

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS



T E S I S

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL
ALMIDÓN NATIVO DE VITUCA (*Colocasia esculenta*)**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:

DORIS YANETH DELGADO RAFAEL

Asesor:

Ing. Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: DORIS YANETH DELGADO RAFAEL
DNI: 71825519
Escuela Profesional/Unidad UNC: INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor: Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES
Facultad/Unidad UNC: CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE VITUCA (*Colocasia esculenta*)".
6. Fecha de evaluación: 05/12/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
9. Código Documento: oid::3117:413064153
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/12/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES DNI: 10492305

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintisiete días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 158-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de marzo del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE VITUCA (*Colocasia esculenta*)"**, realizada por la Bachiller **DORIS YANETH DELGADO RAFAEL** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y cero minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciocho (18); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las once horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacondori
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwijn Sangay Terrones
ASESOR

DEDICATORIA

A mamá en la eternidad, el ser más puro y noble que me dio todo su amor en esta vida: Celia Rafael Vásquez.

A papá Miguel Delgado por siempre guiarme en el camino de la educación, a mis hermanos Delgado Rafael que son el ejemplo para seguir.

Y finalmente a todas las personas que me brindaron todo el apoyo de alguna u otra manera en este proceso.

Doris Yaneth Delgado Rafael

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme vida y salud a lo largo de los años y a mamá por ser la estrella en el cielo que guía mis pasos.

A mi papá y hermanos quienes me enseñaron que todo es posible conseguir con esfuerzo y sacrificio para lograr nuevas metas en la vida, todos ustedes tienen mi respeto y admiración.

A mi asesor, ingeniero Max Edwin Sangay Terrones por los consejos y asesoramiento en el transcurso de la investigación y toda la carrera profesional.

Infinitamente agradecida con todas las personas de mi entorno familiar y amical por el aliento a la continuidad profesional.

Doris Yaneth Delgado Rafael

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. <i>Vituca (Colocasia esculenta)</i>	8
2.2.2. <i>Clasificación taxonómica</i>	10
2.2.3. <i>Variedades de vituca</i>	10
1.1.3. <i>Condiciones ambientales para su desarrollo</i>	11
<i>Etapas de madurez</i>	11

2.2.5. <i>Composición química de la vituca</i>	13
2.2.6. <i>Producción y distribución de la vituca</i>	14
2.2.7. <i>Almidón</i>	15
2.2.8. <i>Tipos de Almidón</i>	15
2.2.9. <i>Estructura y composición de los almidones</i>	18
2.2.10. <i>Usos del almidón</i>	21
2.2.11. <i>Almidón de vituca</i>	23
2.2.12. <i>Propiedades funcionales del almidón</i>	24
2.2.13. <i>Capacidad de Retención de agua</i>	25
2.2.14. <i>Gelatinización</i>	25
2.2.15. <i>Retrogradación o estabilidad a la refrigeración</i>	26
2.2.16. <i>Claridad de pasta</i>	26
CAPÍTULO III.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. <i>Ubicación</i>	28
3.2. <i>Materia prima</i>	28
3.3. <i>Equipos y Materiales</i>	28
3.3.1. <i>Equipos</i>	28
3.3.2. <i>Materiales</i>	29
3.5. <i>Metodologías</i>	30
3.6. <i>Descripción de operaciones</i>	32

3.7.	Rendimiento (%) de extracción de almidón.....	40
3.8.	Variable de estudio de la investigación	41
3.9.	Análisis de las características funcionales del almidón de vituca	41
3.10.	Métodos de análisis estadístico	44
CAPÍTULO IV		45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
4.1.	Características funcionales del almidón nativo de vituca	45
4.1.1.	<i>Capacidad de retención de agua</i>	45
4.1.2.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	48
4.1.3.	<i>Retrogradación (estabilidad a la refrigeración)</i>	51
4.1.4.	<i>Claridad de pasta</i>	53
CAPÍTULO V.....		57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
5.1.	CONCLUSIONES.....	57
5.2.	RECOMENDACIONES.....	57
CAPITULO VI		58
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		58

ÍNDICE DE TABLAS

N.º	Título	Página
1	<i>Taxonomía de la vituca</i>	10
2	<i>Composición química de los cormos de vituca por cada 100g</i>	13
3	<i>Componentes del almidón de vituca y otros tubérculos</i>	21
4	<i>Usos del almidón en la industria alimentaria</i>	22
5	<i>Composición proximal del almidón de vituca</i>	23
6	<i>Capacidad de retención de agua del almidón de vituca</i>	45
7	<i>Temperatura de gelatinización del almidón de vituca</i>	48
8	<i>Retrogradación (estabilidad a la refrigeración del almidón de vituca)</i>	51
9	<i>Claridad de pasta del almidón nativo de vituca</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

N.º	Título	Página
1	<i>Planta y cormo de vituca (Colocasia esculenta)</i>	9
2	<i>Esquema de fenología del cultivo de vituca</i>	12
3	<i>Estructura química de la amilosa</i>	19
4	<i>Estructura química de la amilopectina</i>	20
5	<i>Flujograma de obtención de almidón nativo de vituca</i>	31
6	<i>Obtención de cormos de vituca</i>	32
7	<i>Vitucas lavadas</i>	33
8	<i>Cortado de vitucas</i>	34
9	<i>Filtrado o separación de la torta (masa) y lechada</i>	36
10	<i>Filtrado por una tela fina</i>	37
11	<i>Sedimentación -Decantación</i>	38

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene como objetivo determinar las características funcionales del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) proveniente del Distrito Chalamarca, Provincia Chota, Región Cajamarca. Los cormos de vituca fueron recolectados y trasladados para la obtención del almidón: limpieza, lavado, pelado, cortado, molienda, filtrado, sedimentación, decantación, lavado, secado, molienda del almidón. Las características capacidad de retención de agua y temperatura de gelatinización se evaluaron por triplicado cada semana por 1 mes obteniendo así 12 ensayos para cada característica, la retrogradación y claridad de pasta se evaluaron por 5 y 3 días consecutivos respectivamente examinados cada 24 horas a 4°C, los cuales fueron analizados mediante estadísticos descriptivos (media, desviación estándar) para cada característica funcional obteniendo valores de 2.47g gel/g muestra ± 0.11 de capacidad de retención de agua, 60.32°C ± 0.77 de temperatura de gelatinización, 1.46% ± 0.12 de retrogradación (sinéresis) evaluado el quinto día, y 67.03% de transmitancia (%T) disminuyendo en 54% de claridad a las 72h de almacenamiento a 4°C. Concluyendo que el almidón nativo de vituca sí presenta buenas características para ser empleado en procesos alimentarios como derivados cárnicos; caramelos tipo chiclosos, natillas; estabilizante, espesante; y en gelatinas, mermeladas y confitería porque el gel obtenido fue claro y transparente.

Palabras clave: almidón nativo, gelatinización, retención, retrogradación, claridad.

ABSTRACT

The present research was carried out in the Food Analysis Laboratory of the Professional School of Engineering in Food Industries of the National University of Cajamarca, its objective is to determine the functional characteristics of the native starch of vituca (*Colocasia esculenta*) from the Chalamarca District, Province Chota, Cajamarca Region. The vituca corms were collected and transferred to obtain starch: cleaning, washing, peeling, cutting, grinding, filtering, sedimentation, decanting, washing, drying, grinding the starch. The characteristics water retention capacity and gelatinization temperature were evaluated in triplicate every week for 1 month, thus obtaining 12 tests for each characteristic, retrogradation and paste clarity were evaluated for 5 and 3 consecutive days respectively, examined every 24 hours at 4°C, which were analyzed using descriptive statistics (mean, standard deviation) for each functional characteristic, obtaining values of 2.47g gel/g sample ± 0.11 of water retention capacity, 60.32°C ± 0.77 gelatinization temperature, 1.46% ± 0.12 retrogradation (syneresis) evaluated on the fifth day, and 67.03% transmittance (%T) decreasing by 54% clarity after 72 hours of storage at 4°C. Concluding that native vituca starch does present good characteristics to be used in food processes as meat derivatives; taffy type candies, custard; stabilizer, thickener; and in jellies, jams and confectionery because the gel obtained was clear and transparent.

Keywords: native starch, gelatinization, retention, retrogradation, clarity.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En nuestro país el crecimiento de la vituca es silvestre, solo una minoría de agricultores de la Selva Central propaga su crecimiento para autoconsumo, pudiendo ser utilizado también como un sucedáneo en productos en la industria alimentaria por la cual su cultivo sería una gran alternativa (Pajar M. 2008).

La vituca (*Colocasia esculenta*) como recurso, es una especie nativa cuyos beneficios no están siendo aprovechadas y exploradas para contribuir a la seguridad alimentaria, tal es el caso que debido a sus propiedades nutricionales aportan (por 100 g de pituca fresca: proteínas 1.60 g, lípidos 0.50 g, fibra 0.80 g, calcio 50 mg, hierro 1.20 mg y vitamina C 4.40 mg), la vituca puede ser utilizada además para reemplazar materias primas convencionales como al maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), ñame (*Dioscorea alata*), yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum*), otros, en la industria alimentaria para la elaboración de diversos productos (Cisneros et al., 2023).

La vituca es un tubérculo considerado como una fuente rica en minerales y carbohidratos que aportan beneficios para la salud. Es bueno destacar a la vituca como un alimento excelente para deportistas o personas que realizan algún trabajo físico, pues aporta mucha energía, pero lo más importante, resulta ser vital como alimento de los niños, especialmente de los bebés durante su etapa de formación de huesos y dientes (Huamaní, 2018)

El almidón, por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria es el carbohidrato más importante en el comercio. La utilización de almidones de

fuentes tradicionales como la yuca, maíz, papa, están limitadas por sus propiedades tecno-funcionales, termo-físicas y químicas las cuales están relacionadas a la distribución de amilosa y amilopectina del gránulo de almidón, para cambiar algunas de sus propiedades se recurren a modificaciones del almidón nativo, generando mayor costo y retraso en la producción del producto. Con la tendencia a obtener polímeros biodegradables y recubridores comestibles, existe interés en almidones con alta estabilidad, resistencia a los cambios de temperatura e interacciones con el agua (Torres et al., 2013).

El almidón es una excelente materia prima en la industria alimentaria, porque brinda textura y consistencia en muchos procesos de los alimentos en general; además de ser muy utilizado también en productos no alimenticios como en la industria farmacéutica, cosmético, cartón, papel entre otros los almidones nativos regulan y estabilizan la textura, poseen propiedades espesantes y gelificantes (Rincón, 2004).

Los gránulos de almidón de vituca son muy pequeños, con un diámetro de 1 a 4 mm, por lo tanto, cuando se utiliza como alimento, el almidón de vituca es muy fácilmente digerible. Gracias a su alto contenido en almidón, la vituca o papa china también tiene un mayor contenido de proteínas y aminoácidos que otras raíces y tubérculos tropicales (Angamarca, 2013).

La importancia de trabajar con almidón nativo de vituca es brindar información elemental de las propiedades o características funcionales específicas de tolerancia a diferentes tratamientos industriales que deterioran la estructura del gel de almidón, por eso es por lo que la industria busca nuevas fuentes ricas en almidón. Entonces en esta investigación se quiere dar alcances necesarios de las características funcionales como capacidad de retención de agua, temperatura de gelatinización, retrogradación (estabilidad a la refrigeración) y claridad de pasta del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) para sus posibles usos en la industria de alimentos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Determinar las características funcionales del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*)

1.1.2. Objetivos específicos

Determinar la capacidad de retención de agua del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*).

Obtener la temperatura de gelatinización del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*).

Determinar la retrogradación del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*).

Establecer la claridad de la pasta de almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

Trujillo (2022), en su tesis: “Caracterización morfológica, color, propiedades funcional y térmica de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) en Tingo María”. Se extrajo almidones de la variedad blanca y morada para ser evaluado en la caracterización morfológica con un microscopio electrónico de barrido (SEM); el color mediante un colorímetro de triestímulo CIELAB. Y también las propiedades funcionales analizadas obteniendo los resultados de capacidad de absorción de agua de $131.5 \% \pm 4.02$ (1.32ml/g) para vituca morada y $142.18\% \pm 3.25$ (1.42ml/g) para blanca, solubilidad en agua fría morada $1.33 \pm 0.21\%$ y 3.20 ± 0.12 blanca, y sinéresis de estabilidad a congelación de $6.92\% \pm 1.22$ morada y $6.24\% \pm 1.13$ blanca, y temperatura de gelatinización por calorimetría diferencial de barrido para vituca blanca está en rango de $76.14 \pm 0.28^{\circ}\text{C}$ hasta $88.01 \pm 0.73^{\circ}\text{C}$ y morada estuvo entre $74.90 \pm 0.73^{\circ}\text{C}$ hasta $83.23 \pm 0.73^{\circ}\text{C}$ concluyendo que el almidón de pituca puede ser utilizado en productos de masa y panificación debido a la alta temperatura de gelificación y solubilidad en agua, clasificándolo también como almidón con alto índice de blancura según el método de colorimetría.

