alcohólicas.

**Fermentación acética**. Propia de las bacterias del género *Acetobacter*. Es, no obstante, un proceso aeróbico, por lo que puede darse en los vinos expuestos al aire.

**Fermentación láctica**. Consiste en una oxidación parcial de la glucosa, llevada a cabo por bacterias lácticas (cuando se quedan sin oxígeno)

**Fermentación butírica**. Descubierta por Pasteur, consiste en la conversión de las glucosas en ácido butírico y gas, esto último le confiere un olor típicamente desagradable. Es llevada a cabo *Clostridium*.

## 2.2. Yuca.

### 2.2.1. Historia.

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*) es originaria de América del sur, con centros primarios de diversidad en Brasil y América Central. Actualmente, es cultivada en zonas tropicales y sub tropicales del mundo entre 30°N y 30°S (Ceballos *et al*., 2002).

### 2.2.2. Posición taxonómica.

Manihot esculenta Crantz se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

**Cuadro 1.** La yuca se clasifica de la siguiente manera:

| | |
|---|---|
| División | **Phanerógamas** |
| Subdivisión | **Angiospermas** |
| Clase | **Dicotiledoneas** |
| Subclase | **Choripetales** |
| Orden | **Geraniales** |
| Suborden | **Tricoccae** |
| Familia | **Euphorbiaceae** |
| Sub familia | **Crotonidae** |
| Tribu | **Manihoteae** |
| Género | **Manihot** |
| Especie | ***Manihot esculenta Crantz***. |

Fuente: ceballos *et al*., 2002

Manihot esculenta es conocido en la Amazonia Brasilera como “macaxeira”, “macachera”, “macaxera”, en el Noreste de Rio de Janeiro y el sur de Brasil se lo conoce como “aipim” a las variedades dulce y comestibles, mandioca a las variedades amargas, bravas o venenosas aunque en algunos estados todas las variedades son conocidas como “mandioca”; en los países de lengua española es conocida como “yuca”; en inglés es conocida como “cassava” y raras veces como “tapioca”. En los países como África y Asia es conocido como “suahili”, “mhogo” y “omowgo” (Ceballos *et al*., 2002).

### 2.2.3. Descripción botánica.

(*Manihot esculenta Cratnz*), pertenece a la familia Euphorbiaceae la cual está constituida por aproximadamente 7200 especies y tienen como característica principal un notable desarrollo de los vasos laticíferos, los cuales están compuesto por células secretoras llamadas galactositos, las que producen la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de ésta familia.

Una de las tribus más importantes de ésta familia es Manihoteae, la cual está representada por el género Manihot que agrupan arbustos o hierbas

de porte alto. Dentro del género Manihot, se han clasificado un centenar de especies, entre las cuales la única cultivada comercialmente es la “yuca” Manihot esculenta Crantz (Ospina y Ceballos, 2002).

#### 2.2.3.1. Variedad señorita.

La variedad produce en 8 meses, difundida en el distrito de Campo Verde, cabe señalar que esta es la variedad que se siembra a mayor escala debido a su baja perecibilidad (soporta hasta 10 días sin deteriorarse ante la oxidación o “negreamiento” por efecto de la humedad), además del peso y tamaño adecuado que presenta, de esta variedad se obtiene hasta un 18 % de obtención de almidón, cuya producción está dirigida al mercado local, el producto obtenido cuenta con registro sanitario E8400412N/XAOODE (MINAGRI, 2013).

Los clones incluidos en el Registro Oficial de Variedades y autorizados para plantar son: Señorita, CMC-40, CEMSA 74-725, y otros (Scielo, 2011).

Se elige la variedad por sus características de ser una planta de 6 a 8 meses con raíces de longitud 30 a 40 cm, altura de 1.5 m que al agricultor le interesa (Carrión, 2016).



Fuente: Scielo, 2011.

**Figura 1.** Yuca de variedad señorita.

### 2.2.4. Composición química.

En el (cuadro 2) se observa la composición química de la variedad de yuca dulce. La cual presenta ciertas ventajas en el cultivo tales como una maduración más rápida (7 – 8 meses) y una mayor resistencia a plagas y enfermedades.

**Cuadro 2.** Composición química promedio de la yuca dulce.

| Componente | Contenido (g/100 g) |
|---|---|
| Humedad | 65, 2 |
| Proteína | 1, 0 |
| Grasa | 0, 4 |
| Fibra | 1, 0 |
| Cenizas | 0, 6 |
| Almidón | 73,7 – 84, 9 |

Fuente: Escobar, 2009.

En el siguiente cuadro se muestra la composición química del almidón nativo de yuca (Betancur, 2001)**.**

**Cuadro 3.** Composición química de almidón nativo en 10 gramos.

| Composición | Valor |
|---|---|
| Grasa (%) | 0,20 |
| Proteína (%) | 0,06 |
| Ceniza (%) | 0,29 |
| Humedad (%) | 9,48 |
| Fibra (%) | 1,01 |
| Carbohidratos totales (%) | 98,44 |
| Azucares totales (%) | 94,64 |

Fuente: Betancur, 2001.

El contenido de ácido láctico producido durante la etapa de fermentación mejora la vida útil del producto resultante, el (cuadro 4) se observa la composición promedio del almidón agrio industrial.

**Cuadro 4.** Composición fisicoquímica promedio del almidón agrio.

| Componente | Contenido (g/100 g) |
|---|---|
| Humedad | 13, 68 - 14, 75 |
| Proteínas | 0,10 – 0, 14 |
| Lípidos | 0, 18 – 0, 22 |
| Cenizas | 0, 11 – 0, 15 |
| pH | 3, 77 – 4, 27 |

Fuente: Malcon, 2007.

## 2.3. Almidón.

El almidón es el principal carbohidrato de almacenamiento energético de las plantas superiores y químicamente está constituido por unidades de glucosa. Está organizado en partículas discretas conocidas genéricamente con el nombre de gránulos. El tamaño y la morfología de los gránulos de almidón varían dependiendo de la fuente vegetal. Se pueden extraer a partir de varias fuentes comerciales, tales como cereales (maíz, trigo, arroz, avena, sorgo), tubérculos (patata), raíces (yuca, ñame) y las legumbres (garbanzos, soja, lentejas, frijoles) (Peroni y Huang, 2006).

## 2.4. Procesamiento del almidón de yuca.

### 2.4.1. Almidón nativo.

El almidón de yuca nativo se conoce como tapioca, es uno de los principales componentes de la yuca y de otras raíces y tubérculos, se encuentra almacenado en gránulos y se extrae utilizando un proceso de disolución en agua y filtrado con mantas. Su composición química es básicamente de amilosa y amilopectina, dos carbohidratos de estructura diferente, que son los que le dan las propiedades funcionales al almidón. Ambos se encuentran en proporciones diferentes dependiendo de dónde se obtenga el almidón (Alnicolsa, 2009).

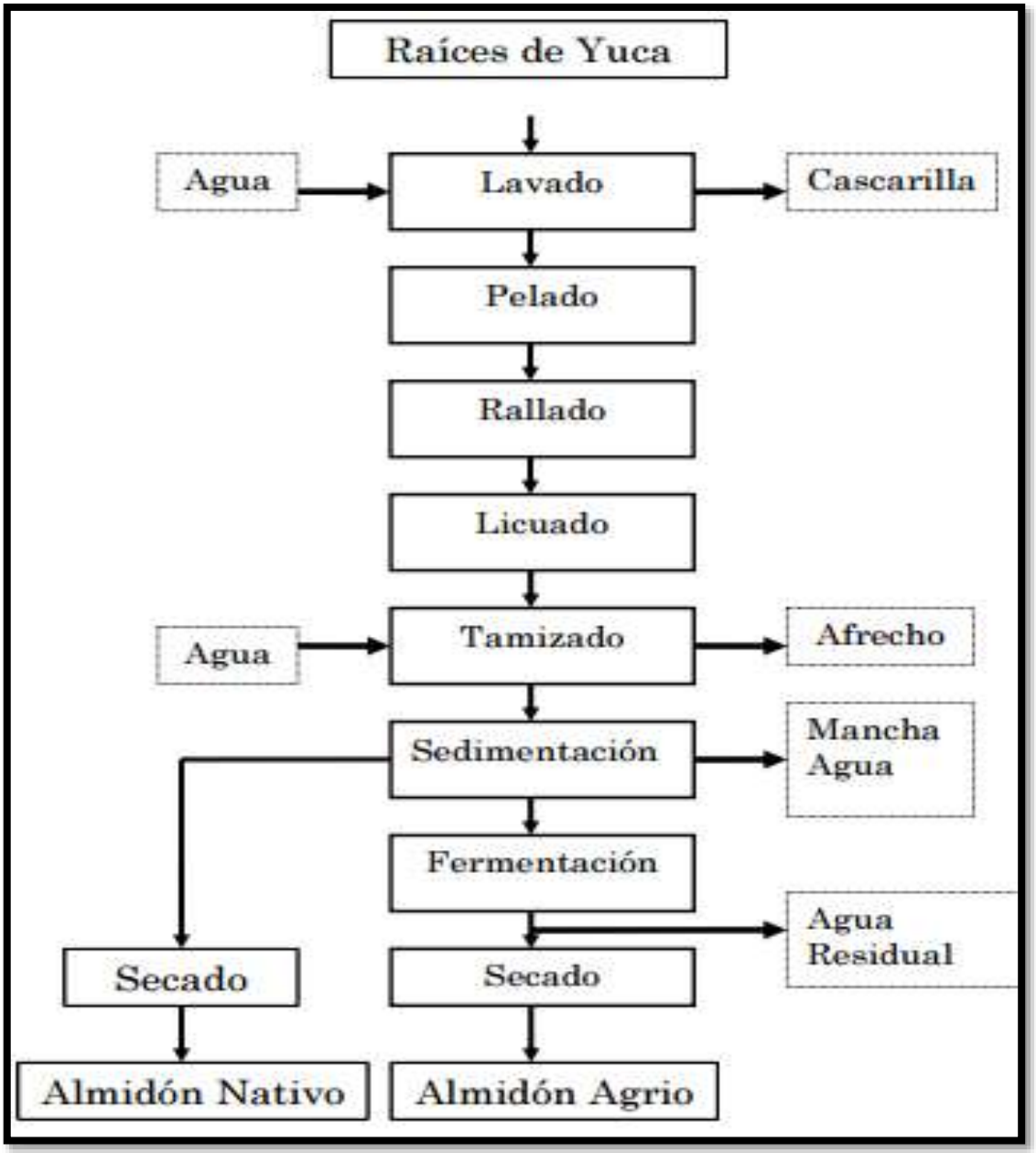
Es un polvo fino de color blanco, con aproximadamente un 13% de humedad como máximo y un pH cercano a 6 (FAO, 2006).

