

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**

TESIS

**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DE LAS
PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DEL
ARAQ PAPA (*Solanum tuberosum*) PROCEDENTE DEL
DISTRITO Y PROVINCIA DE ACOBAMBA –
HUANCAMELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

Bach. NICOLAS VARGAS SEDANO

Bach. NILDA FLORES NAVARRO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ACOBAMBA-HUANCAMELICA

2021



ACTA DE SUSTENTACION O APROBACION DE UNA DE LAS MODALIDADES DE TITULACION

En la ciudad Universitaria de “Común Era”, que se llevó la sustentación por vía virtual cuyo enlace meet.google.com/daf-yniu-yvk. A los 13 días del mes de MAYO del año 2021, a horas 08:00 am, se reunieron; los miembros del Jurado Calificador, que está conformado de la siguiente manera:

- PRESIDENTE** : Dr. David, RUÍZ VILCHEZ.
- SECRETARIO** : Mtro. Alfonso, RUÍZ RODRÍGUEZ.
- VOCAL** : Mg. Jovencio, TICSIHUA HUAMAN
- ACCESITARIO** : Mg. Almer, VENTURA ROMAN

Designados con resolución N°- 044-2021-D-FCA-UNH; del: proyecto de investigación Titulado: **“EVALUACIÓN FISCOQUÍMICA Y DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DEL ARAQ PAPA (*Solanum tuberosum*) PROCEDENTE DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ACOBAMBA – HUANCAVELICA”**

Asesorado por: Mtro. Franklin, ORE ARECHE.

Cuyos autores son los graduados: BACHILLERES:

FLORES NAVARRO, Nilda.

VARGAS SEDANO, Nicolás.

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar la plataforma virtual; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO POR :..... **UNANIMIDAD**

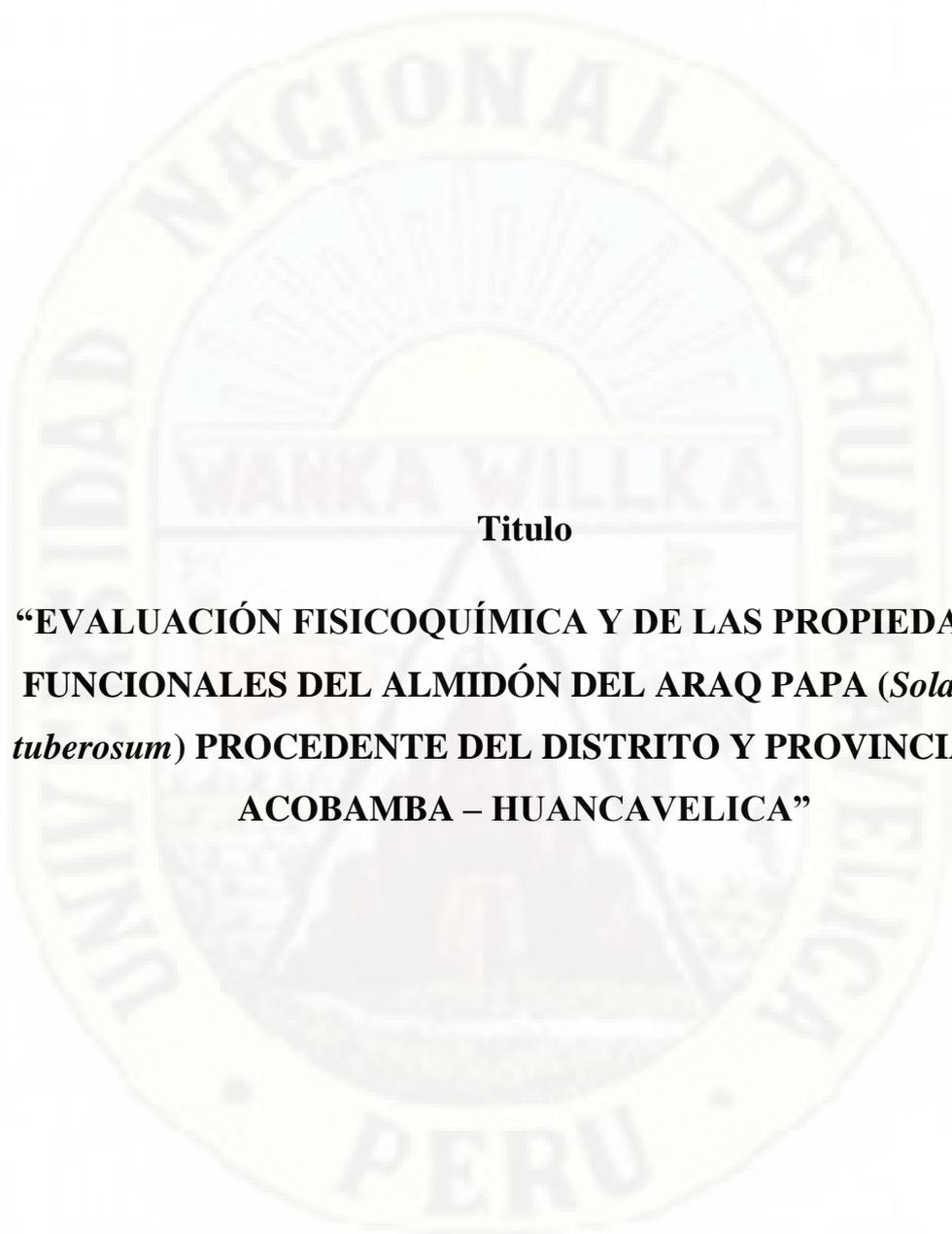
DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