Huamaní (2018) en la tesis: “Extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (*colocasia esculenta*) de la Región de Ayacucho”, determinaron la extracción, caracterización fisicoquímica y funcional del almidón de ambas variedades de pituca obteniendo un rendimiento de almidón pituca blanca y morada de $(20,09 \pm 2,85$ y $13,16 \pm 1,79)$ expresado en

porcentaje respectivamente, entre las fisicoquímicas estuvieron porcentaje de humedad ($8,98 \pm 1,28$ y $7,63 \pm 0,50$), porcentaje de cenizas de ($0,39 \pm 0,04$ y $0,47 \pm 0,02$), Porcentaje de proteínas ($1,17 \pm 0,30$ y $2,24 \pm 0,45$) porcentaje de fibra cruda ($0,56 \pm 0,20$ y $1,90 \pm 0,38$), porcentaje de grasa ($0,75 \pm 0,37$ y $0,40 \pm 0,14$), porcentaje de carbohidratos totales ($88,15 \pm 2,18$ y $87,38 \pm 1,48$) y entre las propiedades funcionales están: temperatura de gelatinización para el almidón nativo de pituca blanca fue ($49,0 \pm 3,0$ - $65,0 \pm 3,0$) y de pituca morada ($42,0 \pm 2,0$ - $58,0 \pm 3,0$), porcentaje de transmitancia de ($2,97 \pm 0,10$ y $3,24 \pm 0,03$), índice de absorción de agua para blanca y morada ($2,87 \pm 0,1$ y $2,70 \pm 0,2$), el poder de hinchamiento fue de ($2,96 \pm 0,18$ y $2,60 \pm 0,13$), el porcentaje de amilosa fue de ($20,41 \pm 2,92$ y $18,60 \pm 1,73$), el porcentaje de sinéresis es 0% y el porcentaje de amilopectina de ($79,59 \pm 2,92$ y $81,40 \pm 1,73$). Concluyendo que forman pastas claras y ligeramente opacos y los geles no retrogradan.

Por otro lado, los investigadores Songor y Tenesaca (2019), realizaron un estudio “Extracción de almidón de papa china (*Colocasia esculenta*) en la elaboración de productos cárnicos emulsionados”. Aplicándolo como retenedor de humedad. El proceso se llevó a cabo mediante vía húmeda, en donde la extracción de almidón se realizó mediante lavados de la pulpa. Posteriormente la solución se secó a 45°C durante 24 horas, el rango de temperatura de gelificación del almidón obtenido fue de $58-62^{\circ}\text{C}$, así como la capacidad de retención de agua fue de 1,89 g gel/g muestra (189%). Concluyendo que el secado del almidón de papa china se debe hacer máximo a temperaturas de 45°C por 24 horas, debido a que, si excede en el tiempo o temperatura, genera una coloración oscura en el almidón.

Torres et al., (2013). en su estudio: “Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*)”, donde estudió a la malanga blanca y morada extrayendo el almidón por variedad para luego analizar sus características funcionales obteniendo

los resultados para temperatura de gelatinización fue de 55 ± 2 para la blanca y 54 ± 2 para la variedad morada; así como también estudió la propiedad de capacidad de retención de agua para la variedad blanca obtuvo 1.79g gel/g de muestra (179%) y para la morada fue de 1.88g gel/ g de muestra (188%). El almidón de malanga posee propiedades funcionales que hace viable su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales, pudiendo remplazar a los que hoy se comercializan.

Los autores Jiménez y Martínez (2016), en su tesis: “Extracción y caracterización física y química del almidón de yuca de la variedad Guayape”, desarrollándose la extracción con un rendimiento de 14% y la evaluación del almidón mediante características fisicoquímicas, estructurales, morfológicas y propiedades funcionales; entre las propiedades funcionales tenemos: temperatura de gelatinización 66°C , absorción de agua a 90°C 12.99 g gel/g de muestra, claridad de pasta 59.35% de transmitancia y retrogradación 5.32% en 24 horas. Concluyendo que el almidón obtenido se puede aplicar en la industria alimentaria por tener propiedades que resaltan como: temperatura de gelatinización, alta claridad de pasta, baja y estable retrogradación en refrigeración.

Martínez *et al.*, (2019) en su investigación: “Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación”. Donde obtuvieron un rendimiento de 16.5% y en la caracterización obtuvieron valores de claridad de pasta a los 0 horas 57.4 ± 1.3 , y 1.7 ± 0.2 a las 72 horas de almacenamiento para el almidón nativo, y para el acetilado fue de $27 \pm 0.3\%$ hasta (4.40 ± 0.1) evaluado con espectrofotómetro a 650nm expresado como porcentaje de transmitancia; y estabilidad al congelamiento (sinéresis), con valores de 53.1% para el almidón nativo, pero fue más baja para el acetilado (35.2 %), indicando que la sinéresis para ambas muestras aumentó progresivamente con forme pasa los días de almacenamiento.

Hernández et al., (2008) en su estudio: “Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de tubérculos: makal (*Xanthosoma yucatanensis*), camote (*Ipomea batata*), yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y sagú (*Marantha arundinacea*)”. Obteniendo valores promedio de temperaturas de gelatinización fueron de 78.4, 61.3, 65.2 y 74.9 °C, respectivamente por calorimetría diferencial de barrido. El makal, presentó la menor cantidad de claridad (10.9%), el camote (24.6%), la yuca presentó mayor claridad de gel (51,8%), y sagú (13.6%). Por otro lado, el almidón de yuca fue el que presentó mayor capacidad de absorción de agua (27,18 g gel/g muestra de almidón) a 90 °C, y la sinéresis al día 5 a 4°C fue: el makal que presentó mayor cantidad de exudado de 18.6%, mientras que de camote presentó sinéresis en el último día de almacenamiento con 2,17% de agua expulsada y el almidón de yuca presentó la mejor estabilidad de refrigeración con 0 de sinéresis.

Yaruro N. (2018). En su tesis “Evaluación de las Propiedades Fisicoquímicas, Térmicas y Microestructurales del Almidón de Achira (*Canna edulis*)”. Evaluaron sus propiedades de 4 ecotipos de achira donde todos los almidones exhibieron alta capacidad de absorción de agua como promedio están entre los (12 g de gel/ g de muestra de almidón) a 70°C y aumenta hasta (35.74 g de agua/g de almidón) a 90 °C a 4900 rpm/30 min; en claridad de pasta a 650nm el mayor valor de transmitancia fue (60.33 ± 3.85) y el menor valor de ($43.44 \pm 1,98$)_es decir una Transmitancia >40% y la temperatura de gelatinización evaluada con calorimetría diferencial de barrido promedio de 63.17°C.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. *Vituca (Colocasia esculenta)*

Es una planta asiática distribuida en América tropical y subtropical desde Korea y Japón, de crecimiento en ambientes de selva, con precipitaciones entre 1800 a 2500 mm, temperaturas comprendidas entre 12°C a 35°C y una alta luminosidad. Según la variedad crece en suelos secos o bajo el agua, son perennes durante todo el año con maduración aproximadamente en 7 meses. Esta planta tiene un cormo central comestible, con forma esférica, elipsoidal o cónico, la pulpa generalmente es de color blanco, pero puede haber clones con pigmentación morada, los cormos tienen alto contenido de almidón y fibra dietética en su composición, el gránulo tiene un tamaño entre 1 a 6,5 μm , el cual facilita la digestibilidad al ser un almidón de gránulo considerado pequeño de muy buena calidad a este atributo. En Perú se le denomina como “pituca o vituca”, mientras que en otros países se le conoce con otros nombres como “malanga” en Puerto Rico, “cara” en Brasil, “ñame” en Costa Rica, “taro” en América Central (Sánchez y Alvarado, 2015).

Género introducido con ocho especies cultivadas y naturalizadas a lo largo de los trópicos y subtrópicos húmedos, su área de distribución natural son las regiones tropicales de Asia, extendiéndose hacia el archipiélago malayo, Papúa, Nueva Guinea y Australia. Se registra solo una especie en el Perú (Morales, 2012).

Los cormos de la pituca se consumen cocidos o procesados como harina para diversos usos y frituras. Las hojas de algunas variedades con bajo contenido de oxalatos (sales) se consumen hervidas como hortaliza. Con la pituca se preparan numerosos productos: refrescos, bebidas, sopas,

pastas, guisos, ensaladas, dulces, panes, pasteles, galletas, nieve (García, 2023). En la Figura 1. Se muestra una imagen de la planta y corno de vituca.

Figura 1

Planta y corno de vituca (Colocasia esculenta).



Nota: En la Figura 1, se muestra la planta y corno de la vituca tomado de (Sánchez y Alvarado, 2015).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Tabla 1

Taxonomía de la vituca.

Taxonomía de la vituca	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Familia	Araceae
Genero	Colocasia
Especie	<i>Colocasia esculenta</i>
Nombre binomial	Colocasia esculenta (L. Schott)
Nombre común	Vituca, pituca, taro, malanga, ñame.

Nota: En la Tabla 1 se observa la clasificación taxonómica de la vituca. Fuente: (Pajar M. 2008) y (Morales, 2012).

2.2.3. Variedades de vituca

Se registra solo una especie en el Perú (Morales, 2012). Pero se reconoce tres variedades de pitucas “negra” quien presenta una coloración rosada en la base del limbo, “blanca” aquella que tiene como predominio el color amarillento claro y la variedad “morada” o japonesa presenta pigmentos de color morado en el cormo (Montenegro y Pérez, 2015).

1.1.3. Condiciones ambientales para su desarrollo

(Martínez, y López et al., 2022). Señalaron que, la vituca es una planta herbácea anual, cuyo ciclo consta de 9 meses. Prospera en climas cálido-húmedos, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 30 °C y a altitudes que van de los 200 a 1000 msnm adaptándose hasta los 2300msnm; los periodos de cosecha de las vitucas se dan a partir de los 7 meses hasta de 1 año.

2.2.4. Índices de Madurez

2.2.4.1. Condición de las hojas. El estado de las hojas es usado como un índice de madurez para evaluar el estado de los cormos, donde las hojas se tornan amarillentas indicando que la vituca está lista para cosechar (Montaldo 1991) (Opara 2003).

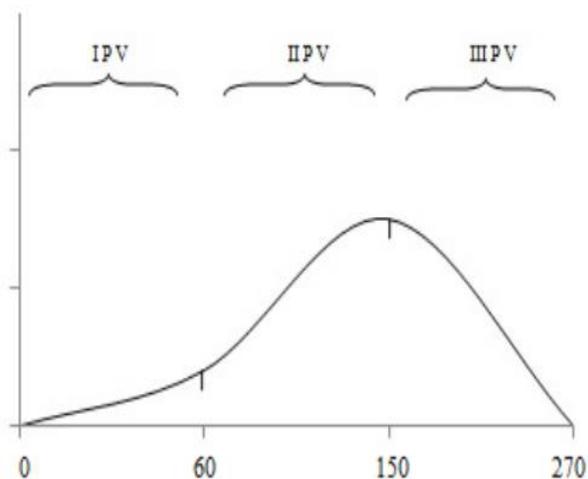
Al parecer no hay cambios morfológicos en esta planta que indiquen la madurez para la cosecha, pero este estado fisiológico corresponde al momento en que el nivel de azúcar en el cormo es mínimo (Orozco *et al.*, 2014).

2.2.4.2. Periodo de cosecha. López *et al.*, 1995 Señalaron que, la vituca es una planta herbácea anual, cuyo ciclo consta de 9 meses, los periodos de cosecha se dan a partir de los 7 meses hasta de 1 año. Donde Zhu (2016) menciona que el tamaño de los bulbos de afectan el tamaño de los gránulos, bulbos grandes demostraron un tamaño de gránulo más pequeño (1,3 μm) y bulbos pequeños gránulos grandes (2,1 μm). A su vez Londoño *et al.*, (2014) indica que el tamaño, así como las propiedades físico-químicas de un almidón determinado, dependen de las prácticas agrícolas agronómicas, la temporada de cosecha y las especies de plantas.