### 2.4.2. Almidón agrio.

El almidón agrio es un polvo blanco y fino que se obtiene mediante una fermentación natural y posterior secado del almidón extraído de las raíces de yuca *(Manihot esculenta, Crantz)*, la fermentación y la exposición al sol durante el secado proporcionan al almidón agrio propiedades de gran ventaja para la panificación (aptitud de expandirse durante el horneo de una masa) (Angeloni *et al*., 2007).

El almidón agrio se elabora a partir del almidón nativo que es extraído de la yuca de la variedad *señorita,* después de ello son filtrados en amacas (telas filtradoras), dando como resultado en el fondo una masa compacta de color blanco, se desecha el agua y el almidón es llenado en bolsas de polietileno se sellan, a partir de allí empieza la fermentación a temperatura ambiente durante el tiempo de 2 a 5 días máximo (Silva, 2017).

Durante la fermentación disminuye bruscamente el pH, estabilizándose en el segundo o tercer día alrededor de pH 3 y aumento acidez titulable. El secado de la fécula después de fermentada es otra importante fase en el proceso de fabricación del polvillo ácido con un rendimiento de 16 a 20 % del producto final en base seca. Será de 8 a 14 horas expuesto al sol. Algunos productores intentaron procesos más eficientes y alegan no haber obtenido un producto secundario con el mismo poder de expansión sugiriendo que más que el calor, es la radiación solar un responsable por esta característica (Cereda y Lima, 2009).




**Fuente: Cortez, 2007**

**Figura 2.** Flujograma para la obtención del almidón nativo y agrio de yuca.

### 2.4.3. Aspectos fisicoquímicos.

Durante el proceso para la obtención del almidón agrio de yuca, el pH indica el grado de acidez o basicidad de una solución, lo cual se mantiene ileso durante el desarrollo de la adquisición del almidón agrio de yuca a un 3,7 encontrándose dentro de los parámetros de 3,5 a 4,5 de pH. Estudios realizados sostiene que, la determinación de pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más utilizados en proceso fisicoquímico, con un promedio de 4.0, teniendo en cuenta los parámetros de 3,5 a 4,5 de pH. Los valores de la

evaluación de acidez nos permiten interpretar la existencia de diferencia significativa y que según ISI, la acidez titulable debe estar 0,02 y 0,05 meq. de ácido sulfúrico/g en caso de almidones. Es por ello que su acidez debe estar entre 4% mínimo y 6% máximo. En productos polvos el grado de acidez indica el contenido en ácidos sueltos, el cual es usado como un parámetro de calidad en productos polvos, mediantes las evaluaciones del índice de acidez o el valor ácido vigente en ellos (Vandeputte y Delcour, 2004).

Los almidones nativos de las diferentes especies de vegetales tienen como característica fundamental que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales estarán influenciadas por sus estructuras granular y molecular. Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua (humedad), sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles. Se entiende por humedad a la pérdida de peso que tiene un alimento al sujetarlo a condiciones de temperatura y tiempo. Lo cual pasó con el producto terminado a base de almidón agrio de yuca, sujetándose a los parámetros establecidos con un porcentaje mínimo de 12% y un máximo de 16% de humedad. El análisis de cenizas en los alimentos, es un parámetro de importancia desde el punto de vista económico, de la calidad, cualidades organolépticas y nutricionales. Debido a ello su medición está incluida dentro del Análisis Químico Proximal de los alimentos, en el cual se mide principalmente el contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas. Los porcentajes de cenizas en harina y almidón de yuca fueron de 0,16 y 0,09 valores cercanos encontrados respectivamente. La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas o sustancias orgánicas transformadas por la temperatura u otras alternativas, teniendo en cuenta los parámetros de calidad establecidos, con un mínimo de 0,5 y un máximo de 0,30 (Wang *et al*., 2003).

## 2.5. Usos en la industria.

### 2.5.1. Industria alimentaria.

El almidón nativo de yuca se utiliza generalmente en la industria de alimentos como ligador de agua, coadyudante de emulsificantes, fuente de hidrato de carbohidratos, espesante y agente texturizante, para alimentos extruidos, en rellenos de pastel, alimentos para bebés, sustituir parcialmente el almidón de maíz, y de papa en procesos como en la obtención de siropes de glucosa (FAO, 2006).

Se utiliza en la industria de panadería, snaks, insumo potencial en productos libres de gluten para los individuos intolerantes al mismo (Malcon, 2007).

La yuca produce una harina y almidón de alta calidad como sustituto de harina de trigo, maíz y arroz como muestra en el (cuadro 5). H. t. (harina de trigo), A. a. y. (almidón agrio de yuca), H. maíz (harina de maíz), M. c. (menor costo), M. s. (mejor sabor), M. b. (más brillante).

**Cuadro 5.** Alimentos en los que se utiliza el almidón.

| Alimento | Materia prima sustituida | Nivel de sustitución | Ventajas del almidón |
|---|---|---|---|
| Galletas | Harina de trigo | 10% | Más crocante |
| Carne procesada | H. t-A. a. y. | 100% | Mejor abs. agua |
| Pan de trigo | A. a. y. | 3 - 20% | M. c - M. s |
| Condimentos | H. trigo-H. maíz | 50 - 100% | Menor costo |
| Pastas | H. arroz-H. maíz | 20 - 35% | Menor costo |
| Dulces | H. arroz-A. maíz | 50 - 100% | M. b -M. s |

Fuente: Alnicolsa, 2009.

### 2.5.2. Industria textil.

Apresto, en la industria textil como encolante de la urdimbre, aprestado y estampado de tejidos. En lavandería para almidonar tejidos blancos y darles dureza y para restaurar apariencia y cuerpo a las prendas de vestir (Cali, 20013).

### 2.5.3. Industria farmacéutica y cosmética.

Agente de dispersión de polvo y como ligante del ingrediente activo de tabletas y productos medicinales. Espolvorante, como polvo fino en la preparación de polvos faciales finos, polvos compactos y polvos nutritivos (Cali, 2013).

### 2.5.4. Industria papelera.

Adhesivo, para diferentes aplicaciones en la industria de papel y cartón. En la industria del papel su función es servir como aglomerante de los componentes que forman el papel, fibra celulósica y rellenos, formando una capa superficial que reduce la pelusa y aumenta la resistencia mecánica del papel a la aspereza y plegado, aumenta la solidez y la durabilidad del papel. En las empresas productoras de cartón corrugado se utiliza para la formación del cartón ya que permite unir las láminas planas de cartón a la lámina corrugada u ondulada (Cali, 2013).

### 2.5.5. Industria de adhesivos.

Elaboración de adhesivos de alta fuerza o para colas de menor precio para diversas aplicaciones en la industria de papel y cartón. Los adhesivos de almidón, que son adhesivos a base agua, son muy útiles para las empacadoras y etiquetadoras de alta velocidad por el costo relativamente bajo y la gran velocidad de adhesión (Cali, 2013).

## 2.6. Elaboración del pan.

El pan es un producto obtenido por la cocción, de una masa fermentada con diferente proceso de elaboración (Alcazar, 2002). Entre los principales está el amasado y fermentado. Al agregar agua o leche a la harina, se forma una masa por hidratación de las proteínas del gluten (gliadina y gluteina) las cuales le otorgan viscosidad, elasticidad y cohesividad (Coultate, 2007).

Según la normativa técnica peruana (2007), el pan es producto obtenido por la cocción, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable/leche, sal, azúcar, levadura y manteca pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos.

Con el almidón agrio este producto adquiere características de sabor, textura, olor, y expansión en el horneado que son muy deseables; y que no pueden obtenerse con el almidón nativo o sin fermentar (Alarcón y Dufour, 2002).

### 2.6.1. Aspectos sensoriales.

El color es la calidad de los fenómenos visuales que depende de la impresión distinta que producen en el ojo, las luces de distinta longitud de onda, la ausencia total de luz (negro), o la suma de todos los colores (blanco). La solidificación o fondo del color indica un pan que debe tener mayor puntaje, aunque el carácter de su color no sea grato (Bello y De león, 2005).

El olor son unos componentes volátiles tienen una incidencia determinante en su olor final, tiene un compuesto con mayor impacto en la corteza del pan, es agradable y suave, exento de rancidez o de cualquier otro olor anormal. Cuanto más potente es el aroma más elevado será el puntaje.

La textura en los panes son factores determinantes de la calidad sensorial del pan, evaluando la textura con el tacto, no excesivamente dura, debiendo quebrarse y crujir ligeramente al hacer presión sobre la piel. El flavor es la percepción simultánea del sabor, el aroma y la respuesta del nervio trígerminal. Evaluación de factores sensoriales químicos, el flavor del pan no puede ser explicado únicamente por sus compuestos volátiles. Perfiles descriptivos comunes dulce, ácido, salado, amargo, mantecoso, entre otros (Toshio *et al*., 2000).

### 2.6.2. Función de los principales insumos en el pan.

Según (Cubero, 2006):

#### 2.6.2.1. Leche.

Se utiliza leche entera liquida. Funciones de la leche:

- Da color a la corteza (lactosa se carameliza).
- La textura del pan con la leche es más suave.

- Mejora el sabor del pan.
- Eleva el valor nutritivo del pan.
- Aumenta el tiempo de conservación ya que retiene la humedad.

#### 2.6.2.2. Huevos.

Se utiliza huevos enteros ya que realizan una serie de funciones en los productos en que se los utiliza como ingredientes. En el caso del pan funcionan como material estructural e impartidores de brillo.

#### 2.6.2.3. Grasa vegetal.

Se utiliza grasa vegetal porque le imparte un buen sabor al pan. Además le imparte:

- Suavidad.
- Punto de cremar, es la propiedad de incorporar aire en el proceso de batido fuerte, en unión con azúcar y harina.
- Mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante.
- Aumenta el valor alimenticio, las grasas de panificación suministran 9.000 calorías por kilo.
- Mejora la conservación, la grasa disminuye la perdida de humedad y ayuda a mantener fresco el pan.

#### 2.6.2.4. Sal.

Es un compuesto químico formado por sodio. Características de sal a utilizar:

- Granulación fina, poseer una cantidad moderada de yodo para evitar trastornos orgánicos, garantizar una pureza por encima del 95% y sea blanca.
- Mejorar el sabor, fortalece el gluten, puesto le permite a la masa retener el agua y el gas.
- Las porciones recomendables de la sal son: desde 1,5 hasta 3,0%.

#### 2.6.2.5. Azúcar.

En la panificación se utiliza la sacarosa o azúcar de caña. Funciones del azúcar en la panificación:

- Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan para que pueda tener una completa cocción y también evitar la pérdida del agua.
- El azúcar es absorbente, absorbe humedad y trata de guardarse con el agua. Le da suavidad al producto.

Según (Martini, 2001):

#### 2.6.2.6. Levadura.

La función más importante es la subida de la masa, debido a la producción de CO2 (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etano, por la transformación de la glucosa. La utilización de levadura seca puede dosificarse entre 2 a 8% por cada kilo de harina.