 Dr. David, RUÍZ VILCHEZ.
 Presidente

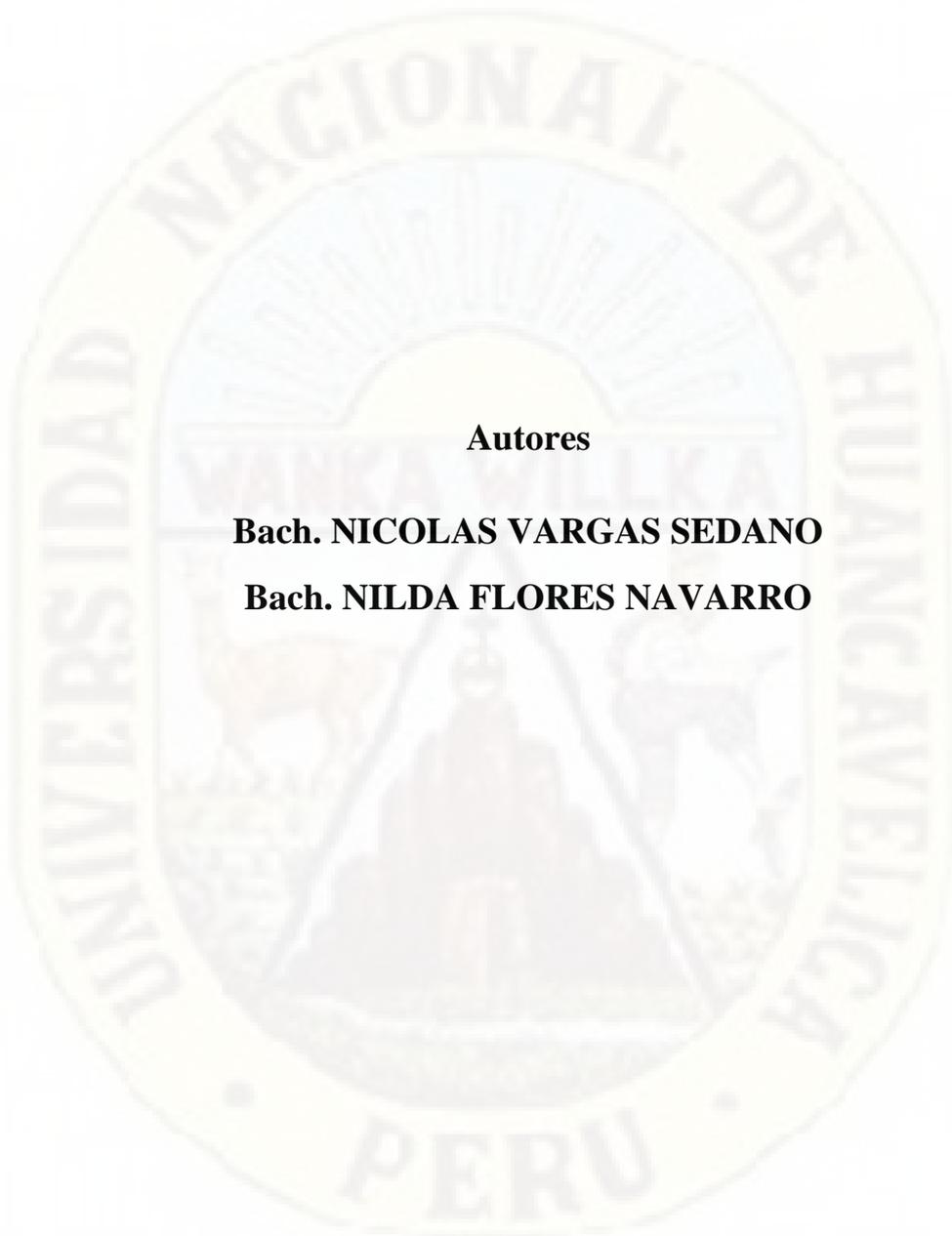
 Mtro. Alfonso, RUÍZ RODRÍGUEZ.
 Secretario