La edad de cosecha de la vituca influye en el rendimiento de almidón, puesto que a más tiempo de maduración de los cormos mas aumenta el tamaño del tubérculos aportando mayor peso de los mismos, siendo lo recommendable la cosecha cuando haya alcanzado los tres periodos de crecimiento el primero se caracteriza por el lento crecimiento del follaje es decir desde la brotación hasta la aparición de los cormos primaries, en el segundo periodo se produce un rápido crecimiento de la parte aérea donde inicia con la fromación de los cormos secundaarios y termina cuando se logra el máximo desarrollo foliar y finalmente el tercer periodo se caracteriza por el rápido crecimiento de los cormos primaries y secundaarios y declinación progresiva del follaje, donde al final del tercer periodo se presenta la senescencia y amarillamiento del follaje lo cual es un indicador de cosecha y es aquí donde a acumulado mayor cantidad de carbohidratos en los cormos (Lòpez *et al.*, 1995).

Figura 2

Esquema de fenología del cultivo de vituca.



Nota: Figura 2, se muestra un esquema de la fenología del cultivo de vituca (*Colocasia esculenta*) Según López *et al.*, (1995). I, II, III periodo vegetative (PV).

2.2.4.3. Peso materia seca. Enríquez y Mairena, 2011 indican que las plantas de papachina con periodo vegetativo de 9 meses registran mayor peso final del cormo después de la deshidratación (65,25 g) a diferencia que las plantas con 7 meses con poca perdida de agua (61,56 g); no obstante, (Sinesterra, 2014) report 32.5% y 30.7 % para 9 y 7 meses respectivamente. En donde el mayor porcentaje de almidón se obtiene a cosecha de 9 meses.

2.2.4.4. Grados Brix. A los 9 meses de cultivo presenta alrededor de 2 °Brix, este método determina la concentración de sacarosa de las frutas y hortalizas, que a través de los procesos fisiológicos que sufren los productos cosechados se trasforma el almidón presente en la papa china. (Gonzales *et al.*, 2021).

2.2.5. Composición química de la vituca

Esta planta contiene baja proteínas y grasas Tabla 2, con elevado contenido de carbohidratos. La vituca resulta de mayor valor alimenticio comparado a tubérculos (papa y yuca) y cereales, (Sánchez y Alvarado, 2015).

Tabla 2

Composición química de los cormos de vituca por cada 100g.

Composición	vituca blanca	vituca morada
Calorías (cal)	98	92
Humedad (%)	66	68
Proteínas (g)	0,91	0,95

Grasas (g)	0,15	0,13
Carbohidratos (g)	29	31
Fibra (g)	0,3	0,35
Calcio (mg)	27	28,6
Fósforo (mg)	1,6	1,56
Cenizas (mg)	1,2	1,3
Riboflavina (mg)	0,03	0,04
Niacina (mg)	5,2	5,6
Ácido ascórbico (mg)	18	16

Nota: en la Tabla 2 se observa la composición química de los cormos de vituca en 100g, Fuente: Morales (2012).

2.2.6. Producción y distribución de la vituca

Se cultiva y se usa en la ceja de la selva en los departamentos Amazonas, San Martín, Huánuco y Ucayali, siendo un alimento importante en la dieta de la población rural; sin embargo, en los últimos años su uso y comercialización se incrementó hasta llegar a los mercados de las zonas urbanas, esto debido a que los cormos pueden ser consumidas en diversas maneras y por ser ricas en carbohidratos, aminoácidos, vitaminas y fibra; bajos en grasas y cenizas (Sánchez y Alvarado, 2015).

2.2.7. Almidón

El almidón es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas superiores constituyendo una fuente de energía esencial para muchos organismos, especialmente del hombre (Buleón, *et al.*, 1990).

(Badui, 2006), considera que desde la prehistoria este carbohidrato fue parte esencial de la dieta del hombre, la misma que tiene un gran número de usos industriales. Es un polisacárido de reserva energética presente en cereales, tubérculos y algunas frutas. El almidón se encuentra en pequeños gránulos de distintos tamaños y formas según la especie botánica, esta característica es utilizada para la identificación del origen de los distintos almidones mediante métodos microscópicos.

Sus propiedades nutricionales, físicas y químicas de cada almidón las diferencian de otros polisacáridos. Proporcionan entre el 70 - 80% de las calorías consumidas por los humanos. En los alimentos, los almidones nativos y modificados tienen diversas aplicaciones, como agentes adhesivos, ligantes, formadores de turbidez, recubridores (películas), reforzador de estabilidad de espumas, gelificantes, para el glaseado, retención de agua, mejorador de textura, estabilizante y espesante (Fennema, 2010 y Álvarez *et al.*, 2014).

2.2.8. Tipos de Almidón

2.2.8.1. Almidón nativo. Los almidones nativos son aquellos que conservan la estructura nativa del almidón, se obtienen a partir de las fuentes de cereales y tubérculos, su utilidad consiste en que regulan y estabilizan la textura por sus propiedades gelificantes y espesantes (Huamaní, 2018).

Henk, 2005, indica que los almidones nativos no son solubles y generalmente son sensibles a las elevadas temperaturas de cocción y a las condiciones ácidas. También hace mención que en la industria cárnica peruana los almidones nativos tienen alta demanda, ya que son productos económicos y funcionales.

2.2.8.2. Almidón modificado. Los almidones modificados son aquellos almidones nativos que han sido modificados en su estructura química repercutiendo en sus propiedades funcionales. Las modificaciones son procesos que dan valor agregado al almidón y pueden ser promovidas por procesos físicos, químicos, genéticos y enzimáticos, dependiendo de las necesidades específicas. También son considerados aditivos e ingredientes funcionales, útiles y abundantes en los alimentos procesados (Rodríguez, M. 2006.)

Los almidones modificados se metabolizan de una forma semejante al almidón nativo, siendo hidrolizados en el aparato digestivo, formando azúcares más simples y finalmente glucosa, que es absorbida. Los almidones modificados, se consideran en general, aditivos totalmente seguros e inocuos. (Light, 1990 y Molins, 1991).

2.2.8.2.1. Modificación química. La modificación química del almidón implica cambios químicos reales en su molécula. Se realiza generalmente en un medio acuoso, la suspensión (30-40 % sólidos p/p) se hace reaccionar con reactivos químicos en condiciones especiales de agitación, temperatura y pH. Existen tres tipos primarios de modificación que se utilizan para los almidones empleados por el sector industrial: ligaciones cruzadas, estabilización (sustitución) y modificación ácida (Biliaderis, C. G. 1991, y Montano A. 2013).

Figueroa y Urbina 2001, señalaron algunos almidones químicamente modificados para uso alimentario:

- Almidón pregelatinizado: usado para alimentos instantáneos.
- Almidones levemente hidrolizados: utilizados como espesantes.
- Éteres de almidón: usados como espesantes de alimentos congelados.
- Esteres de almidón: para recubrimientos de frutas desecadas.
- Almidones entrecruzados: para productos que necesitan estabilidad.
- Almidones oxidados: para alimentos de baja viscosidad como salsa. Mayonesa, etc.

2.2.8.2.2. Modificación física. Incluye la pregelatinización y tratamientos térmicos. La finalidad es maximizar la funcionalidad de un almidón gracias a un cocimiento bajo condiciones controladas de temperatura, presión, atrito mecánico y condiciones de la materia prima. En la industria generalmente se utiliza una combinación de dos o más tratamientos, siendo los más utilizados el entrecruzamiento/estabilización y el entrecruzamiento / estabilización/ pregelatinización, todo esto para lograr las mejores propiedades al producto terminado. (Montano A. 2013).

2.2.8.3. Almidones resistentes. Es decir, indigeribles por las enzimas digestivas humanas, los cuales favorecen el crecimiento de microorganismos benéficos para el colon, disminuyendo los riesgos de cáncer (FAO, 2004).

2.2.9. Estructura y composición de los almidones

El almidón está compuesto de amilosa y amilopectina; la amilosa es producido por la condensación de D-glucopiranosas mediante los enlaces glucosídicos α (1,4), formando cadenas lineales de 200 a 2500 unidades y el peso molecular llega hasta un millón. La amilopectina está compuesta por moléculas de glucosa de forma lineal con enlaces de tipo α (1-4) y ramificaciones de glucosa por enlace de tipo α (1-6), cuyo peso molecular es hasta 200 millones de dáltones. Generalmente, los almidones pueden contener amilosa entre 17 - 27% aproximadamente, y lo demás es amilopectina. Estos polisacáridos contribuyen en las características sensoriales y reológicas de los alimentos (capacidad gelatinización e hidratación) (Badui 2006)

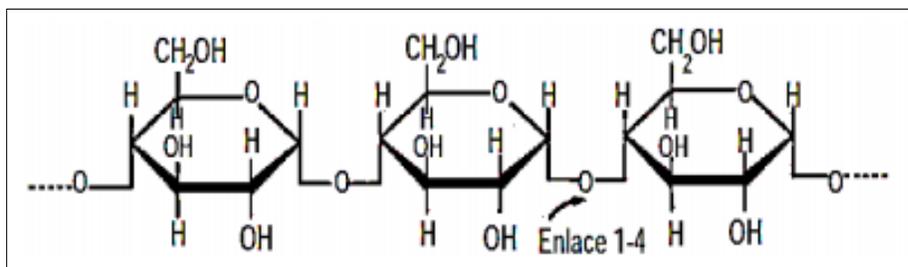
El almidón químicamente es una mezcla de dos polisacáridos, la forma lineal lo presenta la amilosa y la forma ramificado es para la amilopectina, ambos se asocian y forman gránulos parcialmente cristalinos. La cantidad de estos dos polisacáridos es variable y depende de la procedencia botánica del almidón (Álvarez *et al.*, 2014).

2.2.9.1. Amilosa

La amilosa es una α -D-(1,4)-glucana constituida de 200 hasta 2,500 unidades repetitivas de α -maltosa, que forman cadenas lineales (Figura 2). Este polisacárido puede adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en donde cada vuelta consta de seis moléculas de glucosa (Badui 2006).

Figura 3

Estructura química de la amilosa.



Nota: en la Figura (2) se muestra la estructura química de la amilosa. Fuente: Badui (2006)

Wang *et al.*, 2007, reportaron que a mayor contenido de amilosa la región amorfa del almidón disminuye. En diferentes estudios se ha demostrado que la región amorfa del almidón es la más susceptible tanto a la degradación enzimática como a la ácida, mientras que la región cristalina muestra mayor resistencia (Lamadrid-Avenidaño *et al.*, 2009).

Porcentaje de amilosa en almidón de vituca está entre 17 a 18% (Angamarca 2013), (Sánchez y Alvarado 2015) y (Morales 2012).

2.2.9.2. Amilopectina

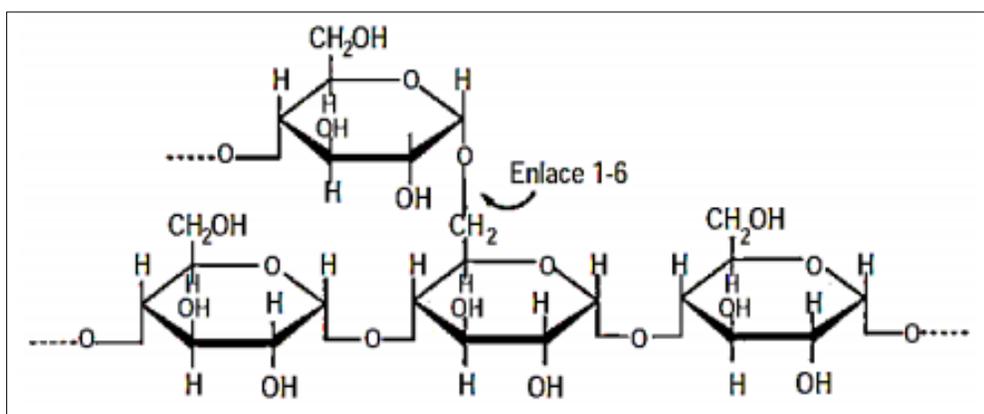
En lo referente a la amilopectina, ésta presenta ramificaciones con enlaces α -D-(1,6) localizadas cada 15-25 unidades de glucosa (Figura 3). Las cadenas formadas pueden contar de 10,000 a 20,000 unidades, es decir, son significativamente más grandes en comparación con las de amilosa (Badui, 2006)

La amilopectina es una molécula muy grande y altamente ramificada, con enlaces de ramificación que constituyen alrededor del 4-5% del total de enlaces. La mayoría de los enlaces entre las unidades de D-Glucosa de la amilopectina son del tipo α (1-4) como en la amilosa, además 4-5% de las unidades de glucosa están unidas por enlaces α (1-6) y dan una estructura ramificada creciente. (Fennema, 1993).

Durante la cocción, la amilopectina absorbe mucha agua y es en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. (Cheftel, 1996) citado por (Obregón y Estrella 2014). Generalmente los almidones contienen de 17 a 27% de amilosa y el resto es amilopectina. La amilopectina presenta un grado de cristalinidad muy inferior al de la amilosa. (Cheftel, 1996) citado por (Obregón y Estrella 2014).