#### 2.6.2.7. Harina.

Las harinas para la panificación de piezas de gran volumen son a partir del trigo, buena textura tienen por lo general alto contenido en proteínas (8 a 14%) con capacidad de retener los gases producidos durante la fermentación.

El almidón es cuantitativamente el componente principal de la harina (60 a 72%). Desempeña el papel de aportador de energía dentro de la función alimenticia del pan; además de la capacidad de absorber cerca del 40% de su peso en agua.

# III. MATERIALES Y MÉTODOS.

## 3.1. Lugar de ejecución.

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana - IIAP Planta De Transformación De La Yuca y Otros Farináceos, ubicado al margen derecho de la carretera Federico Basadre Km 12,400 y en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Agronomía – Agroindustria (Planta de Panadería) de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en la Carretera Federico Basadre Km 6,200 distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali con coordenadas: latitud de 8.396699° y longitud de 74,586368°, con una temperatura de 31,6 °C (Google Maps, 2012).

### 3.1.1. Muestras.

La yuca fueron recolectadas del centro poblado Santa Catalina interior 4 km al margen derecho, distrito Campo Verde Km 43, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali; la materia prima fue trasladada al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana Km 12,400, donde fueron utilizados para la extracción del almidón agrio.




**Fuente: Google maps, 2007**

**Figura 3.** Ubicación del centro poblado Santa Catalina.

En el trabajo de investigación se ha utilizado los siguientes materiales:

### 3.2.1. Materia prima.

Se ha utilizado la yuca ***(Manihot esculenta, Crantz)*.**

### 3.2.2. Utensilios y materiales.

Para la extracción de almidón se utilizó los siguientes materiales de procesamiento: Materiales de limpieza, materiales de protección (botas, mandil, guantes de latex, cofia), recipientes de 20 litros, cilindros de 50 litros, fuentes de acero inoxidable, escobillas, cuchillos de acero inoxidable, mica de polietileno color negro 5 metros, espátula, jarras de 1 L, telas filtradoras, bolsas de polietileno.

Para el laboratorio se utilizó lo siguiente: Materiales de protección (mandil, guantes de latex, cofia), bolsas de polietileno, espátula, vasos de precipitados 40 a 300 ml, pipetas de 1 y 10 ml, crisoles, agitador, campana de desecación, bureta, matraz de Erlenmeyer, bureta de 25 ml.

Para la panificación: Recipientes de acero inoxidable, tamizador, espátula, cuchara medidora, papel manteca, papel aluminio.

### 3.2.3. Equipos.

Para el procesamiento se utilizó: Triturador/rallador, balanza.

En el laboratorio: Equipo de titulación, pH metro digital, balanza analítica 0, 001 de precisión, Horno de secado, mufla.

Para la panificación: Horno con capacidad 280 °C, mesa de acero inoxidable, balanza 1000 gramos de capacidad, batidor.

### 3.2.4. Insumos.

Para el proceso de panificación: Harina, almidón agrio, leche, azúcar, levadura, mantequilla, huevo, sal.

### 3.2.5. Reactivos.

Para el laboratorio: Fenolftaleína, hidróxido de sodio (NaOH).

## 3.3. Métodos.

Los métodos que se utiliza para el trabajo de investigación se describen:

### 3.3.1. Proceso para la obtención de almidón agrio de yuca.

Mediante la figura 4 se muestra las operaciones para la obtención del almidón agrio, se realiza lo siguiente:

#### 3.3.1.1. Recepción de la materia prima.

Es importante mencionar que las raíces de yuca a utilizar para este trabajo son del Caserío Santa Catalina-Campo Verde km 43 (interior 4km).

Son adquiridos directamente de los productores de la zona, y empacadas adecuadamente para ser enviadas por transporte a ésta ciudad (Pucallpa); materia prima que es trasladado al IIAP.

Una vez cosechadas se transporta en sacos, estas raíces son llevadas a la planta inmediatamente para ayudar que el producto final alcance sus mejores características, si se espera mucho tiempo comienza a deteriorarse disminuyendo la calidad.

#### 3.3.1.2. Selección.

La selección se realiza con la finalidad de evitar las yucas en mal estado sea por golpes, deterioro de la corteza y otros contaminantes.

Este proceso es de suma importancia para una mejor caracterización en el producto final.

#### 3.3.1.3. Lavado y pelado.

El lavado se realiza con abundante agua para eliminar la tierra húmeda con la que llegaron las raíces (esta ayuda a evitar al máximo la deshidratación y golpes que podían sufrir en el tiempo de transportación), así

como la cascarilla, sus impurezas adheridas, y desinfectados con hipoclorito de sodio al 20%.

Para el pelado se utilizará cuchillos de acero inoxidable, los cuales facilitan el retiro de la corteza de la yuca (en la yuca fresca esta operación es muy fácil de hacerlo).

#### 3.3.1.4. Rallado.

Este proceso se da con la finalidad de aumentar la superficie de contacto del producto con el aire caliente de manera que se facilite el secado, esto se logra haciendo cortes pequeños de entre 4 a 6 mm de espesor a los que llamaremos chips, esta actividad se realiza con una máquina ralladora con capacidad de 4000 kg/ 8 horas.

#### 3.3.1.5. Filtrado.

Se realiza con un filtrador de material tela tocuyo, agregar la masa rayado adicionando agua para facilitar la separación de los gránulos de almidón del afrecho o torta de yuca.

#### 3.3.1.6. Sedimentación.

La lechada de yuca rallada sale del filtrador y se deja en reposo en un canal (serpentín) donde se lleva a cabo la sedimentación separándose el agua del almidón el cual se da por espacio de 8 – 12 horas.

#### 3.3.1.7. Decantación.

Se utiliza una manguera para eliminar el agua, ejerce una presión mediante esta, quedando el almidón húmedo a través del método de decantación.

#### 3.3.1.8. Fermentado.

La fermentación es anaeróbica, una vez obtenido el almidón se llenan en bolsas de polietileno, cada tratamiento tiene 5 kilos en base húmeda de almidón, donde están herméticamente cerrados durante 3, 5, 7, 9,

11 días. Las muestras se lleva a un ambiente limpio y ventilado, esta operación se da temperatura amiente. Dado que la temperatura promedio en nuestra región Ucayali en el día es de 35 °C, y por la noche mínimo 22 °C, permite mantener la fermentación activo.

#### 3.3.1.9. Tamizado 1.

Se realiza en mallas para que no quede terrones o grumos compacto y así facilitar el secado al sol. El tamiz a utilizar es el número cuatro de cocadas grandes que permite una rápida desintegración de los grumos.

#### 3.3.1.10. Secado.

Debe secarse solamente con el calor solar sobre mica polietileno de color negro; ya que los rayos ultravioleta mejoran la calidad del producto. Esta operación se realiza durante un tiempo de 4 a 6 horas aproximadamente.

#### 3.3.1.11. Tamizado 2.

Durante el secado, el almidón forma de nuevo terrones más o menos duros que requieren de un tratamiento, es decir, de molienda y/o tamizado más fino. En este caso se utiliza un tamiz número 20.

#### 3.3.1.12. Envasado.

El almidón una vez tamizado se empaca en bolsas de polietileno. El empacado permite la conservación prolongada del almidón agrio evitando el contacto con la humedad del medio ambiente, y protegiendo de contaminantes.

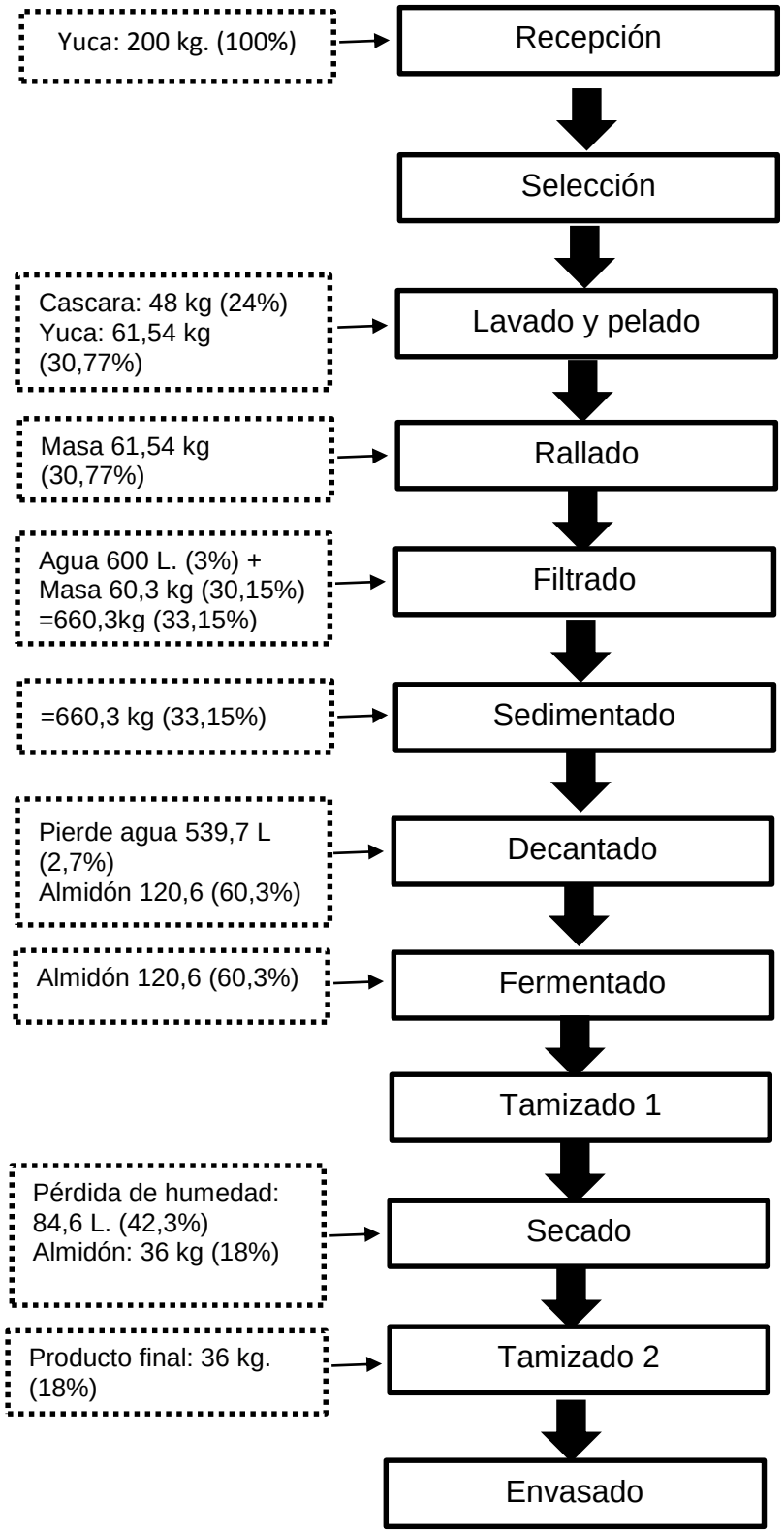



**Figura 4.** Diagrama de flujo del proceso para la obtención de almidón agrio de yuca.

### 3.3.2. Análisis de pH.

Este procedimiento se describe según la norma AOAC (2016), el pH-metro es un instrumento de carácter electroquímico que permite determinar las diferencias de potencial electroquímico, dando como resultado el potencial de hidrógeno (pH), el cual es una expresión de la acidez de una solución acuosa.