 Mg. Juvencio, TICSIHUA HUAMAN
 Vocal



Titulo

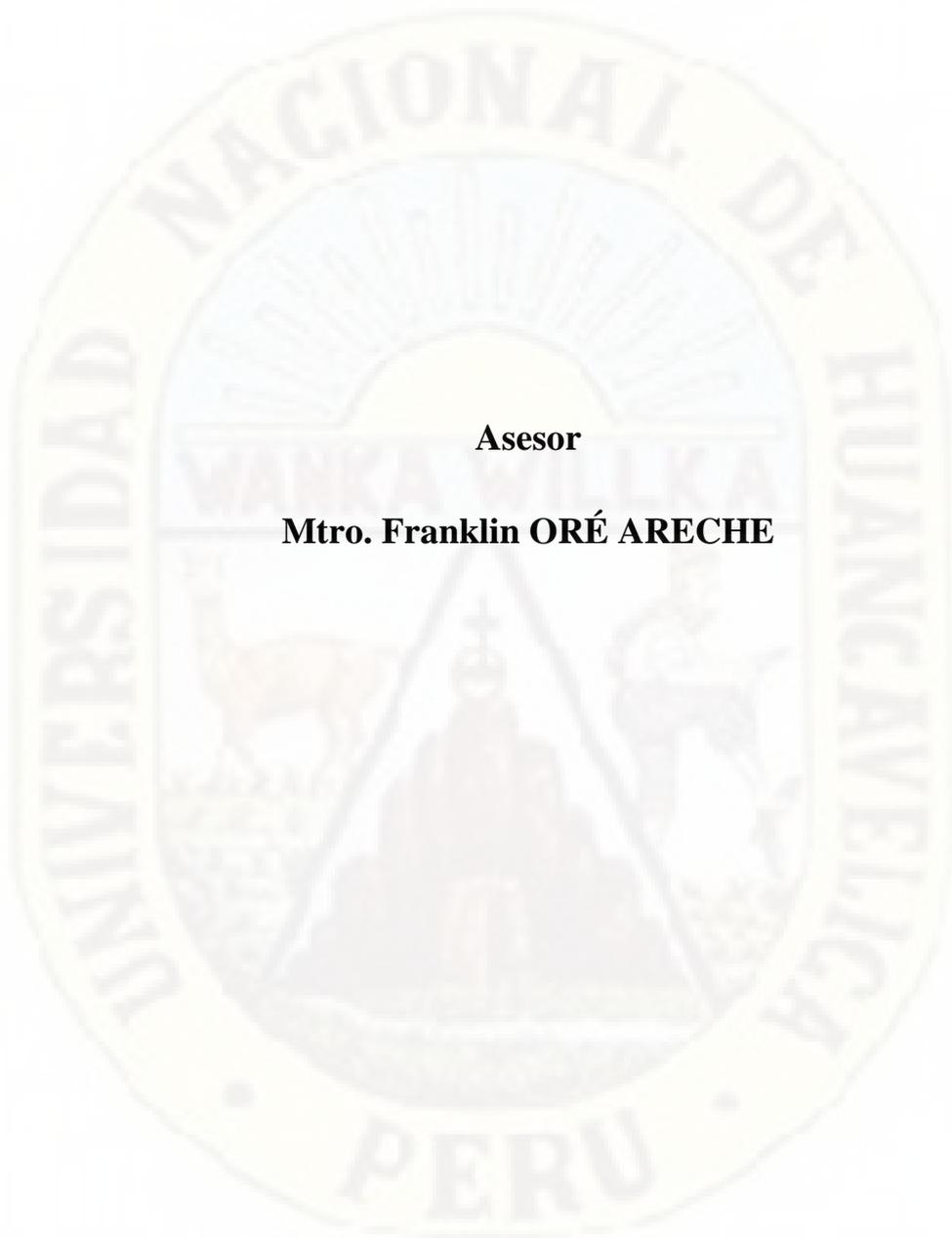
**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DE LAS PROPIEDADES
FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DEL ARAQ PAPA (*Solanum
tuberosum*) PROCEDENTE DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE
ACOBAMBA – HUANCVELICA”**



Autores

Bach. NICOLAS VARGAS SEDANO

Bach. NILDA FLORES NAVARRO



Asesor

Mtro. Franklin ORÉ ARECHE



Dedicatoria

A Dios.