Figura 4

Estructura química de la amilopectina.



Nota: en la figura (3) se muestra la estructura química de la amilopectina. Fuente: Badui (2006)

Tabla 3*Componentes del almidón de vituca y otros tubérculos.*

Descripción	% almidón		Tamaño (micras)
	amilopectina	amilosa	
Pituca	83	17	4-11
Papa	78	22	5-100
Yuca	82	18	5-35
Trigo	76	24	11-41
arroz	83	17	2-55

Nota: en la Tabla 3 se muestra los componentes del almidón de vituca y otros tubérculos. Fuente: Morales (2012).

2.2.10. Usos del almidón

El almidón es utilizado para impartir diversas características funcionales y tecnológicas a los alimentos procesados Tabla 4, por ejemplo, como espesante para incrementar la viscosidad de los productos, emulsificante para formar o mantener una emulsión (mezcla de líquidos inmiscibles) uniforme en el producto, para absorber humedad y evitar el apelmazamiento, como aglutinante para la adhesión de los componentes, como estabilizante para mantener una dispersión uniforme de dos o más sustancias, edulcorante proporcionando un sabor dulce a los productos y finalmente, para conferir textura a los alimentos procesados (Ríos, 2014).

Tabla 4*Usos del almidón en la industria alimentaria.*

Uso	Ejemplo
Espesante	Aderezos
Emulsificante	Margarina
Agente protector contra la humedad	Caramelos
Aglutinante	Harinas
Estabilizador	Sopas
Edulcorante	Caramelos
Agente espolvoreante	Gomas, dulces

Nota: en la Tabla 4 se menciona los usos del almidón en la industria alimentaria. Fuente: Cruz (2010)

Rios 2014, menciona que el almidón se usa también en la industria farmacéutica como excipiente para la formación de tabletas, espesantes de jarabes, en cosméticos empleado para la producción de talcos, polvos de rostro, maquillaje, en la industria del cartón empleado como adhesivo en el proceso de manufactura del cartón corrugado y papel mejora la resistencia superficial e interna, la retención de finos y cargas minerales, la formación de la hoja y apariencia superficial.

2.2.11. Almidón de vituca

La digestibilidad del almidón de vituca fue estimada en un 98,8% esto debido a que los gránulos de almidón son muy pequeños; son fácilmente digeribles cuando es empleado para los alimentos. El almidón de las aráceas puede ser usado en la alimentación de personas con problemas digestivos, debido al tamaño que posee, en comparación al de la papa. Asimismo, estas tienen sustancias mucilaginosas la cual se hincha e hidrata en el agua y puede ser utilizar como agente estabilizante para cremas y para la elaboración de coloidales (Angamarca, 2013).

Tabla 5

Composición proximal del almidón de vituca.

Parámetros	Valor porcentual
Humedad	9.01
Proteína	4.57
Grasa cruda	0.41
Amilosa	24.56
Fosforo	0.13
Calcio	0.07
fibra	3.86

Nota: en la Tabla 5 se menciona la composición proximal del almidón de vituca. Fuente: (Sánchez y Alvarado 2015).

2.2.12. Propiedades funcionales del almidón

Los almidones nativos vegetales poseen características importantes en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, ya que están influenciados por la proporción de amilosa y amilopectina, incluyendo dentro del gránulo de almidón su estructura molecular. Por tal motivo, la distribución, el tamaño y forma del gránulo de almidón están relacionados con algunas de las propiedades funcionales. Además, estas propiedades pueden ser afectados por factores genéticos, edad de la planta, época de cosecha, fertilidad del suelo y precipitación, (Acuña, 2012) y (Wang *et al.*, 2014).

Es importante tener en cuenta que las propiedades funcionales como la gelatinización, índice de solubilidad, capacidad de hinchamiento, absorción de agua, sinéresis/retrogradación, capacidad emulsificante, análisis granulométrico y digestibilidad deben establecerse para el manejo del almidón en la preparación de alimentos (López 2011) y (Wang *et al.*, 2014). La mayoría de las propiedades funcionales de un almidón, influyen en las características sensoriales, la textura y el comportamiento durante su transformación o almacenamiento (Garnica *et al.*, 2010).

(Obregón y Estrella 2014), indican que los almidones nativos presentan propiedades funcionales que pueden ser deseables para ciertas aplicaciones la gelatinización, retrogradación, birrefringencia, difracción de rayos X, solubilidad, claridad, viscosidad, capacidad de retención de agua e hinchamiento son fenómenos que pueden ayudar a explicar la estabilidad del biopolímero y por tanto sugerir su aplicación adecuada. Entre las características funcionales del almidón se encuentran:

2.2.13. Capacidad de Retención de agua

Es un indicador de los gránulos de almidón para saber la cantidad de agua que pueden absorber, ya que puede afectar las propiedades cuando son utilizados en los sistemas alimentarios durante el procesamiento, fabricación, almacenamiento, preparación de mezclas para galletas, queques, sopas y otro; ya que necesitan una previa hidratación y el posterior tratamiento térmico (cocción) (Murillo, 2014).

Las propiedades de hidratación de las harinas proporcionan una guía sobre su comportamiento durante el manejo que determinan su funcionalidad, los valores más altos ayudan a mantener la frescura de los productos durante el almacenamiento (Falade y Okafor 2013).

2.2.14. Gelatinización

Generalmente para describir la turgencia e hidratación de los gránulos de almidón mencionado por Carrera. El gránulo empieza a hincharse de manera apreciable cuando se calienta a una temperatura lo suficientemente alta para proporcionar la energía necesaria para romper algunos de los enlaces de puente de hidrógeno de las regiones amorfas; existiendo una gradual pérdida de la birrefringencia. A medida que progresa el hinchamiento y que los gránulos hinchados comienzan a chocar unos con otros, la viscosidad de la suspensión/ disolución, aumenta drásticamente Whistler citado por (Obregón y Estrella 2014). Si se prolonga el tratamiento hidrotérmico, puede surgir una ruptura más o menos completa de las moléculas constituyentes, lo que origina un descenso de la viscosidad (Cheftel *et al.*, 1996).

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría; cuando estos se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización (Granito *et al.*, 2004.)

2.2.15. Retrogradación

La retrogradación del almidón es un fenómeno importante corresponde a la formación de ligaduras entre las cadenas de las moléculas alineadas. De ello resulta el fenómeno de “sinéresis” con eventual exudado de líquido y caída de viscosidad. La retrogradación es más rápida cuando más elevada sea la proporción de amilosa lineal; y el almidón que retrograda intensamente, se digiere lentamente (Delgado, 2018).

El fenómeno de retrogradación como la insolubilización y precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; esto se lleva a cabo por diversas rutas, según la concentración y la temperatura del sistema. Si una solución concentrada de amilosa se calienta y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente, se forma un gel rígido y reversible, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan cuando se dejan reposar y enfriar lentamente (Badui, 2013).

2.2.16. Claridad de pasta

La claridad de una pasta de almidón es otro de sus atributos importantes. El almidón es empleado como relleno en repostería debido a su capacidad de ser transparente, y en el caso de

aderezos para ensaladas, el almidón debe ser opaco. La claridad varía considerablemente con la fuente de almidón, con la proporción de amilosa/amilopectina y puede ser alterada por modificaciones químicas o enzimáticas de los gránulos, y por la adición de solutos Craig citado por (Gonzales *et al.*, 2014).

Ceballos y De la Cruz, 2002 indican que la baja tendencia a la retrogradación muestra un gel claro y transparente debido a la cantidad de gránulos hinchados de almidón lo cual estos se refractan la luz por espectrofotometría.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos y Control de Calidad ubicada en el pabellón 2H-202, lugar donde se realizó las evaluaciones correspondientes.

3.2. Materia prima

Cormos de vituca blanca (*Colocasia esculenta*) de acuerdo con los siguientes criterios: cormos frescos y recién cosechados de un periodo vegetativo de 10 meses procedente del Distrito de Chalamarca, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca.

3.3. Equipos y Materiales

3.3.1. Equipos

- Estufa : Hot air oven DSO-300D
- Balanza analítica

- Espectrofotómetro: GENESYS 6
- Placas Petri
- Termómetro digital: MULTI THERMOMETER -50°C A 200°C
- Centrífuga : MLW JANETZKI T32c
- Cocina eléctrica : PRÁCTIKA
- Licuadora : OSTER
- Refrigeradora

3.3.2. *Materiales*

- Vasos de precipitados
- Probetas y pipetas
- Tubos de ensayo con tapa
- Rejilla para tubos de ensayo
- Coladores
- Cuchillo acero inoxidable
- Tabla de picar
- Balde de plástico
- Papel toalla
- Agua destilada
- Ollas
- Alcohol
- Cronometro

3.4. Tipo de investigación

Este trabajo se encuentra en el tipo de investigación descriptiva cuantitativa, con un nivel comparativo, porque se realizaron análisis para determinar y establecer las características funcionales; con un diseño no experimental porque recoge la información tal y como se presentan sin manipular, controlar o administrar tratamiento a las variables, porque es a base de análisis de características funcionales, como capacidad de retención de agua, temperatura de gelatinización, retrogradación o estabilidad a la refrigeración y claridad de pasta. Además, porque utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer las características en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes” (Guevara *et al.*, 2020).

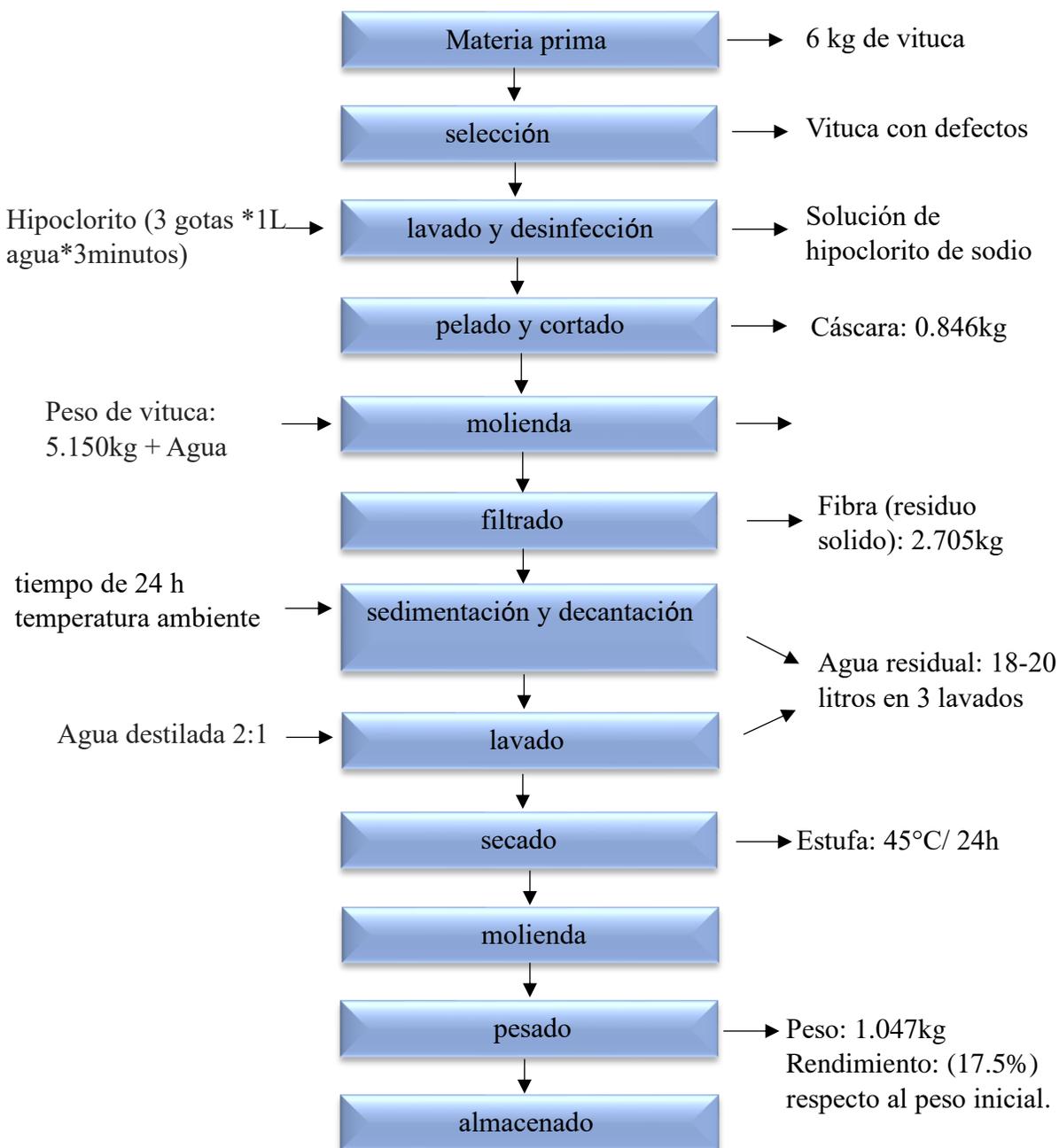
3.5. Metodologías

Se trabajó con 6 kg de vituca (*Colocasia esculenta*), que a su vez se obtuvo 1.047kg (17.5%) de rendimiento de almidón nativo sin adición de algún agente químico para la extracción, y la muestra fue determinada por la cantidad necesaria que se utilizó según la metodología aplicada para cada característica funcional.