El procedimiento fue el siguiente:

- Lavar los vasitos de precipitados de 100 ml con agua destilada para luego secarlo en la estufa.
- Colocar en un vaso de precipitado la muestra y añadir 25 ml de agua destilada.
- Agitar la muestra con magneto a 300 rpm (revolución por minuto) por 5 minutos.
- Con el pH metro, sumergir dentro de la muestra y sacar resultados.
- Lavar la base del peachímetro para guardarlo.

### 3.3.3. Análisis de acidez.

Este procedimiento se describe según la norma AOAC (2016), esta sustancia que describe su capacidad de donar protones, los cuales son capaces de acidificar una disolución acuosa.

Acidez titulable: Indicador que expresa el contenido de ácidos libres en una matriz, el cual se expresa como el porcentaje del ácido predominante de la matriz, en el caso de los frutos ácido láctico. Dicha acidez puede incluir la acidez natural y la desarrollada.

El procedimiento fue el siguiente:

- Lavar los materiales a utilizar con agua destilada y colocarlos en la estufa para secarlos.
- Las muestras de almidón, agrio colocar en un vaso de precipitado de 100 ml.
- Se añade 25 ml de agua destilada al vaso de precipitado junto con la muestra de almidón agrio.
- Para mejor disolución, colocar la muestra en un agitador magnético por lo

menos unos 5 min.

- Sacar de la muestra 10 ml y colocarlos en un vaso de precipitado, seguidamente de 15 ml de agua destilada y tres gotas de fenolftaleína.
- Llenar una bureta con al menos 25 ml de la solución estandarizada de NaOH al 0,1N. Montar su bureta en el soporte universal con su abrazadera y nuez correspondientes.
- Por último, dejar caer gota a gota la sustancia de la bureta sobre el vaso de precipitado con la muestra preparada hasta que cambie a un color púrpura.

Se anotó el gasto, la normalidad, el peso molecular, y el peso de la muestra, para obtener el porcentaje de acidez se usó la formula en base acida.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(N)\,(Meq) \times 100 \times V_{gasto}}{V_{muestra}}$$

**Donde:**

g: Gasto.
N: Normalidad.
Meq: Miliequivalente (0,1 eq).
V gasto: Volumen gastado.
V muestra: Volumen de la muestra.

### 3.3.4. Análisis de % de humedad.

Este procedimiento se describe según la norma de la (AOAC, 2015), el método para determinar la cantidad de agua presente en la muestra se basa en la pérdida de peso de la muestra por secado en estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra expresada como porcentaje.

El principio operacional del método de determinación de la humedad es utilizando estufa, y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra.

El procedimiento fue el siguiente:

- Pesar los crisoles en una balanza gramera.

- Pesar el almidón agrio en una balanza gramera.
- Colocar el almidón agrio en cada crisol para luego colocarlo en la estufa.
- Acomodar los crisoles con la muestra en la estufa y dejar por 24 h aproximadamente.
- Después de las 24 horas, sacar las muestras y colocarlas en un desecador por 10 min.
- Pesar las muestras y sacar los resultados.

Se anotó el peso inicial y el peso final tras el secado, para obtener el porcentaje de humedad se usó la formula en base húmeda.

$$\%\, Humedad = \frac{(P_1 - P_2)}{m} \times 100$$

Donde:
$P_1$= Peso de la placa más muestra.
$P_2$= Peso de la placa más muestra seca
m= Peso de la muestra.

### 3.3.5. Análisis de cenizas.

Este procedimiento se describe según la norma AOAC (2005), la ceniza de un alimento es un término analítico que sirve para referirse al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Representa el contenido mineral del alimento.

Sirve para conocer el grado de refinamiento de harinas y almidones.

El método para realizar la determinación de cenizas consiste en incinerar una porción exactamente pesada de la muestra en un crisol de porcelana utilizando una mufla a temperatura entre 500 y 600 °C durante 24 horas aproximadamente. El análisis se da por terminado cuando el residuo esté libre de partículas carbonosas (de color negro) y las cenizas presentan un color blanco o gris uniforme. Entonces, el crisol con las cenizas se enfría en un desecador y se pesa en una balanza analítica hasta obtener peso constante.

El procedimiento fue el siguiente:

- Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufla ajustada 550 °C durante 30 min. Enfriar en el desecador.
- Pesar los crisoles en una balanza gramera.
- Pesar el almidón agrio de yuca
- Colocar el almidón agrio en cada crisol.
- Colocar el crisol con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante 5 minutos, para evitar pérdida por proyección del material.
- Introducir los crisoles con muestra en la mufla a 550 °C hasta obtener cenizas de un color gris.
- Sacar de la mufla el crisol con muestra, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.
- Repetir la incineración por periodo de 30 min, enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.

Una vez obtenido el peso constante se utiliza la siguiente formula:

$$\%\ \boldsymbol{Cenizas} = \frac{(\boldsymbol{P_1} - \boldsymbol{P_0})}{\boldsymbol{P}} \times \mathbf{100}$$

**Donde:**

$P_1$= Peso del crisol más las cenizas

$P_0$= Peso del crisol

P= Peso inicial de la porción de muestra

### 3.3.6. Elaboración de pan con sustitución de almidón agrio de yuca.

Mediante la figura 5, se muestra las operaciones para la elaboración de pan con sustitución del almidón agrio, se realiza lo siguiente:

#### 3.3.6.1. Recepción y selección de la materia prima.

Aquí se debe considerar que dependiendo de la materia prima se va a obtener un producto de buena calidad.

#### 3.3.6.2. Homogenizado y amasado.

A la mezcla se le adiciona una cantidad de líquido/leche calculada para la panificación y se procede al amasado.

La finalidad es la homogenización que se realiza con una espátula, evitando las bolsas de gas.

#### 3.3.6.3. Corte y moldeado.

El corte se realiza con la finalidad de obtener pesos iguales, el moldeado sirve para obtener una superficie uniforme del pan.

#### 3.3.6.4. Reposo.

Dura un tiempo de 15 minutos para que se eleve la masa.

#### 3.3.6.5. Cocción.

El tiempo que dura la cocción en el horno es de 20 minutos a 180 °C.

#### 3.3.6.6. Enfriado.

Son un punto importante para la correcta conservación del pan.

#### 3.3.6.7. Empacado.

Se colocan en envases para cuatro unidades, además permite conservación la calidad del producto.

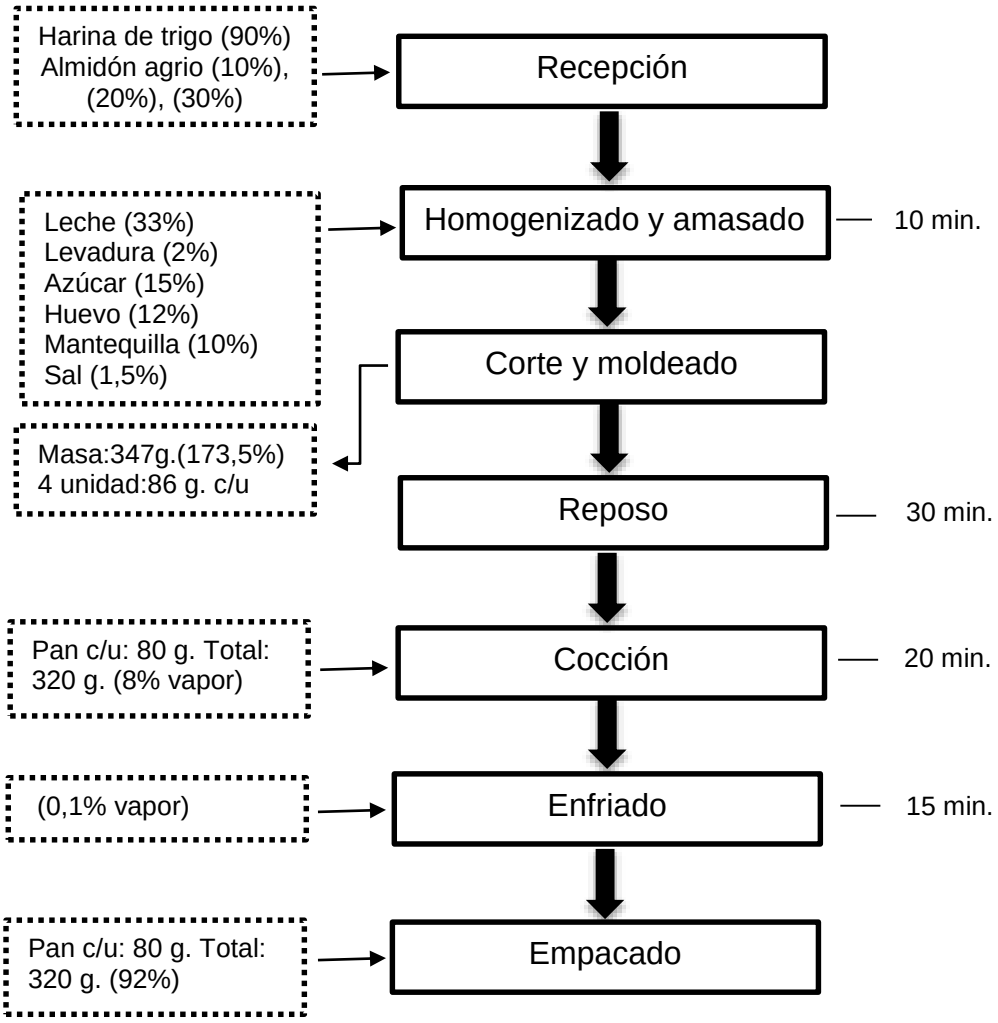



**Figura 5.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan con sustitución de almidón agrio.

### 3.3.7. Análisis sensorial de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

Este análisis se llevó a cabo en el laboratorio de suelos a las 11:00 a.m., el espacio previamente acondicionado. Se comenzó repartir en cada recipiente las muestras de pan separados en porcentajes de 10%, 20%, 30% para un número de 30 panelistas, que fueron escogidos al azar (estudiantes de la Universidad Nacional de Ucayali). Todos ellos contaron con un vaso de agua para que después de probar cada tratamiento se enjuagaran.

Los panes con sustitución de almidón agrio fueron elaborados con la muestra del día 3.