Por iluminar nuestro camino hacia nuestra visión y por hacer posible todo lo que necesitamos.

A nuestros padres.

Por darnos la vida, apoyos incondicionales y los buenos consejos para culminar con nuestros estudios.

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento, admiración y respeto a las siguientes personas que me apoyaron para la realización de este proyecto de investigación.

- A Dios todopoderoso, a nuestros padres y familiares cercanos por sus apoyos incondicionales que nos brindaron día a día hasta culminar nuestros estudios.
- A la Universidad Nacional de Huancavelica, que nos brindó una formación académica completa y en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por compartir sus conocimientos, experiencias que contribuyeron eficazmente en nuestra formación académica y profesional.
- Al Mtro. Franklin ORE ARECHE, asesor de nuestro proyecto de investigación por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente y por sus consejos.

ÍNDICE

Titulo.....	iii
Autores	iv
Asesor.....	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen.....	xiv
Abstract	xv
Introducción	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivo específico.....	2
1.4. Justificación	2
1.5. Limitaciones.....	3
CAPÍTULO II:	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	8
2.2.1.1. Origen de la papa	9
2.2.1.2. Clasificación botánica.....	10
2.2.1.3. Morfología	10
2.2.1.4. Variedades de la papa	13
2.2.1.5. Composición nutricional de la papa.....	13
2.2.1.6. Descripción de las propiedades de la papa.....	15
2.3. Bases conceptuales.....	17
2.3.1. Almidón.....	17

2.3.1.1. Composición del almidón de papa	18
2.3.1.2. Propiedades fisicoquímicas del almidón.....	20
2.3.1.3. Propiedades funcionales del almidón.....	24
2.4. Definición de términos.....	36
CAPÍTULO III:.....	38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1. Ámbito temporal y espacial	38
3.1.1. Ámbito temporal	38
3.1.2. Ámbito espacial.....	38
3.1.2.1. Ubicación política	38
3.1.2.2. Ubicación geográfica	38
3.2. Tipo de investigación	38
3.3. Nivel de investigación.....	38
3.4. Población muestra y muestreo	39
3.4.1. Población.....	39
3.4.2. Muestra.....	39
3.4.3. Muestreo.....	39
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.5.1. Métodos de investigación.....	39
3.5.2. Diseño de Investigación	39
3.5.3. Obtención del almidón de araq papa	40
3.5.3.1. Proceso de extracción del almidón.....	40
3.5.3.2. Descripción del proceso	40
3.5.4. Rendimiento	41
3.5.5. Composición química proximal	41
3.5.6. Propiedades funcionales	41
3.5.6.1. Determinación de la temperatura de gelatinización	41
3.5.6.2. Determinación de la claridad del gel del almidón.....	42
3.5.6.3. Determinación de la viscosidad	42
3.5.6.4. Determinación del IAA, ISA y PH	43
3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos	44

CAPÍTULO IV	45
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	45
4.1. Rendimiento	45
4.2. Composición proximal.....	45
4.3. Propiedades funcionales.....	46
4.3.1. Temperatura de gelatinización	46
4.3.2. Claridad de los geles de almidón.....	46
4.3.3. Viscosidad	47
4.3.4. Índice de absorción de agua (IAA)	47
4.3.5. Índice de solubilidad en agua (ISA).....	47
4.3.6. Poder de hinchamiento	48
4.4. Discusión de resultados.....	48
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Referencias bibliográficas	55