Se empleó almidón nativo de vituca extraído en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias para cada parámetro o características funcionales a analizar en dicha investigación como es, capacidad de retención de agua, temperatura de gelatinización, retrogradación o estabilidad a la refrigeración y claridad de pasta.

Figura 5

Flujograma de obtención de almidón nativo de vituca



Nota: diagrama de flujo de obtención de almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*). Fuente: adaptado de (Songor y Tenesaca, 2019).

3.6.Descripción de operaciones

3.6.1.Recepción

Se reunió la vituca (*Colocasia esculenta*) procedentes del Distrito de Chalamarca Provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Con un periodo vegetativo de 10 meses, 6kg vituca fresca.

Figura 6

Obtención de cormos de vituca.



Nota: En la Figura 6, se muestra los cormos de vituca recién cosechados, mostrando la frescura de la materia prima.

3.6.2. Selección

En la selección se separarán todas las vitucas dañadas o maltratadas, pero en este proceso no se detectó ninguna vituca que presente motivo para ser separada. Trabajando con toda la materia prima inicial.

3.6.3. Lavado y desinfectado

Las vitucas fueron lavadas y cepilladas, exhaustivamente, para retirar la tierra o cualquier otra sustancia no deseada de la superficie, y se sumergieron en una solución desinfectante de hipoclorito (3 gotas *1L agua*3minutos) con la finalidad de asegurarnos que una vez efectuado el lavado no se quede ninguna carga microbiana, donde posteriormente se enjuagó 2 veces más con abundante agua (Santisteban, 2019).

Figura 7

Vitucas lavadas.



Nota: En la Figura 7, se muestra las vitucas libre de sustancias extrañas (tierra, tallo).

3.6.4. Pelado y cortado

Se pelaron manualmente con cuchillo y cortadas en trozos pequeños sumergiéndolos en agua. El pelado es necesario en tubérculos porque su presencia de cáscara ocasiona alteración en la calidad final del almidón (Piñeros D. 2003). Peso de cascara: 0.846kg.

Figura 8

Cortado de vitucas.



Nota: En la Figura 7, se aprecia trozos de vituca de aproximadamente de 1 cm³ para facilitar posteriormente la molienda.

3.6.5. Molienda

En una licuadora se agregó las vitucas cortadas con agua destilada necesaria para el triturado. La etapa de rallado tiene por objeto desmenuzar la pulpa y romper las paredes celulares para facilitar la liberación de los gránulos de almidón, evitando que el rallado sea demasiado fino, por lo que la sedimentación sería más lenta porque los gránulos de almidón pierden densidad y evitamos se forme más cantidad de mancha (Cobana y Antezana, 2007); (Aristizábal y Sánchez, 2007). Peso de vituca a moler: 5.150kg más agua para que facilite el licuado.

3.6.6. Filtrado 1

Se pasó por un tamiz y para separar la suspensión (agua + almidón) y fibra (residuo sólido). El tamiz realiza una buena separación, es bueno exprimir bien las fibras porque retienen una buena cantidad de lechada (Piñeros D. 2003). Peso de fibra o residuo: 2.705kg de fibra húmeda exprimida.

Figura 9

Filtrado o separación de la torta (masa) y lechada.



Nota: en la Figura 8, observamos la etapa de filtrado, donde al (lado izquierdo) está la torta (masa) o fibra de la vituca, y en el (lado derecho) está la lechada donde se encuentra la mayor cantidad de almidón.

3.6.7. Filtrado 2

Se pasó nuevamente por una tela fina y se adicionó agua destilada para lograr un mejor rendimiento de extracción del almidón hasta observar pasar el líquido trasparente de la torta o masa.

Figura 10

Filtrado por una tela fina.



Nota: En la Figura 9, se muestra el filtrado 2 en tela fina adicionando agua hasta que el líquido filtrado de la torta se vea transparente.

Decantación: Esta etapa del proceso tiene como objetivo separar el almidón del agua de la lechada resultante en el tamizado, se realiza la labor en recipientes, el peso y el tamaño de los gránulos, llevó un tiempo total de 30 horas promedio el almidón de vituca. Durante el tiempo de sedimentación, se aprovechó para retirar las impurezas Torres *et al.*, (2013). Consiste básicamente en operaciones sucesivas de adición de agua, decantación del almidón y evacuación del agua.

3.6.8. Decantación 1

La muestra se dejó decantar en recipientes durante 24 horas, a temperatura ambiente, hasta obtener una capa firme de almidón en el fondo.

Figura 11

Sedimentación -Decantación.



Nota: En la Figura 10, vemos la lechada de almidón en 3 recipientes para facilitar su separación de los gránulos de almidón al fondo de cada recipiente, y así eliminar el sobrenadante (agua).

3.6.9. Decantación 2

Al almidón depositado en el fondo del recipiente se le agregó agua destilada en la relación agua/masa 2:1. Se dejó reposar durante 3 h, obteniendo al final de esta operación un sobrenadante que fue descartado.

3.6.10. Decantación 3

Al almidón depositado en el fondo del recipiente se le agregó agua destilada en la relación agua/masa 2:1. Se dejó reposar durante 3 h, obteniendo al final de esta operación un sobrenadante claro que fue descartado.

3.6.11. Lavado del almidón para realizar la decantación

Se realizó 3 lavados al almidón para realizar posteriormente la eliminación por decantación. El principal objetivo de este proceso es obtener un almidón de buena calidad, desde el punto de vista de presentación, libre de residuos, impurezas o pardeamiento. El lavado del almidón consiste básicamente en operaciones sucesivas de agua, decantación del almidón y evacuación del agua hasta observar que el agua o sobrenadante está limpia o casi transparente. (Quicaña Z. 2014).

3.6.12. Secado

El almidón obtenido se colocó en un depósito y se llevó a una estufa a 45 °C durante 24 horas con el fin de eliminar parte de la humedad, que fueron removidas periódicamente, facilitando un secado uniforme; bajando el nivel del agua y deteniendo reacciones de degradación (Anselmi, 1999). Las temperaturas de secado son menores a 65°C para evitar su gelatinización según (Rodríguez *et al.*, 2011). El secado se realizó con el objetivo de remover la humedad del almidón hasta un 12- 13%.

3.6.13. Molienda

Se retiró el almidón seco de las bandejas y se colocó en un mortero, triturando con el fin de disminuir la granulometría de las partículas y se procedió a tamizar utilizando un tamiz, las partículas que no pasaron el tamiz se volvieron a moler para obtener un gránulo fino. (Songor y Tenesaca, 2019)

3.6.14. Almacenamiento

Debe ser almacenado con una humedad inferior a los 17%, en lugares aislados, secos, protegidos del sol y la lluvia y bien aireados para su conservación.

3.7. Rendimiento (%) de extracción de almidón

Se realizó el cálculo del rendimiento de la extracción mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1: rendimiento del almidón

$$R(\%) = \frac{\text{peso total de almidon extraido}}{\text{peso de vituca (kg)}} * 100$$

$$R(\%) = \frac{1.047\text{kg}}{6 \text{ kg}} * 100$$

$$R(\%) = 17.45$$

3.8. Variable de estudio de la investigación

- Capacidad de retención de agua (%CRA)
- Temperatura de gelatinización (°T)
- Retrogradación o estabilidad a la refrigeración (% sinéresis)
- Claridad de pasta (% T)

3.9. Análisis de las características funcionales del almidón de vituca

Las características de estudio fueron las 4 variables, capacidad de retención de agua, temperatura de gelatinización, retrogradación o estabilidad a la refrigeración y claridad de pasta; cada una definidas siguiendo un procedimiento para mejor entendimiento en su dimensión y como resultado está representado por el indicador de cada variable.

3.9.1. Capacidad de retención de agua

Se desarrollará la técnica usada por (FAO, 2007) descrita por Songor y Tenesaca (2019).

Procedimiento:

En una balanza analítica se pesó los tubos de la centrifuga secos a 60 °C.

- A cada tubo se colocó 0.40 g de almidón y se agregó 10 ml de agua destilada precalentada a 60 °C y se agitó.
- Los tubos se pusieron en agua a baño maría durante 30 minutos a 60°C, se agitó a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.
- Luego se colocó en la centrifuga durante 15 minutos a 3000 RPM.

- El sobrenadante se decantó inmediatamente después de centrifugar y se midió el volumen.
- Finalmente se pesó los tubos de centrifuga del gel y se aplicó la ecuación 2
- Ecuación 2: porcentaje de capacidad de retención de agua.

$$\%C.R.A. = \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} \times 100$$

- El indicador está expresado en porcentaje (%) de capacidad de retención de agua como se muestra en la Tabla 6.

3.9.2. Temperatura de gelatinización

Se siguió la técnica aplicada por (FAO, 2007) descrita por (Songor y Tenesaca 2019)

Procedimiento

- Se pesó y disolvió 10g almidón
- Se disolvió en agua destilada e inmediatamente completando su volumen hasta 100ml.
- Adicionalmente en un vaso de precipitados de 250ml se calentó agua a 85°C.
- De la suspensión del almidón en agua se tomó 50ml y se pasó a un vaso de precipitados de 100ml el cual se introdujo en el vaso de precipitados con el agua a 85°C.
- La suspensión de almidón se agitó constantemente hasta formar una pasta, registrando constantemente la temperatura con un termómetro hasta que ésta permaneció estable por unos segundos tomándose esta lectura como temperatura de gelatinización.

- El indicador está expresado finalmente en °C, como temperatura de gelatinización, así se muestra en la Tabla 7.

3.9.3. Retrogradación (estabilidad a la refrigeración)

Se siguió la técnica de (Hernández *et al.*, 2008).

Procedimiento

- Se disolvió 2 gramos de almidón con 10ml de agua destilada
- Se colocaron en un baño maría a 85°C durante 30 min.
- Enseguida las dispersiones se colocaron en un baño de agua con hielo para su rápido enfriamiento.
- Posteriormente las muestras fueron almacenadas en refrigeración a 4°C durante 24, 48, 72, 96 y 120 horas,
- Transcurrido estas horas las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm/30 min en tubos de centrifuga para determinar la tasa de sinéresis, luego el agua de sinéresis se pesó. según ecuación 3:

$$\%R = \frac{\text{peso agua de sinéresis (g)}}{\text{peso del gel (g)}} \times 100$$

- El indicador está expresado en porcentaje, como se indica en la Tabla 8.

3.9.4. Claridad de pasta

Se utilizó la metodología reportada por (Pérez *et al.*, 2002)

Procedimiento

- Se pesó 0,2 g de almidón y 5 ml agua destilada, utilizando tubos de ensayo con tapa.
- Se colocaron los tubos en un baño maría de agua hirviendo por 30 minutos
- Se agitó la suspensión cada 5 min.
- Los tubos se enfriaron hasta la temperatura ambiente pasados los 30 minutos.
- Los geles se pasaron a la celda o cubetas del espectrofotómetro para determinar el porcentaje de transmitancia (%T) a una longitud de onda de 650nm, previamente ajustado a cero con agua destilada como testigo.
- Las muestras se almacenaron a 4°C y se midió el %T a 0, 24, 48, 72 h.
- El indicador esta expresado en porcentaje (%) de transmitancia, como se muestra en la Tabla 9.

3.10. Métodos de análisis estadístico

Todos análisis se realizaron por triplicado cada semana durante 1 mes, con preparación individual, obteniendo de esta manera 12 ensayos que sirvieron para sacar un promedio general para cada variable como fue descrita en cada método de análisis. Los datos fueron analizados mediante los estadísticos descriptivos (media, desviación estándar) para tener una visión general de su respectivo indicador de medida de cada variable o característica. (Severo *et al.*, 2020).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características funcionales del almidón nativo de vituca

4.1.1. Capacidad de retención de agua

Tabla 6

Capacidad de retención de agua del almidón de vituca.