Al contar con los 30 panelistas presentes se explicó la forma para rellenar la ficha de evaluación que se detalla en el anexo. La aceptabilidad para cada muestra se marca con niveles de confianza que están enumerados del 1 al 5.

Con el software Infostat se obtuvo los resultados de las pruebas efectuadas.

## 3.4. Diseño estadístico de la investigación.

### 3.4.1. Evaluación paramétrica para el análisis.

En el estudio experimental de evaluación de las características fisicoquímicas del almidón agrio obtenido de la fermentación de diferentes días, se utilizará el Diseño completamente al azar DCA.

**Cuadro 6.** Formulación con los tiempos.

| **Descripción** | 1 Día | 3 Día | 5 Día | 7 Día | 9 Día | 11 Día |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Almidón de yuca (Kg) con humedad (18%) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Modelo matemático correspondiente a un DCA (Diseño completamente al azar) es lo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

**Dónde:**

$Y_{ij}$ : j – ésima observación en el estudio

$\mu$ Media general.

$\tau_i$ : Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.

$E_i$ : Efecto del error experimental.

### 3.4.2. Evaluación no paramétrica para el análisis.

Para el análisis de características sensoriales de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca son diferentes, se utilizará la prueba no paramétrica “Friedman”.

Para la realización de la prueba de Friedman, se sigue el siguiente modelo matemático:

$$S = \frac{12}{nk(k+1)}\left[\sum_{j=1}^{K} R_j^2\right] - 3n(k+1)$$

**Dónde:**

$S$ = Desviación estándar

$K$ = N° de tratamientos

$n$ = N° de panelistas

$R$ = suma de rangos del j-ésimo tratamiento

### 3.4.3. Tipo de investigación.

Investigación experimental cuantitativa.

### 3.4.4. Población y muestra.

La población de la raíz yuca para el presente trabajo de investigación proviene del centro poblado Santa Catalina-Campo Verde que es de 200 Kg.

## 3.5. Medición de las variables independiente y dependiente.

### 3.5.1. Variable independiente.

**Cuadro 7.** Variable en estudio.

| Determinar | Diferentes tiempos |
|---|---|
| T | 1 día |
| I | 3 día |
| E | 5 día |
| M | 7 día |
| P | 9 día |
| O | 11 día |

### 3.5.2. Variable dependiente.

Análisis fisicoquímicos según el método de la *AOAC (Association Official of Analytical Chemists)*, teniendo como indicadores lo siguiente:

- pH: AOAC 94.15 Ed 20,2016
- Acidez titulable: AOAC 942.15 Ed 20,2016
- Humedad: Método de secado AOAC (2016)
- Ceniza: Método AOAC (2005)
- Análisis sensorial de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

# IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

## 4.1. Resultados promedios de análisis fisicoquímicos.

**Cuadro 8.** Resultados promedio de los análisis fisicoquímicos.

| Nº Tiempos | pH | % Acidez | % Humedad | % Ceniza |
|---|---|---|---|---|
| 1 día | 4,0 | 4,7 | 13,6 | 0,00 |
| 3 día | 4,9 | 5,1 | 13,6 | 0,20 |
| 5 día | 4,1 | 5,0 | 12,3 | 0,13 |
| 7 día | 4,6 | 5,4 | 14,8 | 0,27 |
| 9 día | 2,3 | 4,7 | 13,4 | 0,07 |
| 11 día | 4,2 | 4,9 | 12,2 | 0,20 |

## 4.2. Determinación de pH en el almidón agrio.

**Cuadro 9.** Media del pH.

| Tiempo | R1 | R2 | R3 | Media |
|---|---|---|---|---|
| Día 1 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Día 3 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| Día 5 | 3,8 | 3,8 | 4,8 | 4,1 |
| Día 7 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| Día 9 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,3 |
| Día 11 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para la medición de pH.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 11,6059 | 5 | 2,32119 | 42,55 | 0,0000 |
| Error | 0,654667 | 12 | 0,0545556 | | |
| Total (Corr.) | 12,2606 | 17 | | | |

**Cuadro 11.** Pruebas de promedio de Tukey para pH.

| Tiempo (Días) | Muestras | Media | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|
| 9 | 3 | 2,33667 | a |
| 1 | 3 | 3,99 | b |
| 5 | 3 | 4,1 | b |
| 11 | 3 | 4,21667 | bc |
| 7 | 3 | 4,56333 | bc |
| 3 | 3 | 4,85333 | c |

El pH del almidón de yuca se presenta en la Figura 6. Los resultados de pH fueron de 4,0; 4,9; 4,1; 4,6; 2,3; 4,2; para las muestras del día 1 al 11 respectivamente. Realizando el análisis de varianza se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de las muestras estudiados. Realizado la prueba de promedios de Tukey (P≤0,05), se encontró que en los días 1, 5, 7 y 11 son similares estadísticamente; por lo tanto, podemos decir que, presentan diferencias significativas con valores de 2,3 en el día 9 y en los días 1, 5, y 11 con 4,0; 4,1; 4,2 de pH. Con respecto a su proporcionalidad tenemos el día 9 con menos pH y el día 3 con mayor pH, esto se debe que durante la fermentación que es la base de la producción de almidón agrio, lo cual hace un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, causando que su potencial de hidrógeno baje del valor del líquido sobrenadante, cuyo producto final es un compuesto orgánico. Teniendo en cuenta lo anterior, podemos recalcar que la fermentación tiene que ver mucho en lo que es el pH del almidón.

Asimismo Enríquez *et al*., (2012), explica que, durante el proceso para la obtención del almidón agrio de yuca, el pH indica el grado de acidez o basicidad de una solución, lo cual se mantiene ileso durante el desarrollo de la adquisición del almidón agrio de yuca a un 3,7 encontrándose dentro de los parámetros de 3,5 a 4,5 de pH.

Ruiz (2006), en sus estudios realizados sostiene que, la determinación de pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más utilizados en

proceso fisicoquímico, con un promedio de 4,0; teniendo en cuenta los parámetros de 3,5 a 4,5 de pH.

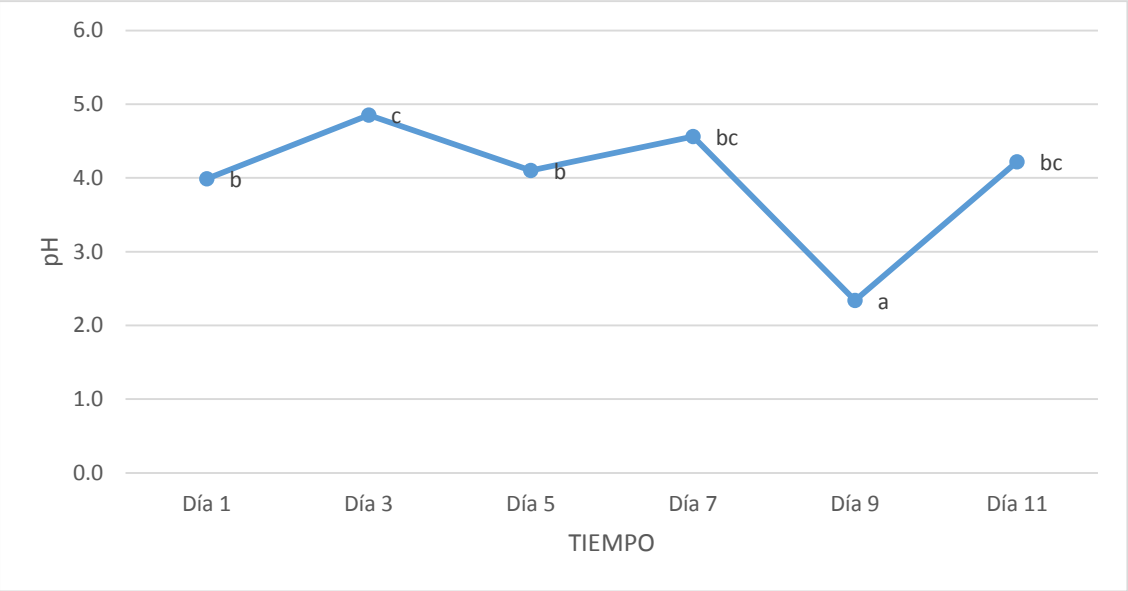



**Figura 6.** Representación gráfica de la medición de pH.

### 4.3. Determinación de acidez en el almidón agrio.

**Cuadro 12.** Media del porcentaje de Acidez.

| Tiempo | R1 | R2 | R3 | Media |
|---|---|---|---|---|
| Día 1 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 |
| Día 3 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 |
| Día 5 | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 5,0 |
| Día 7 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 |
| Día 9 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 |
| Día 11 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 |

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para el porcentaje de acidez.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 1,01778 | 5 | 0,203556 | 3,98 | 0,0232 |
| Error | 0,613333 | 12 | 0,0511111 | | |
| Total (Corr.) | 1,63111 | 17 | | | |

**Cuadro 14.** Pruebas de promedio de Tukey para acidez.

| Tiempo (Días) | Muestras | Media | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|
| 9 | 3 | 4,7 | a |
| 1 | 3 | 4,73333 | a |
| 11 | 3 | 4,9 | ab |
| 5 | 3 | 5,03333 | ab |
| 3 | 3 | 5,1 | ab |
| 7 | 3 | 5,4 | b |

El contenido de acidez titulable del almidón de yuca se presenta en la figura 7. Los resultados del porcentaje de acidez titulable fueron de 4,7%; 5,1%; 5,0%; 5,4%; 4,7% y 4,9%; para las muestras del día 1 al 11 respectivamente. Realizado el análisis de varianza, se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados. La prueba de promedio de Tukey (P≤0,05), se encontró que los días 3, 5 y 11 son iguales estadísticamente; por lo tanto, podemos decir que, presentan diferencias altamente significativas con valores de 4,7% en el día 1 y en el día 7 con 5,4% de acidez. Con respecto a su proporcionalidad, tenemos al día 1 con menor acidez, y el día 7 con mayor acidez, esto se debe a la fermentación, ya que es un proceso que degrada moléculas para transformarlas en otras moléculas más simples, asimismo los iones de hidrógeno tienen mucho que ver en este aspecto, ya que cuando el pH baja en forma irreparable, hace que su acidez aumente, afectando en ese punto la acidez del almidón.

De acuerdo a Castro (2003), los valores de la evaluación de acidez nos permite interpretar la existencia de diferencia significativa y que según ISI, la acidez titulable debe estar 0,02 y 0,05 meq. de ácido sulfúrico/g en caso de almidones. Es por ello que su acidez debe estar entre 4% mínimo y 6% máximo.

De la Rosa (2009), en productos polvos el grado de acidez indica el contenido en ácidos sueltos, el cual es usado como un parámetro de calidad en productos polvos, mediantes las evaluaciones del índice de acidez o el valor ácido vigente en ellos. Es por eso que el almidón debe tener calidad de acuerdo a las normas establecidas, con un mínimo de 4% y un máximo de 6% de acidez.