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Composición nutricional por cada 100 g de papa.	15
Tabla 2. Composición de almidón de papa contenido de humedad y componentes menores.	20
Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina.	21
Tabla 4 Rendimiento de extracción de almidón del araq papa.	45
Tabla 5. Propiedades químico proximal del tubérculo y almidón del araq papa.	45
Tabla 6. Temperatura de gelatinización del almidón de araq papa.	46
Tabla 7. Claridad del gel del almidón de araq papa.	46
Tabla 8. Claridad del gel del almidón de araq papa.	47
Tabla 9. ISA del almidón de araq papa.	48
Tabla 10. Poder de hinchamiento del almidón de araq papa.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de obtención de almidón de papa	40
Figura 2. Tubérculos del araq papa.....	67
Figura 3. Lavado del araq papa.....	67
Figura 4. Pesado del araq papa.....	68
Figura 5 Rayado del araq papa.....	68
Figura 6. Muestra triturada.....	69
Figura 7. Lavado.	69
Figura 8. Decantación.	70
Figura 9. Almidón de araq papa.....	70

ANEXOS

ANEXO 1. Constancia de analisis del tuberculo.....	64
ANEXO 2. Constancia de analisis del almidon.....	65
ANEXO 3. Constancia de analisis funcional del almidon.....	66
ANEXO 4. Imágenes del desarrollo de la investigacion	67



Resumen

El araq papa es un tubérculo que crece naturalmente en muchos terrenos de cultivo dentro de los maizales, haba u otros cultivos, los cuales son desapercibidos por su desconocimiento pese a su agradable sabor. Uno de los mayores componentes de este tubérculo es el almidón. el objetivo de fue determinar la característica químico proximal de los tubérculos del araq papa, determinar el rendimiento en la extracción del almidón de araq papa, determinar la característica químico proximal del almidón del araq papa y evaluar las propiedades funcionales del almidón del araq papa. La retrogradación del almidón se determinó mediante la medición de la sinéresis y claridad. Las propiedades funcionales y térmicas se investigaron mediante el uso del reómetro híbrido (DHR3) y un multicalorímetro diferencial de barrido (MDSC). Los perfiles del esfuerzo de corte y velocidad de cizalla indicaron que los geles de almidón presentaron un comportamiento no-newtoniano. Los estudios sobre las transiciones de fase asociados a la gelatinización mostraron valores significativamente menores para la temperatura de inicio (T_0), la temperatura de pico (T_p) y la temperatura final (T_c). El rendimiento fue de 10,19%, y los resultados de las características químicas proximales del almidón extraído a partir del araq papa mostraron un contenido de: 9,43% de humedad, 0,36% de ceniza, 0,04% de grasa, 0,51% de proteína, 0,00% de fibra y 89,66% de carbohidratos, por 100 g de muestra; las propiedades funcionales evaluadas del almidon mostraron los siguientes resultados: temperatura de gelatinización fue de 62 °C, la claridad del gel del almidón fue de 6,0 en 72 horas el Índice de absorción de agua fue 10,45; el Índice de solubilidad de agua fue de 3,48; el poder de hinchamiento del almidón fue de 10,57. Todos estos resultados se encuentran dentro del rango de los almidones comerciales.

Palabras Clave: araq papa, tubérculo, almidón, químico proximal.

Abstract

The araq papa is a tuber that grows naturally in many cultivated areas within cornfields, broad beans or other crops, which are unnoticed due to their ignorance despite their pleasant taste. One of the major components of this tuber is starch. The objective of was to determine the proximal chemical characteristic of the araq papa tubers, determine the yield in the extraction of the araq papa starch, determine the proximal chemical characteristic of the araq papa starch and evaluate the functional properties of the araq papa starch. Retrogradation of starch was determined by measuring syneresis and clarity. The functional and thermal properties were investigated using the hybrid rheometer (DHR3) and a differential scanning multicalorimeter (MDSC). The shear stress and shear rate profiles indicated that the starch gels exhibited non-Newtonian behavior. Studies on phase transitions associated with gelatinization showed significantly lower values for the start temperature (T_o), the peak temperature (T_p) and the final temperature (T_c). The yield was 10.19%, and the results of the proximal chemical characteristics of the starch extracted from the araq potato showed a content of: 9.43% moisture, 0.36% ash, 0.04% fat 0.51% protein, 0.00% fiber and 89.66% carbohydrates, per 100 g of sample; the evaluated functional properties of the starch showed the following results: gelatinization temperature was 62 ° C, the clarity of the starch gel was 6.0 in 72 hours, the water absorption index was 10.45; the water solubility index was 3.48; the swelling power of the starch was 10.57. All of these results are within the range of commercial starches.

Keyword: araq papa, tubérculo, almidón, químico proximal.