Rep. semanales	Capacidad de retención de agua	% C.R.A.
1	2.32	232
2	2.60	260
3	2.50	250
4	2.45	245
promedio	2.47	247
Desvest.	± 0.11	

El valor de capacidad de retención de agua obtenido de los análisis realizados fue de 2.47g gel/ g de muestra de almidón, con desviación estándar de ± 0.11 , indicando que los gránulos de almidón si lograron aumentar su tamaño para la retención de agua según literatura (FAO 2007)

(Aristizábal y Sánchez 2007) está en rango de 0.82-15.52g gel/ g de almidón de vituca; valores relativamente mayores a los trabajos reportados por (Trujillo 2022), (Songor y Tenesaca 2019) y (Torres, A., Montero, P., & Duran, M. 2013) con valores de 1.42 g gel/ g de muestra, 1.89g gel/ g de muestra y 1.79g gel/g de muestra para el almidón nativo de vituca respectivamente; sin embargo, el autor (Huamaní, 2018) obtuvo un valor de 2.87g gel/ g de almidón siendo pues un indicador de superioridad en la retención de agua de almidón, comparado con el presente estudio. Las diferencias están relacionadas con el tamaño del granulo de almidón Mbougueng *et al.* (2012), a las condiciones climáticas, al lugar de procedencia de los cormos de vituca que se extrajo el almidón, así como también se debe a la época de cosecha, edad del tubérculo o con la fuente biológica de obtención del almidón como es el caso de (Yaruco N. 2018) que reportó valores promedio entre los (12g gel/g de muestra de almidón) a 70°C y se vio un incremento hasta (35.74 g de agua/g de almidón) a medida que sube la temperatura (90 °C) a 4900 rpm/30 minuto, (Hernández *et al.*, 2019) con 27.18 g gel/g muestra de almidón de yuca) a 90 °C y (Jiménez y Martines 2016) que obtuvieron un valor de 12.99g gel/ g de almidón de yuca y además ésta elevada capacidad de absorción de agua en el almidón de yuca se debería a la presencia de grupos hidrofílicos que retienen el agua.

Esta propiedad es un indicador de los gránulos de almidón sabiendo cuánta agua pueden absorber, para no afectar las propiedades del almidón cuando se utilicen en los procesos alimentarios durante su fabricación o preparación de mezclas como puede ser para galletas, tortas, sopas ya que estas requieren hidratación previa y tratamiento térmico posterior que es la cocción (Murillo,2014) donde este fenómeno es irreversible sometido a cocción.

Los valores altos de capacidad de retención de agua en el almidón de yuca 12.99g gel/g (Jiménez y Martínez 2016) se deben probablemente al alto contenido de grupo fosfato en la

amilopectina, los cuales generan una repulsión en las cadenas adyacentes, incrementando la hidratación por el debilitamiento de los enlaces dentro de la parte cristalina del gránulo (Solarte et al., 2019).

Si bien la retención de agua está influenciada por las características granulométricas del almidón (Schmiele *et al.*, 2011) (López *et al.*, 1995), no es el único factor determinante. La capacidad de retención de agua depende igualmente de la conformación molecular entre amilosa y amilopectina y el número de enlaces de las moléculas, lo que implica una fuerte influencia de la composición química del almidón. Y también a un periodo de cosecha de 9 meses los tubérculos son más grandes y los gránulos de almidón es más pequeños $1.3 \mu\text{m}$ y cuando los bulbos son más pequeños el gránulo es grande de $2.1 \mu\text{m}$ (Zhu 2016.) al igual que Londoño *et al.*, 2014 menciona que el tamaño del gránulo y las propiedades fisicoquímicas del almidón dependen de las prácticas agrícolas agronómicas, temporada de cosecha de las especies de plantas.

La capacidad de retención de agua se define como el peso del gel obtenido por gramo de muestra (Martínez, 2015). En un estudio de la harina de pajuro presentó un índice de absorción de 1.19 g y 0.99g para pajuro tierno y maduro; estos resultados indican que la harina más tierna presenta valores más altos de índice de absorción en agua. Por tanto, este tipo de harina, según su capacidad de absorción de agua, resulta ideal para productos como el hojaldre (rango de absorción de 2 a 3) y la galletería (rango de absorción de 1 a 2) (Han, 2013) y comparando con esta investigación la capacidad de absorción de agua del almidón de vituca fue de $2.47\text{g gel/g muestra}$ indicando que también se puede utilizar en dichos productos por encontrarse dentro del rango de absorción.

La capacidad de retención de agua es un factor muy importante para la calidad del producto final. Si el agua no se liga adecuadamente a la estructura del almidón, puede perderse durante el

horneado, lo que resulta en un producto seco que se endurece rápidamente. Además, se conoce que el almidón tiene la capacidad de formación de una masa elástica y plástica, características esenciales para la panificación (Silva *et al.*, 2020), las cuales desarrollan masas que mantengan la frescura de los productos en almacenamiento, cuando muestran valores más altos de retención de agua.

4.1.2. Temperatura de gelatinización

Tabla 7

Temperatura de gelatinización del almidón de vituca.

Repeticiones semanales	T° Gelatinización (°C)
1	59.7°C
2	61.4°C
3	60.3°C
4	59.9°C
Promedio	60.32°C
Desvest.	± 0.77

La temperatura de gelatinización como valor promedio obtenido en el almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) en dicho estudio fue de 60.32 °C con una desviación estándar de ± 0.77 el cual nos indica pequeña variabilidad en los análisis realizados y nos brinda confiabilidad en el proceso de determinación de dicha característica, el valor terminante está por debajo de los valores obtenidos por (Trujillo 2022) que obtuvo 82°C como temperatura promedio, (Hernández

et al., 2008) también reportó valores superiores de 78.4, 61.3, 65.2 y 74.9 °C para makal, camote, yuca y sagú respectivamente, y (Yaruco N.2018) obtuvo una temperatura promedio de 63.17°C para almidón de achira, observándose valores superiores al obtenido en este estudio; donde esta variación significativa sería debido a las diferentes técnicas usadas para esta característica que fue por calorimetría diferencial de barrido y en este caso se realizó la técnica de análisis de agitación constante de la suspensión de almidón en calor hasta determinar estabilidad de temperatura, medidos con termómetro y también se observa la variación de acuerdo a la fuente de almidón.

A la vez en este estudio comparado con las demás investigaciones vemos que está dentro de los parámetros establecidos por los autores (Huamaní, 2018) $49,0 \pm 3,0$ - $65,0 \pm 3,0$) para vituca blanca y morada $42,0 \text{ °C} \pm 2,0$ – $58,0 \text{ °C} \pm 3,0$, (Songor y Tenesaca, 2019) 58-62°C y (Torres *et al.*, 2013) $55 \text{ °C} \pm 2$ para la blanca y $54 \text{ °C} \pm 2$ para la variedad morada, indicando así que las diferencias no se encuentran distantes en cada investigación realizada, el cual se debe al estado de maduración de la materia prima.

Según la FAO (2007), la temperatura de gelatinización para almidón de yuca de calidad está en un rango de 58,5 °C -70,0°C comparado con esta investigación también se encuentra dentro del rango. Donde una mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón y este fenómeno está asociado a una menor presencia de amilosa y a una mayor presencia de regiones cristalinas dentro del gránulo que requieren menos temperatura de calentamiento entonces el gel puede ser más firme y consistente, convirtiéndose en un insumo esencial en los alimentos procesados tal es el caso como en el almidón de maca que su temperatura de gelatinización es $86,93 \text{ °C} \pm 0,69$ según (Vílchez *et al.*, 2012). En tanto para almidón de trigo centeno o avena comienza a gelatinizarse a partir de los 50°C, pero para el almidón de arroz gelatiniza en rango de 50-80°C (Osundahunsi *et al.*, 2003).

La temperatura de gelatinización de los almidones es una característica funcional muy importante para estudiar porque de eso depende los usos y adecuaciones que se puede realizar para ser empleado en los alimentos e industria alimentaria, en este caso por encontrarse bajo la temperatura de gelatinización 60.32°C puede utilizarse en productos como: caramelos tipo chiclosos, natillas, pudines etc. según indica (Hernández *et al.*, 2008).

La gelatinización ocurre en un rango estrecho de temperaturas que varía dependiendo de la fuente del almidón, lo que consiste en un hinchamiento de las moléculas de almidón debido a que el agua penetra en su estructura molecular. Los gránulos hinchados del almidón ocupan los espacios vacíos entonces la viscosidad aumenta con la temperatura hasta la fragmentación de los gránulos, que se desintegran y se disuelven generando un decrecimiento en la viscosidad. En este caso gelatinizó a una temperatura de 60.32°C y en cambio el almidón de yuca gelatiniza en agua a temperaturas entre los 60°C y 67°C , (Meneses *et al.*, 2007).

La gelatinización se da cuando al suministrar calor al gel de almidón se pierde la estructura original del granulo generando un aumento de la viscosidad, es decir es una transición de un estado ordenado de estructura cristalina a otro desordenado en el que se absorbe agua y calor (Badui D. 2012). Indicando que la temperatura de gelatinización en raíces y tubérculos es menor que en cereales porque el granulo de almidón absorbe rápidamente agua por el debilitamiento de las moléculas de amilosa y amilopectina, esto ocurre cuando hay menor cantidad de amilosa y mayor presencia de regiones cristalinas dentro del granulo por lo tanto requieren menos temperatura de gelatinización como es el caso que en este estudio obtuvimos una temperatura de gelatinización de 60.32°C .

4.1.3. Retrogradación

Tabla 8

Retrogradación (estabilidad a la refrigeración del almidón de vituca).

MUESTRA	TIEMPO (horas) 4° C				
	24h	48h	72h	96h	120h
Almidón de vituca	1.14±0.12	1.23±0.15	1.44±0.28	1.35±0.22	1.46±0.12

El porcentaje de sinéresis en promedio en el presente estudio es 1.32% manteniéndose estable a estas temperaturas de almacenamiento, en tanto el porcentaje de sinéresis reportado por (Huamaní, 2018) para el almidón nativo de vituca blanca y morada fue de 0% observado por 15 días y evaluado cada 5 días almacenadas a 4°C sin mostrar exudación o expulsión de líquido fuera del gel. Así mismo (Jiménez y Martínez 2016) obtuvieron el porcentaje de sinéresis en almidón nativo de yuca variedad guayape el valor promedio de 5.23% de expulsión de agua del gel de almidón evaluados por un tiempo de 5 días consecutivos. Y según (Martínez *et al.*, 2019) reportaron un valor elevado de 53.1% de sinéresis que presentó el almidón nativo y fue más baja para el acetilado con un 35.2% de sinéresis en el almidón de papa; pero indican que ambas muestras se incrementa progresivamente la exudación del gel con forme pasa el tiempo de almacenamiento.

Según los resultados obtenidos en la investigación se observa un porcentaje notable de superioridad (1.32%) de expulsión de líquido por fuerza centrífuga comparando con el estudio realizado por (Huamaní, 2018) que reportó valores de 0% de sinéresis a pesar que se realizó con

la metodología similar de extracción de almidón por vía húmeda y para determinación de sinéresis no menciona la velocidad de centrifugación que aplico a las muestras por un tiempo de 15 minutos siendo ésta quizá un indicador para que las muestras no presentaran ninguna expulsión de agua en el momento. Y comparado con (Jiménez y Martínez 2016) el almidón nativo de vituca el porcentaje de sinéresis es inferior en 3.91%.

La variabilidad que se muestra en el estudio y lo reportado por (Jiménez y Martínez 2016) puede ser la concentración de amilosa en el almidón, que para la vituca (*Colocasia esculenta*) en estudios preestablecidos por (Morales 2012), (Angamarca 2013), (Sánchez y Alvarado 2015) está entre 17%-18% en cambio para la yuca del autor mencionado anteriormente cuenta con 21.5% lo cual este componente principal de los almidones es responsable de la variabilidad de sinéresis presentada, de igual forma la sinéresis reportada por (Hernández *et al.*, 2008) en el makal presentó 18.6% de agua expulsada evaluada al quinto día almacenadas a 4°C y el camote 2.17% de agua expulsada a diferencia de la yuca que no presentó sinéresis. He de indicar también que los resultados reportados por (Martínez *et al.*, 2019), (Hernández *et al.*, 2008) y con lo demostrado en esta investigación existe una gran diferencia en esta propiedad funcional del almidón nativo de vituca, esta alta variación se debe a la fuente de almidón (papa 53.1% y vituca 1.32%), al contenido de amilosa que para la papa tiene 22% según (Morales 2012).

Indicando pues de esta manera que el almidón es estable a estas temperaturas y puede ser utilizado como agente espesante y estabilizante en métodos alimenticios que requieran estabilidad en refrigeración tal como lo indica (Hernández *et al.*, 2008).