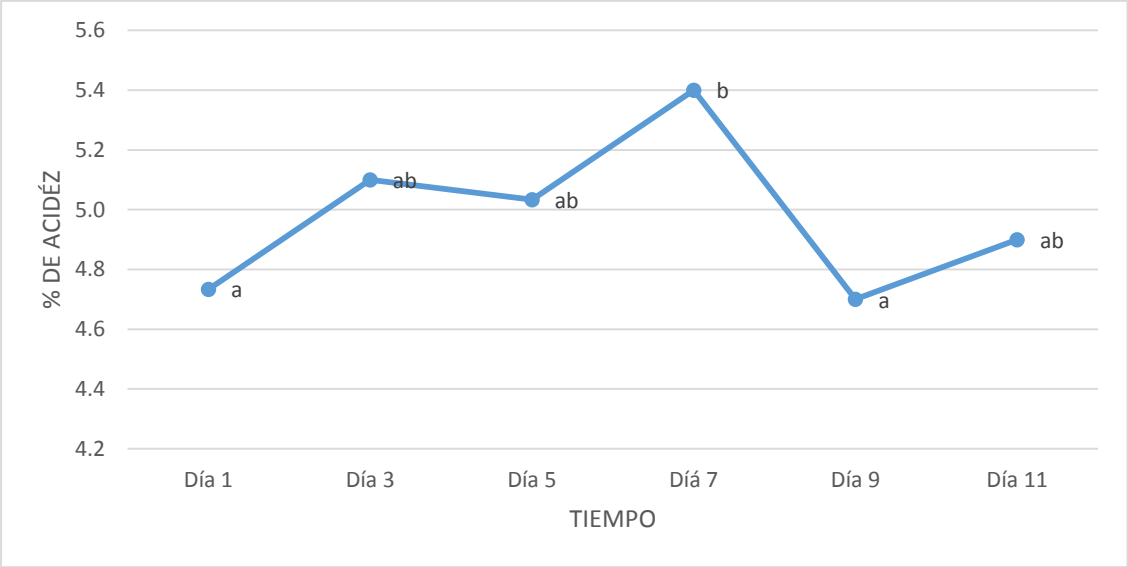



**Figura 7.** Representación gráfica del porcentaje de acidez.

### 4.4. Determinación de humedad del almidón agrio.

**Cuadro 15.** Media del porcentaje de Humedad.

| Tiempo | R1 | R2 | R3 | Media |
|---|---|---|---|---|
| Día 1 | 13,6 | 13,6 | 13,6 | 13,6 |
| Día 3 | 13,6 | 13,7 | 13,6 | 13,6 |
| Día 5 | 12,4 | 12,3 | 12,3 | 12,3 |
| Día 7 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 |
| Día 9 | 13,5 | 13,6 | 13,2 | 13,4 |
| Día 11 | 12,2 | 12,3 | 12,2 | 12,2 |

**Cuadro 16.** Análisis de varianza para el porcentaje de humedad.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 13,6566 | 5 | 2,73133 | 356,26 | 0,0000 |
| Error | 0,092 | 12 | 0,00766667 | | |
| Total (Corr.) | 13,7487 | 17 | | | |

**Cuadro 17.** Pruebas de promedio de Tukey para humedad.

| Tiempo (Días) | Muestras | Media | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|
| 11 | 3 | 12,2333 | a |
| 5 | 3 | 12,3333 | a |
| 9 | 3 | 13,4167 | b |
| 1 | 3 | 13,6067 | b |
| 3 | 3 | 13,6333 | b |
| 7 | 3 | 14,8067 | c |

El contenido de humedad del almidón de yuca se presenta en la Figura 8. Los resultados del porcentaje de humedad fueron de 13,6%; 13,6%; 12,3%; 14,8%; 13,4% y 12,2%; para los días 1 al 11 respectivamente. Realizando el análisis de variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tiempos estudiados. Realizado la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), se encontró que los días 1 y 3 son iguales estadísticamente; por lo tanto, podemos decir que, presentan diferencias altamente significativas en los días 11 y 7 con valores de 12,2% y 14,8% de humedad. Con respecto a su proporcionalidad tenemos al día 11 con menor humedad y al día 7 con mayor humedad, esto se debe a que el secado no tuvo un cierto tiempo determinado, como también a que es posible que haya absorbido la humedad del ambiente, ya que estuvo almacenada en el lugar, espacio y tiempo incorrecta, como también fuera del envasado por un tiempo no recomendable.

Según Matos y Pérez (2007), los almidones nativos de las diferentes especies de vegetales tienen como característica fundamental que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales estarán influenciadas por sus estructuras granular y molecular. Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua (humedad), sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles.

Hernández (2005), se entiende por humedad a la pérdida de peso que tiene un alimento al sujetarlo a condiciones de temperatura y tiempo. Lo cual pasó

con el producto terminado a base de almidón agrio de yuca, sujetándose a los parámetros establecidos con un porcentaje mínimo de 12% y un máximo de 16% de humedad.

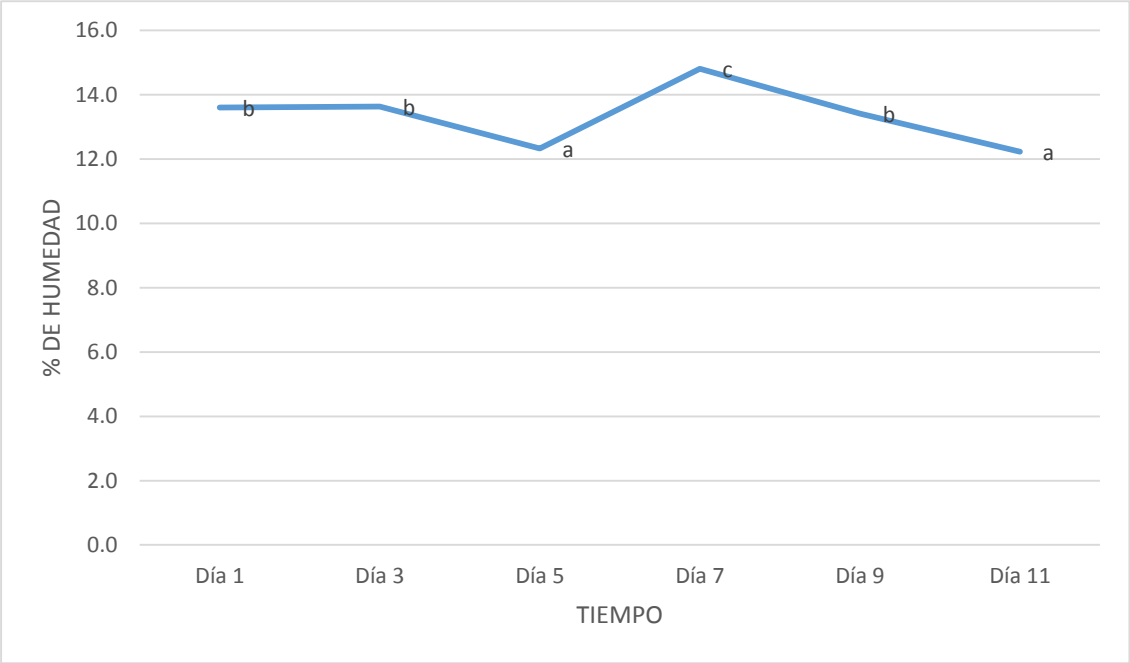



**Figura 8.** Representación gráfica del porcentaje de humedad.

### 4.5. Determinación de cenizas en el almidón agrio.

**Cuadro 18.** Media del porcentaje de ceniza.

| Tiempo | R1 | R2 | R3 | Media |
|---|---|---|---|---|
| Día 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Día 3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Día 5 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,1 |
| Día 7 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| Día 9 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Día 11 | 0,4 | 0,0 | 0,2 | 0,2 |

**Cuadro 19.** Análisis de varianza para el porcentaje de ceniza.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 0,144444 | 5 | 0,0288889 | 1,44 | 0,2779 |
| Error | 0,24 | 12 | 0,02 | | |
| Total (Corr.) | 0,384444 | 17 | | | |

**Cuadro 20.** Pruebas de promedio de Tukey para ceniza.

| Tiempo (Días) | Muestras | Media | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 0 | a |
| 9 | 3 | 0,0666667 | b |
| 5 | 3 | 0,133333 | b |
| 11 | 3 | 0,2 | b |
| 3 | 3 | 0,2 | b |
| 7 | 3 | 0,266667 | b |

La ceniza del almidón con seis muestras se presenta en la Figura 9. Los resultados de cenizas fueron de 0,00%; 0,20%; 0,13%; 0,27%; 0,07%; 0,20%; para los días 1 al 11 respectivamente. Realizando el análisis de varianza se encontró que no existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor 0,05; no existe una diferencia significativa entre la media de cenizas. Con respecto a su proporcionalidad, tenemos al día 9 con menor ceniza y al día 7 con mayor ceniza, después de todo no hay mucha diferencia, esto se debe a la manipulación de la temperatura para todos las muestras, por otra parte a la variación de las cantidades puestas en la estufa del mismo almidón.

Gonzales (2008), el análisis de cenizas en los alimentos, es un parámetro de importancia desde el punto de vista económico, de la calidad, cualidades organolépticas y nutricionales. Debido a ello su medición está incluida dentro del Análisis Químico Proximal de los alimentos, en el cual se mide principalmente el contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas.

Rodríguez (2009), los porcentajes de cenizas en harina y almidón de yuca fue de 0,16% y 0,09% valores cercanos encontrados respectivamente. La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas o sustancias orgánicas transformadas por la temperatura u otras alternativas, teniendo en cuenta los parámetros de calidad establecidos, con un mínimo de 0,5% y un máximo de 0,30%.