Posteriormente a la gelatinización, en el momento en que deja de introducirse calor y comienza la etapa de enfriamiento la viscosidad crece de nuevo y se presenta el fenómeno denominado retrogradación (Meneses *et al.*, 2007). Esta se manifiesta por la formación de

precipitados o geles y afecta a la textura, aceptabilidad y digestibilidad de los alimentos que contienen almidón (Rodríguez M. 2006).

La amilosa retrograda más rápido que la amilopectina, la retrogradación de la amilopectina es más lenta pudiendo demorarse días o semanas debido a que esta tiene una estructura ramificada. La velocidad de retrogradación puede ser influenciado por la concentración de almidón, el contenido de amilosa y la longitud de las cadenas de amilopectina; el contenido de agua del gel y temperatura de almacenamiento. Asimismo, la presencia de compuestos polares como sales, concentración de lípidos, derivados monoéster y fosfatos pueden afectar en el proceso de retrogradación. Finalmente, también se considera como variable influyente la fuente botánica del almidón (Casarrubias, 2010).

La velocidad del suceso depende de diversas variables; entre ellas, la relación molecular entre amilosa y amilopectina, estructura de ambas que viene determinada por la fuente botánica del almidón, edad del cultivo, temperatura, concentración de almidón y presencia y concentración de otros ingredientes, principalmente agentes de superficie y sales (Fennema, 2010).

4.1.4. Claridad de pasta

Tabla 9

Claridad de pasta del almidón nativo de vituca.

Tiempo (horas) a 4°C	Transmitancia a 650nm (%)
0	67.03±1.97
24	37.73±1.83
48	23.35±1.04
72	12.87±1.37

La transmitancia obtenida en el presente estudio es de 67.03 ± 1.97 la cual se encuentra por encima de lo reportado por (Huamaní, 2018) que fue de $2,97 \pm 0,10$ para el almidón de vituca evaluada a temperatura ambiente, y para (Jimenes y Martínez 2016) en su investigación en el almidón de yuca variedad guayape reportaron 59.35 ± 0.07 % de transmitancia evaluadas antes de ser sometidas a refrigeración, pero este autor indica que sus resultados se ven alterados con forme pasa el tiempo en refrigeración con un aumento en su claridad variando de 59.35% T, hasta 65.65%T en 48 horas, y (Hernández *et al.*, 2008) obtuvo un valor de claridad de 24.6% camote y yuca 51.8% de transmitancia a temperatura ambiente. También (Yaruco N. 2018) en el almidón de achira reportó un valor de 60.33 ± 3.85 vemos que es menor al presente estudio realizado, lo cual estos cambios se ven al tipo de fuente de almidón. En tal caso esto es totalmente diferente en el presente estudio observándose una disminución de claridad reflejado en 54% de transmitancia conforme pasa el tiempo en refrigeración a 4°C almacenados por un tiempo de 72 horas Tabla 9; mencionando que estos comportamientos reflejados totalmente opuestos pueden ser por la diferente fuente de obtención de almidón (yuca y vituca).

La disminución de % de transmitancia del almidón nativo de vituca coincide con el estudio de (Martínez *et al.*, 2019) que también reportaron valores descendientes con forme pasa el tiempo en refrigeración a 4°C tanto para el almidón nativo y acetilados de papa, mencionando que el más alto porcentaje de transmitancia tuvo el almidón nativo con 57.4 ± 1.3 a las cero horas, llegando hasta 1.7 ± 0.2 a las 72 horas de almacenamiento en cambio los acetilados partieron con $27 \% \pm 0.3$ hasta $(4.40 \% \pm 0.1)$. Pero en este estudio Tabla 9 vemos que la claridad del gel de almidón nativo de vituca es claro, manteniéndose en $12.87 \pm 1.37\%$ de transmitancia en el tercer día de almacenamiento. Por lo tanto, se ve que el almidón de vituca presenta mayor claridad frente al

almidón de papa el cual es un buen referente para aplicaciones en la industria, dando mayor valor a este alimento.

En tal sentido la claridad de pasta de almidón se ve afectado en la disminución a medida que se incrementa el tiempo en almacenamiento (Sodhi y Singh 2003), coincidiendo el presente estudio con dichos autores puesto que se observa una disminución en su transparencia de gel evaluados en 72 horas expresados en % de transmitancia; donde la disminución de la transparencia o claridad se atribuye a la amilosa y amilopectina lixiviadas que conducen al desarrollo de regiones funcionales que dispersan la luz. También es porque se incrementa la retrogradación que experimentan las moléculas de almidón, este fenómeno es determinado por la gelificación de la fracción de amilosa y por la recristalización de la amilopectina, una vez ocurrida la gelatinización, en la fase de enfriamiento (Bello *et al.*, 2002) por ende la transmitancia disminuye progresivamente tal como se muestra en la Tabla 9.

Cabe mencionar que los almidones que tienen menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados, por lo que se incrementa su claridad (Novelo y Betancur 2005), haciendo presente que según (Angamarca 2013) y (Morales 2012) el porcentaje de amilosa del almidón de vituca está entre 17 a 18% esto nos indica que en el presente estudio el porcentaje de amilosa es bajo por los resultados altos en porcentaje de transmitancia en el almidón de vituca.

Además, en esta investigación se tuvo como resultado baja tendencia a la retrogradación y por tanto se obtuvo un gel de mayor claridad y estabilidad (Ceballos y De la Cruz, 2002); lo que significa un gel claro y transparente debido a la gran cantidad de gránulos hinchados de almidón lo cual estos se refractan a la luz evaluados en el espectrofotómetro como porcentaje de transmitancia.

En tal sentido el porcentaje de transmitancia en dicho estudio está por encima del 40% el cual nos indica que la pasta de almidón es clara y transparente que puede ser utilizado en la industria de alimentos como son en la elaboración de gelatinas, mermeladas y confitería para la elaboración de gomitas (Hernández *et al.*,2008) y (FAO 2007).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La capacidad de retención de agua del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) expresado en porcentaje fue un valor de 247% o 2.47g gel/g de muestra de almidón.

La obtención de la temperatura de gelatinización del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) fue un valor promedio de $60.32^{\circ}\text{C} \pm 0.77$.

La retrogradación o estabilidad a la refrigeración del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) expresada como la cantidad de sinéresis de 1.46% en promedio evaluados al quinto día.

Se estableció la claridad de pasta del almidón nativo de vituca (*Colocasia esculenta*) en un 67.03 ± 1.97 % de transmitancia (T), clasificándose como un almidón de pasta clara y transparente en dicha investigación.

5.2. RECOMENDACIONES

Evaluar las características funcionales de la vituca fresca, por ser un tubérculo con gran aporte nutricional y energético en la alimentación, fomentando de esta manera el cultivo y consumo de los cormos de esta planta.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adarve, M. y Mejía, Luis. (2012). Obtención y caracterización físico-química de almidón fermentado de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Vitae, Universidad de Antioquia, vol. 19, (1). Pp s255-s257. Medellín, Colombia]. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914077.pdf>
- Aguilera (2009). Harinas de Leguminosas Deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales [Tesis Doctoral] <https://digital.csic.es/bitstream/10261/101592/1/Harinas%20de%20leguminosas%20deshidratadas.pdf>
- Álvarez, A., Delgado M., Reyes E. (2014). Extracción de almidón de la malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). [Tesis. Universidad. El Salvador Centro América. 68 p]. Obtenido: <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/ALI/0001970-ADTESAE.pdf>
- Angamarca, S. (2013). Evaluación de diferentes niveles de almidón de dos tubérculos amazónicos *Manihot esculenta* y *Colocasia esculenta* en la elaboración de manjar de leche. [Tesis. Ingeniería en Industrias Agropecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio digital https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2119/TS_TCJL_2022.pdf?sequence=1

- Arguedas, F. y Burga, J. (2008), “Caracterización del almidón de colocasia esculenta L. Schott provenientes de los Departamentos de Cajamarca y San Martín”. [Tesis Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Farmacia y Bioquímica].
- Aristizábal y Sánchez, (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca.
- Ashri, A., Yusof, M., Jamil, M., Abdullah, A., Yusoff, S., Aril, M., & Lazim, A. (2014). Physicochemical characterization of starch extracted from Malaysian wild yam (*Dioscorea hispida* Dennst.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(8), 652-658.
<https://doi:10.9755/ejfa.v26i8.17098>
- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. Cuarta edición. En línea:
<https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>
- Badui, S. (2013). Química de los alimentos. 5 Ed. México, Pearson. p 68,70,74,76.
- Barreto, S. A., Rojas de Gascue, B., Prin, J. L., Pérez, E. Y Ortiz, S. (2012). Necesidad de sustitución de las fuentes tradicionales de almidón: avances en los estudios de gránulos de almidón obtenidos de Ocumo chino (*Colocasia esculenta* L schott) y de sus mezclas con Canavalia (*Canavalia ensiformis*). *Rev. LatinAm. Metal. Mat.* S5: 12-15
- Bemiller, J. & Wistler, R. (2009). Starch: chemistry and technology. 3ed. Burlington, US, Editorial Academic Press. 879 p. disponible en
<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe6b4556-3e94-43d0-b70d-f16cf95c3adf/content>
- Biliaderis, C. G. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 69: 60-78.
- Buleón, A., Colonna, P., Y Leloup, V. (1990). “Les amidones et leurs dérivés dans les industries des céréales”. *Industries alimentaires et agro-industrielles*. juin.515-532.

- Bustos, G. y Marapara, J. (2016) “Parámetros de secado en bandeja de colocasia esculenta (pituca) para la elaboración de harina y su utilización en galletas. [Tesis para titulación]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4902>
- Calle, J., Benavent-Gil, Y., & Rosell, C. M. (2020). Use of flour from cormels of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott and *Colocasia esculenta* (L.) Schott to develop pastes foods: physico-chemical, functional and 63 nutritional characterizations. *Food Chemistry*, 128666. <https://doi:10.1016/j.foodchem.2020.128666>
- Casarrubias, M. (2010). Digestibilidad y características moleculares de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y mango (*Mangifera indica* L.) modificados enzimáticamente. [Tesis Maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos]. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yuatepec, Morelos.
- Cheftel Henri, Claude Ch, Besancon P (1996). *Introducción a la Bioquímica y tecnología de alimentos*. España: Acribia.
- Cisneros et al., (2023). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por puré de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad del pan tipo francés. *Agroindustrial Science*. Vol 13 Universidad Nacional de Trujillo. Publicado el 02-05-2023. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5203>
- Cobana, M, & Antezana, R. (2007). Proceso de Extracción ed Almidón de Yuca por Vía Seca. *Revista Boliviana de Química*, 24(1), 78-84. Recuperado en 04 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602007000100014&lng=es&tlng=es.
- Cruz, A. (2010). Extracción de almidón del banano verde (*Musa Sapientum* variedad Cavendish) producto de desecho de las industrias bananeras y evaluación de su función como

- excipiente en la formulación de comprimidos. [Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala]. En línea http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2898.pdf
- Delgado, Y. (2018). Realiza un estudio, aplicaciones de almidones nativos y modificados en la industria láctea y cárnica. [Tesis UNAM]. Repositorio institucional <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3294>
- Eltayeb, A., Ali, A., Abou-Arab, A. And Abu-Salem, F. (2011). Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *African Journal of Food Science* Vol. 5(2): 82-90.
- Espino *et al.*, (2016). Evaluación de los atributos de textura: suavidad y esponjosidad de un pan tipo pambazo con distintas formulaciones. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 606-611.
- Falade, K. & Okafor, C. (2013). Physicochemical properties of five cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) starches. *Food Hydrocolloids*, 30: 173–181.
- Fennema, O., Tannenbaum S. (1993). *Introducción a la química de los alimentos*. Barcelona. España: Reverte.
- Fennema. (2000). *Química de los alimentos- carbohidratos*. Zaragoza Acribia pp 228-245-262-264.
- Fennema. (2010). *Química de Alimentos*. Tercera edición. Ed. Acribia S.A. Zaragoza – España. 2000p.
- Figuroa, M. y Urbina, E., (2001). *Modificación Química del Almidón de Yuca*. [Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Nicaragua] recuperado de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8981/1/190353.pdf>

- García, E. (2023). Efecto de la fertilización química a base de npk sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pituca (*Colocasia esculenta* Schott) en la zona de Aucayacu. [Tesis. Universidad Nacional Ucayali]. Repositorio Institucional. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6192/B4_2023_UNU_AGRONOMIA_2023_T_ELITA_GARCIA_V1.pdf?sequence=1
- Garnica, et al. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. Subespecie andigena) para la industria de alimentos. *Revista Alimentos Hoy* 19(21): 3-15
- Gonzales *et al.*, (2014). Almidón Nativo y Modificado. Obtención, cuantificación, modificación y usos. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.
- Gonzales *et al.*, (2021) Caracterización Proximal, Microbiológica y Nutricional en Harina de Papa China de la Variedad Blanca *Colocasia esculenta* Para su Aplicación en Alimentos Funcionales. *Revista ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(1), 411–429 <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/9577-Article%20Text-44118-2-10-20210930.pdf>
- Granados *et al.*, (2014). Propiedades Funcionales del Almidon de Sagu (*Maranta arundinacea*). *Revista. Bio. agro. Vol 12. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Colombia*
- Granito et al., (2004). Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna Sinensis*. *In-terciencia*, 29(9), 2004, p. 521-526.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.