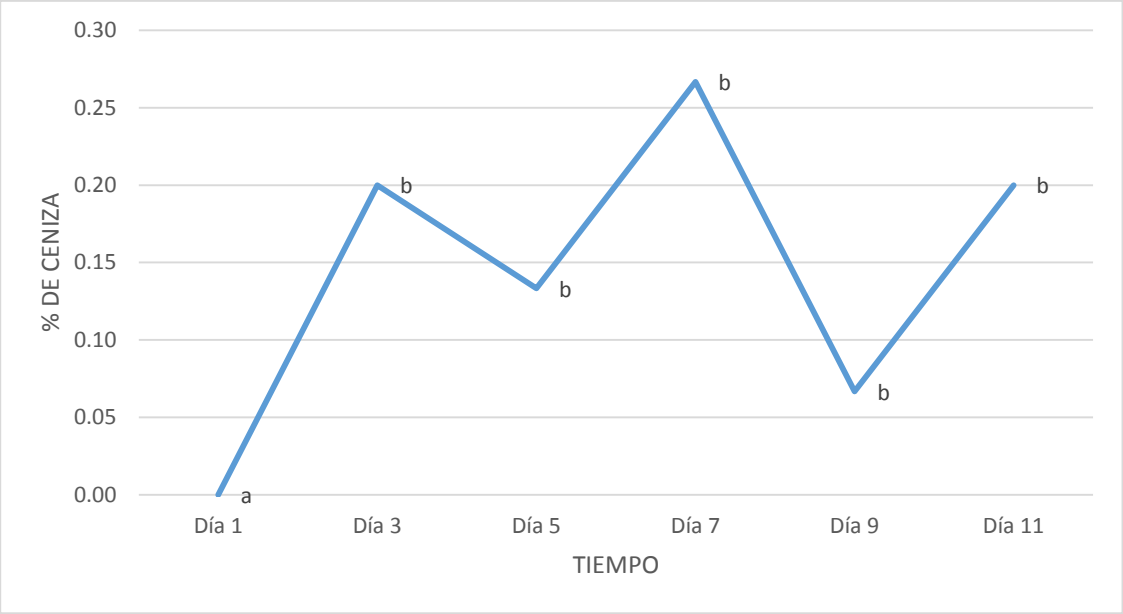



**Figura 9.** Representación gráfica del porcentaje de ceniza.

## 4.6. Evaluación de la prueba sensorial de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

### 4.6.1. Evaluación del color de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

**Cuadro 21.** Prueba de Friedman color.

| Muestra (día 3) | Suma (Ranks) | Media (Ranks) | n | Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 10% | 55,00 | 1,30 | 30 | A |
| 20% | 55,50 | 2,48 | 30 | B |
| 30% | 69,50 | 2,22 | 30 | B |

El puntaje que originó los jueces con respecto al color del pan con tres porcentajes de almidón agrio de yuca de la muestra del día 3 se presenta en el cuadro 21. Realizando la prueba de Friedman (P≤0,05), se encontró que los porcentajes de 20% y 30% son iguales estadísticamente y el porcentaje de 10% presenta diferencias altamente significativas con los demás porcentajes en el color. Tenemos con 20% de almidón agrio de yuca que presenta el mayor puntaje con 2,48 y con 10% de almidón agrio de yuca que presenta el menor puntaje con 1,30. Con respecto a su proporcionalidad, el color del pan es de

acuerdo al tiempo y la temperatura en la que estuvo sometido, ya que mientras esté más tiempo en temperaturas altas, el pan hace que cambie de color a un tono dorado. En efecto el color del almidón no tiene nada que ver, ya que durante la preparación del producto, otros insumos hacen que cambie la tonalidad.

De acuerdo a Rubio (2004), el color es la calidad de los fenómenos visuales que depende de la impresión distinta que producen en el ojo, las luces de distinta longitud de onda, la ausencia total de luz (negro), o la suma de todos los colores (blanco).

Según Norma Técnica Peruana 209.041.1974 (2010), nos dice que la solidificación o fondo del color indica un pan que debe tener mayor puntaje, aunque el carácter de su color no sea grato.

**Cuadro 22.** Resultados de evaluación sensorial del color.

| 10% | 20% | 30% | P |
|---|---|---|---|
| 1,30 | 2,48 | 2,22 | <0,0001 |

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 9,632

### 4.6.2. Evaluación del olor de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

**Cuadro 23.** Prueba de Friedman olor.

| Muestra (día 3) | Suma (Ranks) | Media (Ranks) | n | Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 10% | 39,50 | 1,32 | 30 | A |
| 20% | 74,50 | 2,47 | 30 | B |
| 30% | 66,50 | 2,22 | 30 | B |

El puntaje que originó los jueces con respecto al olor del pan con tres formulaciones de almidón agrio de yuca de la muestra del día 3 se presenta en el cuadro 23. Realizando la prueba de Friedman (P≤0,05), se encontró que los porcentajes de 20% y 30% son iguales estadísticamente y el porcentaje 10% presenta diferencias altamente significativas con los demás porcentajes en el olor. Tenemos con 20% de almidón agrio de yuca que presenta el mayor puntaje

con 2,47 y al de 10% de almidón agrio de yuca que presenta el menor puntaje con 1,32.

Según Murillo (2005), el olor son unos componentes volátiles tienen una incidencia determinante en su olor final, tiene un compuesto con mayor impacto en la corteza del pan, es agradable y suave, exento de rancidez o de cualquier otro olor anormal.

Según Norma Técnica Peruana 209.041.1974 (2010), cuanto más potente es el aroma más elevado será el puntaje. Cuanto más permanente es el aroma sin renovar mucho su carácter o reducir su intensidad, más alto será el puntaje, aunque el carácter del olor no sea grato.

**Cuadro 24.** Resultados de evaluación sensorial del olor.

| 10% | 20% | 30% | P |
|---|---|---|---|
| 1,32 | 2,47 | 2,22 | <0,0001 |

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 9,984

### 4.6.3. Evaluación de la textura de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

**Cuadro 25.** Prueba de Friedman textura.

| Muestra (día 3) | Suma (Ranks) | Media (Ranks) | n | Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 10% | 41,00 | 1,37 | 30 | A |
| 20% | 65,50 | 2,18 | 30 | B |
| 30% | 73,50 | 2,45 | 30 | B |

El puntaje que originó los jueces con respecto a la textura del pan con tres formulaciones de almidón agrio de yuca se presenta en el cuadro 25. Realizando la prueba de Friedman (P≤0,05), se encontró que los porcentajes de 20% y 30% son iguales estadísticamente y el porcentaje de 10% presentan diferencias altamente significativas en la textura. Tenemos a la muestra del día 3 con 30% de almidón agrio de yuca que presenta el mayor puntaje con 2,45 y el que tiene 10% de almidón agrio de yuca presenta el menor puntaje con 1,37.

Con respecto a su proporcionalidad, mientras la masa del pan sea mejor mezclado, como también el tiempo y la temperatura que depende de la textura que queramos, mayor será su aceptabilidad.

De acuerdo a Fonseca y Saborío (2001), la textura en los panes son factores determinantes de la calidad sensorial del pan, evaluando la textura con el tacto, no excesivamente dura, debiendo quebrarse y crujir ligeramente al hacer presión sobre la piel.

**Cuadro 26.** Resultados de evaluación sensorial de la textura.

| 10% | 20% | 30% | P |
|---|---|---|---|
| 1,37 | 2,18 | 2,45 | <0,0001 |

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 9,524

### 4.6.4. Evaluación del sabor de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

**Cuadro 27.** Prueba de Friedman sabor.

| Muestra (día 3) | Suma (Ranks) | Media (Ranks) | n | Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 10% | 42,00 | 1,40 | 30 | A |
| 20% | 74,00 | 2,47 | 30 | B |
| 30% | 73,00 | 2,13 | 30 | B |

El puntaje que originó los jueces con respecto al sabor del pan con tres formulaciones de almidón agrio de yuca de la muestra del día 3 se presenta en el cuadro 27. Realizando la prueba de Friedman (P≤0,05), se encontró que los porcentajes de 20% y 30% son iguales estadísticamente y el porcentaje 10% presenta diferencias altamente significativas con los demás porcentajes en el sabor. Tenemos a la muestra del día 3 con 10% de almidón agrio de yuca que presenta el menor puntaje con 1,40 y al 20% de almidón agrio de yuca que presenta el mayor puntaje con 2,47. Con respecto a su proporcionalidad, mientras disminuye los porcentajes del almidón agrio de yuca, menor será su

aceptabilidad, asimismo durante la preparación del producto (pan) podemos observar que los otros insumos dan otro gusto al producto.

Asimismo Marcon *et al*., (2006). El flavor es la percepción simultánea del sabor, el aroma y la respuesta del nervio trígerminal. Evaluación de factores sensoriales químicos, el flavor del pan no puede ser explicado únicamente por sus compuestos volátiles. Perfiles descriptivos comunes dulce, ácido, salado, amargo, mantecoso, entre otros.

**Cuadro 28.** Resultados de evaluación sensorial del sabor.

| 10% | 20% | 30% | P |
|---|---|---|---|
| 1,40 | 2,47 | 2,13 | <0,0001 |

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 11,360

En resumen, de acuerdos a los resultados obtenidos que muestra la figura 9, se logró determinar las diferencias encontradas, en las que se puede apreciar que el pan preparado con almidón agrio de yuca, el de 20% fue la que tuvo diferencias significativas con los otros dos porcentajes en los atributos de sabor, aroma y textura.

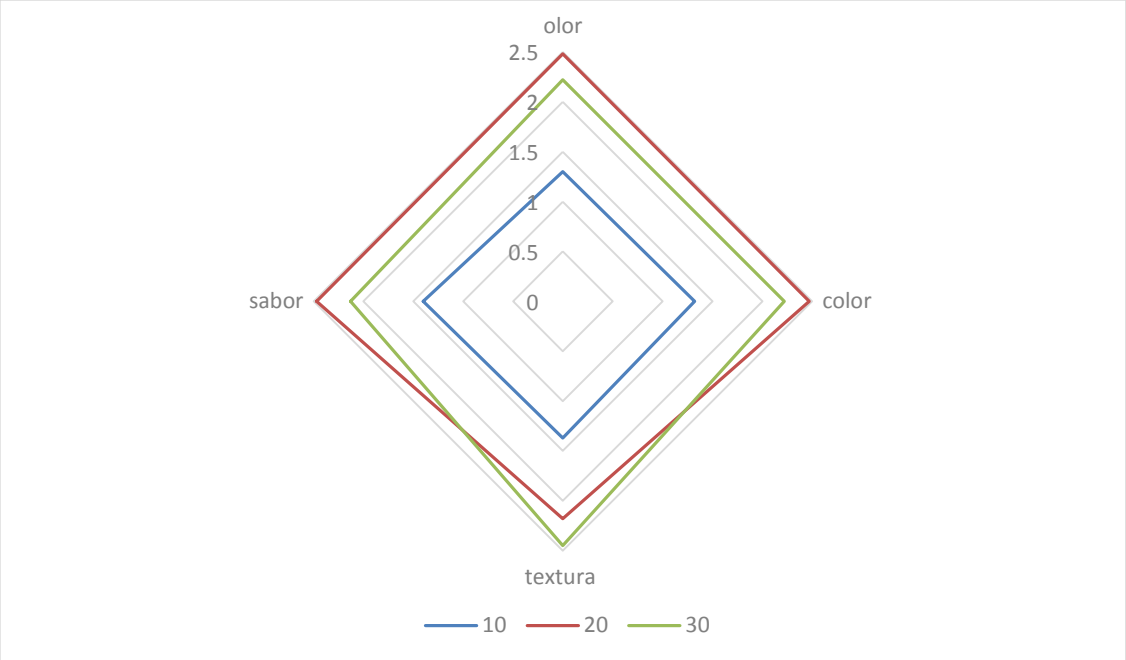



**Figura 10.** Representación gráfica de los valores medios de los atributos de los panes con sustitución de almidón agrio de yuca.