- Han, L. (2013). Los efectos del gluten de trigo vital y de la transglutaminasa en las propiedades termomecánicas y reológicas dinámicas de la masa de alforfón. *Revista de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 1 (3), 561–569.
- Henk. 2005. Proteína de soja y fórmulas para productos cárnicos. Zaragoza, España, Acribia. p. 205-206.
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Revista. Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 718-726.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339669014>
- Huamaní, E. (2018). Extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (*colocasia esculenta*) de la Región de Ayacucho. [Tesis. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga Perú]. Repositorio institucional
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3331/1/TESIS%20IA278_Hua.pdf
- Jiménez, E. y Martínez, S. (2016). Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*manihot esculentum*) variedad Guayape. [Tesis Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/865>
- Lamadrid-Avenidaño, A., Bernal-Gracida, L. A., Moralesmeza, M. G. (2009). Capacidad de adhesión y fermentación a gránulos de almidón de papa por bacterias ácido-lácticas silvestres para evaluar su actividad como prebiótico. *Revista. del Centro de Inv. (Méx.)*. 8(31).

- Lindeboom, N., Chang, P.R., Tyler, R.T. (2004). Analítico, Aspectos bioquímicos y fisicoquímicos del tamaño de gránulos de almidón, Whit El énfasis en los almidones de gránulos pequeños: una revisión. *Almidón / Starke*, 56: 89 -99.
- Lois y Zaruchi (1993). Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. Monografías en Botánica Sistemática del Jardín Botánico de Missouri. Volumen 45. Disponible en herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Londoño et al., (2014) Physicochemical, morphological, and rheological characterization of *Xanthosoma robustum* Lego-like starch. *International J. of Biol. Macromolecules*, 65:222–228.
- Lòpez et al., 1995. Raíces y tubérculos, 2da ed. Cuba.Editorial Pueblo y Educaciòn. Repositorio <https://repositorio.una.edu.ni/2140/1/tnp33e59.pdf>
- López, R. (2017). Caracterización fisicoquímica de almidón procedente de Camote (*ipomoea batatas*), arracacha (*arracacia xanthorrhiza bancroft.*) y Oca (*oxalis tuberosa*). *Revista scielo*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_a21f29ba0ba07a4147478d070c60d25b/Details.
- Losada, (2005). Producción del cultivo de papa china (*colocasia esculenta*) utilizando dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica. [Proyecto de investigación]. Sangolqui- Ecuador.
- Martínez, J., López, R., Ramos, J., Ramírez, M., y Ramos, R., (2022). Generación de tecnología para la producción sustentable y uso integral de malanga. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en línea: <https://sii.ecosur.mx/Content/ProductosActividades/archivos/55866/textocompleto-17-01-2024-11-23.pdf>

- Martínez, P., Peña, F., Gómez, Y., Vargas, G., & Velezmoro, C. (2019). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) var. 'única'. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 338-351. Recuperado en 26 de julio de 2024, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S1810-634X2019000300006&lng=es&tlng=es
- Mendoza et al., (2018). Propiedades Funcionales de Almidones de Ñame (*Dioscorea alata*). *Revista. Bio.Agro vol.16. (Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial)*. disponible en línea http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612018000200099&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Meneses J., Corrales C., Valencia M., (2007). Síntesis y Caracterización de un Polímero Biodegradable a Partir del Almidón de Yuca. *Revista EIA. Esc.Ing.Antioq no.8* . Disponible en línea: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006
- Montaldo, A. y Pinedo, M.1975.Tipos de Cultivos – Hortalizas Amazónicas – Name 1991.Ecuatorial páginas. Apoyo Agro Tecnología innovación. Agrícola Cultivos.Pp.131-162.
- Montano A. (2013). Modificación física del almidón de maíz a escala nanométrica para su uso en la Industria Alimentaria. [Tesis Universidad veracruzana]. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46810/MontanoAragonAnabell.pdf?sequence=2>

- Montenegro y Pérez, (2015). Obtención de bioetanol por hidrólisis enzimática y fermentación a partir de almidón de vituca (*Colocasia esculenta*) Lambayeque. [Tesis. Universidad Señor de Sipán. Lambayeque]. 79 p.
- Morales O. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (colocasia esculenta). Espacio y Desarrollo N° 24, 2012, pp. 97-117 (ISSN 1016-9148) Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7587>
- Murillo. A. (2014). Evaluación de la funcionalidad del almidón de tres variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.k) en productos alimenticios, según sus características fisicoquímicas y térmicas. [Tesis. Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional. Obtenido de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2119/TS_TCJL_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Obregón, R. y Estrella, P. (2014). Efecto de la modificación química del almidón nativo de papa (*solanum tuberosum*), sobre sus características fisicoquímicas y reológicas. [Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú]. Obtenido de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1956/Obregon%20Vento%20-%20Estrella%20Parian.pdf?sequence=1>
- Oñate, (2018). Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (fragaria x ananassa Duchesne) en base a almidon de papa china (*Colocasia esculenta* Scott) de la variedad blanca. [Proyecto de Investigación, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador].
- Opara, L. 2003. Edible aruids: post – Harvest operation. Edited by AGS/FAO: PhD, Technical.

- Orozco *et al.*, 2014. Valoraciones agronómicas y de rendimiento en la cosecha de papa China en el trópico húmedo colombiano. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*. Vol5. Número 2. Universidad Nacional de Colombia. <https://dialnet.unirioja.es>
- Osundahunsi, F.; Fagbemi, T.; Kesselman, E.; Shimonie. Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 8, p. 2232-2236, 2003. <https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/>
- Pacheco y Techeira (2009). Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*dioscorea alata*) art. INCI v.24 disponible en línea: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000400012
- Pajar M. (2008). Elaboración de hojuelas de pituca (*colocasia esculenta* L. schott. [Tesis de grado de industrias alimentarias. Universidad del centro del Perú].
- Piñeros D. (2003). Desarrollo de un protocolo de desarrollo de extracción de almidón de *Colocasia esculenta*. [Trabajo de grado. Universidad de los Andes. Bogotá]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/482b535d-4300-4457-b885-78e44000b9e5/content>
- Práctica de cultivo de la pituca o colocasia esculenta. [En línea] [Citado el: 15/10/2024.] <https://es.scribd.com/doc/175577535/Practica-de-Cultivo-de-La-Pituca-o-Colocasia-Esculenta>.
- Quicaña z. (2014). "Extracción y Caracterización del Almidón de Achira (*Canna Edulis*).". [Tesis Universidad Nacional De San Cristobal De Huamanga.] Repositorio Institucional.
- Rincón, G., (2004). Almidón nativo de *Arracacia xanthorrhiza* "arracacha" (Editorial Alhambra Mexicana México. pp. 289-298.

- Ríos, (2014). Análisis comparativo de las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del almidón obtenido a partir de dos especies de malanga (*Colocasia esculenta* y *Colocasia antiquorum*) cultivadas en el estado de Oaxaca. [Tesis de titulación]. Mexico
- Rodríguez Ávila, N. L., Arango Bedoya, C. A., y Gutiérrez Villamil, P. S. (2012). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de la harina de pajuero (*Erythrina edulis*). *Revista de Investigación en Alimentos*, 21(2), 134-141
- Rodríguez et al., (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la region de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. Volumen 15 No 43, p. 37-47.
- Rodriguez, M. (2006) “Obtención y caracterización de almidones modificados de Malanga (*Colocaste esculenta*) y Trigo (*Tritímm mtíwum*) y su aplicación en la fabricación de yogurt” [Tesis. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Basicas]. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46905/RodriguezReyesMiosokizYomara1d2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas J. (2017). Aplicación de Almidones Nativos y Modificados en el Desarrollo de Postres Instantáneos: Mazamoras. [Trabajo monográfico para titulación. Universidad Nacional Agraria la Molina] Repositorio Institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/11506fbd-441a-4978-a686-ea5bc0ca0a4b>
- Salas (2018). Caracterización Fisicoquímica y Propiedades Funcionales del Almidón de Arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza*) Modificado por Irradiación Uv-C. [Tesis Universidad Del Tolima].
- Sanchez y Alvarado (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de la mezcla de alcohol polivinílico y amilosa extraída del almidón de *Colocasia esculenta* (pituca)

- proveniente del distrito de Yambrasbamba. [Tesis. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas].
- Schmiele, M., Hackbart Da Silva, L., Pinto Da Costa, P., Da Silva Rodrigues, R., & Chang, Y. (2011). Influence of oat flour particle size on water absorption, dough development and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(1), 105-112.
- Severo I., Cárdenas E., Pérez F., Trujillo J., Gonzáles, Pariona. (2020) Contenido de Almidón Nativo de Variedades Nativas de Papa (*Solanum*spp.) Starch concentration of native Andean potato varieties (*Solanum*spp. *Revista Investigación Agraria*. 2020;2(1):15-25. Disponible en línea. <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/832/713>
- Silva, J. (2020). Utilización de harina de chachafruto como sustituto de harina de trigo en la fabricación de galletas. *Revista de Nutrición y Ciencia de los Alimentos*, 24(3), 78-85.
- Sinesterra, 2014 Evaluación del rendimiento de la papachina (*colocasia esculenta* l.) en dos fincas del corregimiento no. 8 de Buenaventura, Valle del Cauca. Repositorio <https://repositorio.unipacifico.edu.co/bitstream/handle/unipacifico/206/Trabajo%20grado%20papachina.pdf?sequence=1>
- Singh, S., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, n.s. y Gill, b.s. (2003). Propiedades morfológicas, térmicas y reológicas de los almidones de Diferentes fuentes botánicas - Una revisión. *Química de los alimentos*, 81: 219-231.
- Sit et al., (2014) Characterization of Physicochemical, Functional, Textural and Color Properties of Starches from Two Different Varieties of Taro and Their Comparison to Potato and Rice Starches. *Food Science and Technology Research*, 20(2):357–365.
- Sivack, M y Preiss, J (1998). Almidón: ciencia básica para Biotecnología. En: *Avances en la investigación alimentaria y nutricional*. Nueva York, prensa académica. p41.

- Solarte J., Díaz A., Osorio O., & Mejía D. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Solorza, et al., (2002). Reología de okenia dispersiones de almidón hipogaea en soluciones arqueus de DMSO. *Almidón*, p: 198-202.
- Songor, M. y Tenesaca, A. (2019). Extracción y uso de almidón de papa china (*Colocasia Esculenta*) en la elaboración de productos cárnicos emulsionados. [Trabajo de titulación. Universidad de Cuenca. Ecuador]. Repositorio institucional. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32116>
- Torres, A., Montero, P., & Duran, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 52-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816007>
- Trujillo, J. (2022). Caracterización morfológica, color, propiedades funcional y térmica de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta* L. Schott) en Tingo María. [Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional obtenido de: <https://repositorio.unas.edu.pe/items/d7b25722-ffac-4eb9-b512-ec6aa9d9a22b>
- Vílchez., et al (2012). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii* Walp). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), 126-137. Recuperado en 01 de diciembre de 2024, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000200007&lng=es&tlng=es

- Wang, S., Jinglin. Y., Juigao. Y., Haixia, C., Jilping. P., Hongyan. L. (2007). Caracterización parcial de almidones de la sede de Dioscorea. *Revista de Ingeniería de Alimentos*, 11: 01-07.
- Yaruro N. (2018). Evaluación de las Propiedades Fisicoquímicas, Térmicas y Microestructurales del Almidón de Achira (*Canna edulis*). [Tesis para optar título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia]. Obtenido del Repositorio Institucional. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69533>
- Yungan, (2015). Efecto del método de extracción del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum* ruiz & amp_m pav.) en las características fisicoquímicas y reológicas. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador].
- Zhou et al. (2013). In vitro analyses of resistant starch in retrograded waxy and normal corn starches *international journal of biological macromolecules*, 55, pp. 113-117
- Zhu F. (2016) Structure, properties, and applications of aroid starch. *Food Hydrocolloids*, 52, 378–392. <https://doi:10.1016/j.foodhyd.2015.06.023>