## V. CONCLUSIONES.

De acuerdo con la investigación sobre ‘‘Determinación del tiempo óptimo de fermentación para la obtención de almidón agrio a partir de yuca (*Manihot esculenta, crantz*) variedad señorita en la región Ucayali’’, se concluye que:

**1.** Se determinó que la fermentación hasta el tercer día es el tiempo óptimo para obtener un almidón agrio con características sensoriales y fisicoquímicas adecuadas. Mediante Diseño completo al Azar se determinó que la muestra de día 3 cumplió con los rangos aceptables y para demostrar las diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey. El pH 4; acidez 4,7%; humedad 13,6% y cenizas 0,01%; lo que indica que se logró obtener en un corto tiempo a comparación de obtener en 30 a 60 días con las mismas características según (Cereda y Lima, 2009); se llevó a cabo este proyecto con el fin de dar un valor agregado a la raíz ya que se expenden como materia fresca. Para las pruebas sensoriales se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman el cual determinó las características de la mejor muestra (día 3) de pan con sustitución, se aplicó el almidón en la elaboración de panes con el fin de demostrar que es útil para mejorar diversos productos.

**2.** El rendimiento obtenido del almidón fue de 36 kg que representa 18%, el cual está dentro de los parámetros aceptables para la producción.

**3.** Para las pruebas de panificación se utilizó la muestra del 3 día de fermentación los panes sustituidos al 20% y 30% tienen mejor aceptabilidad que el de 10%, al tener más porcentaje el producto elaborado confiere un aroma y sabor, más agradable.

## VI. RECOMENDACIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación sobre el almidón agrio de yuca, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar materia prima recién cosechada para obtener mejor rendimiento de almidón, no almacenar más de 4 días la yuca podría deteriorarse.
2. Al descascarillar la yuca colocar en recipiente con agua para prevenir la oxidación de estas.
3. En la fermentación del almidón el recomendable utilizar contenedores con tapas sellables o bolsas de polietileno con cierre hermético para facilitar la extracción de pequeñas muestras en el análisis.
4. Si no cuenta con una máquina trituradora de máxima capacidad podría hacer uso de una procesadora de alimentos de menor capacidad como una licuadora.
5. Al sustituir el almidón agrio de yuca en panes no debe superar el 50% de su uso porque es un compuesto ligante y puede compactar la masa. También se puede utilizar en la industria textil, papeles, adhesivos y alimentos.

## VII. LITERATURA CITADA.


Alarcón, D.; Dufour, O. 2002. Características deseables en los panes. 20 p.

Alcazar, I. 2002. La formación de la masa, la fermentación y los métodos de proceso en la elaboración del pan. 4-8 p.

Alnicolsa, P. 2009. El almidón de yuca nativo en Colombia; alimentos of almidón. 16-31 p.

Angeloni, M.; Netto, G.; Nunes, K.; Santos, K.; Alano, M.; Días, R.; Amante, E. 2007. Effect of the improved fermentation on physicochemical properties and sensorial acceptability of tour cassava starch. Brazilian Archives of Biology and technology.50 (6):1073-1081 p.

AOAC. 2005. Official Method ash in sour cassava starch Method. 50 p.

AOAC. 2016. Official methods 942.15 of Método de secado, ceniza of Products. 8-10 p.

AOAC. 2016. Official methods of Análysis of the Association of official Analytical Chemists – pH, acidez titulable. Washington D.C.: 20 edition.100-1005 p.

Ascheri, 2013. Fases de la fermentación almidón agrio cassava. 55 – 56 p.

Bello, P.; De León Y. 2005. Análisis sensorial en la elaboración de pan con almidón agrio de yuca: 50(10), 409-413 p.

Betancur, A. 2001. Composición química de almidón nativo en 10 gramos. 55 p.

Cali, S; 2013. Almidones el rendidor. Temas de interés, usos del almidón. 31-35 p.

Carrión, M. 2016. Características de ser una planta Cassava. 22 – 36 p.

Castro, C. 2003. Algunos aspectos sobre a fermentación del almidón de yuca analizando su acidez. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas. 150-153 p.

Ceballos, H.; Cruz, G.; Ospina, B. 2002. La yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .Col. Vol. 327; 17- 34 p.

Cereda, M.; Lima, P. 2009. Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. Botucatu: Facultade de Ciências Médicas e Biológicas. Tese de Mestrado, 91 p.

Cortez, B. 2007**.** Flujograma para la obtención del almidón nativo y agrio de yuca. 28 p.

Coultate, P. 2007. Estructura y propidades de las proteínas. 7 p.

Cubero, L. 2006. Principales insumos en el pan. 5 p.

De la Rosa. J. 2009. "Análisis fisicoquímico, estructural y molecular de almidones de diferentes variedades de yuca". Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias en desarrollo de productos bióticos. México. 86 p.

Dofour et al; 2006. Ácido láctico y fermentación. 66 p.

Enríquez, M.; Velasco, R.; Ortiz, V. 2012. Composición y procesamiento basados en almidón y su pH. Revista de biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 10 (1). 182-192 p.

Escobar, L. 2009. Composición química promedio de la yuca dulce. 44 p.

FAO, 2006. Mandioca ácido Characteristics. 14-20 p.

Fonseca, M.; Saborío, D. 2001. El sabor agrio del almidón de yuca para elaborar pan. Panamá. 50p.

Gonzales y Arévalo, 2010. Características de la fermentación. 21 - 22 p.

Gonzales, D. 2008. Propiedades físico-químicas y funcionales de las cenizas en los alimentos, November 11-14/2008, Guayaquil, Ecuador. 33 p.

Google Maps. 2012. Ubicación geográfica-universidad nacional de Ucayali, Perú. 3 p.

Google Maps. 2007. Ubicación Santa Catalina Campo Verde Perú. 5 p.

Hernández, H. 2005. Propiedades térmicas y estructurales del almidón agrio de yuca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 12-43 p.

IIAP 2008. Boletín. técnoco.2008 N°02TAPIOCA.pdf. 5 – 7 p.

Malcon, I. 2007. Composición fisicoquímica promedio del almidón agrio; insumo potencial en productos libres de gluten. 30 p.

Marcon, M.; Vieira, M.; Santos, K.; De simas, K.; Diaz, R.; Amante, E. 2006. El sabor del pan de yuca agrio en la ciudad de Guayaquil. 29: 362-372 p.

Martini, H. 2001. Funciones de la levadura. 15 p.

Matos, M.; Pérez, E. 2007. Preparación y caracterización fisicoquímica de almidones de yuca modificados químicamente por fosfatación, acetilación y humectación. In: Memorias de la conferencia internacional almidón propiedades fisicoquímicas, funcionales, nutricionales y usos. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. 72-75 p.

MINAGRI, 2013. Variedad señorita registro sanitario E8400412N. 8 -10 p.

Murillo, O. 2005. Obtención del olor del almidón en elaboración de pan. Costa Rica. 10p.

Neira, 2012. La fermentación, concepto. 5 – 6 p.

NTP Normativa técnica peruana 2007. Producción de pan. 13 p.

Norma Técnica Peruana 209.041.1974, Revisada el 2010. 23 de enero de 2011. Té. Métodos de ensayos organolépticos. Lima, Perú. 23 de enero del 2011, Perú. 44 p.

Ospina, B., Ceballos, H. 2002. La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, CO, CIAT. 586 p.

Peroni, O.; Huang, A. 2006. El almidón es el principal carbohidrato de almacenamiento energético. 21-24 p.

Raffino, 2017. Tipos de fermentación. 99 – 100 p.

Rodríguez, P. 2009. Cenizas del almidón y parámetros establecidos con normas de calidad. Superficies y Vacío 13: 61 – 65 p.

Rubio, C. 2004. Explicando la teoría física del color. 185-188 p.

Ruiz, G. 2006. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca especificando el valor de su pH. Ingeniería y Ciencia, 2 (4). 5-28 p.

Scielo, 2011. Registro Oficial de Variedades y autorizados para plantar. 3 – 4 p.

Silva, E. 2017. Ficha de elaboración de almidón nativo y agrio. 26-39 p.

Toshio, O.; Tomoyuki, Y.; Shouji, H.; TakaakI, M. 2000. Prueba sensorial en la elaboración de pan con almidón agrio de yuca: 52(5), 150-153 p.

Vandeputte, G.; Delcour, J. 2004.Analisis fisicoquímicos en el almindón agrio de yuca. Ciudad de Quito: 58(3), 245–266 p.

Wang, Y.; Truong, V.; Wang. L. 2003. Almidón agrio de yuca en sus análisis químicos y fisicos.: 52(3), 327-333 p.

# VIII. ANEXO.



**Figura 11.** Materia prima.



**Figura 12.** Recepción y selección.



**Figura 13.** Lavado y pelado.



**Figura 14.** Rallado.



**Figura 15.** Filtrado.



**Figura 16.** Sedimentado.



**Figura 17.** Decantado.



**Figura 18.** Fermentado.




**Figura 19.** Fermentación días 1 y 3.




**Figura 20.** Fermentación días 5 y 7.




**Figura 21.** Fermentación días 9 y 11.



**Figura 22.** Envasado.



**Figura 23.** Análisis de pH.



**Figura 24.** Análisis de acidez



**Figura 25.** Análisis de humedad.



**Figura 26.** Análisis de ceniza.




**Figura 27.** Insumos.



**Figura 28.** Pesado de insumos.



**Figura 29.** Mezcla.



**Figura 30.** Amasado.



**Figura 31.** Reposo



**Figura 32.** Cocción.



**Figura 33.** Enfriado.




**Figura 34.** Empacado.

**FICHA DE EVALUACIÒN SENSORIAL**

**PRODUCTO: Pan enriquecido con almidón agrio de yuca**

**HORA :**

**LUGAR :**

**FECHA :**

| Valor | Muestra grado de aceptabilidad |
|---|---|
| 1 | No me gusta |
| 2 | Me es indiferente |
| 3 | Me gusta poco |
| 4 | Me gusta |
| 5 | Me gusta mucho |

**Marcar en el cuadro los valores que corresponda al grado de aceptabilidad. Por cada muestra beber agua para la degustación.**

| 10 % | | | | 20 % | | | | 30 % | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Color | Olor | Textura | Sabor | Color | Olor | Textura | Sabor | Color | Olor | Textura | Sabor |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

**Figura 35.** Ficha de evaluación sensorial.

**Cuadro 29.** Fichas técnica de almidón agrio de yuca.

| **Parámetro** | **Rango de calidad** |
|---|---|
| Color | Blanco |
| Olor y sabor | Característico |
| Almidón % | 84 – 88 bs |
| Humedad % | 12 – 14 |
| pH | 3,5 – 4,5 |
| Temperatura media de gelatinización °C | 62 – 63 |
| Amilosa % | 21,5 |
| Viscosidad max (UB) | 482 |

**Fuente: Mosquera, 2012.**