Introducción

La papa constituye una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron y cultivaron por su agradable sabor, caracterizado por desarrollarse en ambientes con frecuentes heladas y sequías. En el Perú se encuentran más de 3000 variedades de papa, la mayoría son cultivadas sobre los 3000 msnm, a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan a la papa una naturalidad especial, las cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes y casi sin aplicación de pesticidas.

En la provincia de Acobamba del departamento de Huancavelica es la principal fuente de ingresos para los pequeños productores de papa además de formar parte de la canasta alimentaria. El araq papa es un tubérculo que crece naturalmente en muchos terrenos de cultivo dentro de los maizales, haba u otros cultivos, los cuales son desapercibidos por su desconocimiento pese a su agradable sabor.

Uno de los mayores componentes de estos tubérculos es el almidón. El almidón representa una excelente materia prima y tiene un número enorme de aplicación como estabilizantes, adhesivo, ligante, etc. Sin embargo, en nuestra provincia ha dado mayor énfasis a la investigación con relación a las propiedades genéticas y agronómicas de las papas nativas; pero poco se ha estudiado sobre las propiedades fisicoquímicas del almidón del araq papa.

En la industria de los alimentos, es importante porque ofrece una amplia gama de propiedades tecno-funcionales que determina la calidad del producto final. Por tal razón se estudiarán las propiedades fisicoquímicas del almidón del araq papa, los cuales podrían ser utilizadas en la industria de alimentos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El Perú cuenta con innumerables recursos, que a la fecha no han sido estudiados. El departamento de Huancavelica es una región donde también se observa diversidad de recursos naturales, la provincia de Acobamba no es ajena a esta situación y presenta diversidad de recursos agrícolas que todavía han sido estudiados, como es el caso del araq papa (*Solanum tuberosum*) que no tiene antecedentes de estudio dentro del departamento de Huancavelica y la provincia de Acobamba, por lo cual se plantea realizar un análisis fisicoquímico y determinación de almidón al araq papa (*Solanum tuberosum*). Al realizar este estudio se estará dando inicio para que trabajos posteriores puedan profundizar con mayor facilidad, y la vez este trabajo les servirá como antecedente a ellos.

La tendencia de los últimos años es consumir alimentos naturales de alto valor nutritivo y de muy buena calidad y con una mejor aceptación, y uno de los productos es el araq papa (*Solanum tuberosum*) que cuenta con un alto valor nutritivo.

El araq papa (*Solanum tuberosum*) es un producto que crece junto con los demás cultivos como maíz, haba entre otros, sin que nadie lo siembre, el crecimiento de este araq papa (*Solanum tuberosum*) se da por la semilla que nadie lo cosecha año tras año, y durante su crecimiento no necesita ninguna fertilización ni aplicación de pesticidas lo cual garantiza que es un producto. Hoy en día la población está valorando los productos orgánicos debido al valor nutritivo que ellos poseen. Por esta razón se pretende realizar un análisis fisicoquímico y determinación de almidón al araq papa, para posteriormente darle un uso agroindustrial.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál será la característica química proximal y las propiedades funcionales del almidón del araq papa (*Solanum tuberosum*)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la característica químico proximal y las propiedades funcionales del almidón del araq papa (*Solanum tuberosum*).

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar la característica químico proximal de los tubérculos del araq papa.
- Determinar el rendimiento en la extracción del almidón de araq papa.
- Determinar la característica químico proximal del almidón del araq papa.
- Evaluar las propiedades funcionales del almidón del araq papa.

1.4. Justificación

El araq papa se desarrolla en la sierra del Perú, por lo tanto, en la provincia de Acobamba del departamento de Huancavelica se observa este producto y nadie lo toma importancia, por lo cual nace el interés de realizar una caracterización fisicoquímica y evaluar las propiedades funcionales del almidón, para conocer sus propiedades que posee.

El presente trabajo de investigación aportará la información científica, que servirá como base en relación a sus características fisicoquímicas y sus propiedades funcionales del almidón del araq papa, además, permitirá ampliar los conocimientos científicos al evaluar las características fisicoquímicas del araq papa; así mismo será como punto de partida y aporte para otros trabajos de investigación relacionados a la agroindustria.

El proyecto de investigación, tendrá mucha relevancia en el aspecto social, ya que, por hacer conocer las propiedades de un producto orgánico tendrá un impacto en los consumidores que posteriormente demandarán y los agricultores se involucrarán en el cultivo, así podrán incrementar sus ingresos económicos, de esta manera contribuyendo a una mejor calidad de vida de cada uno de ellos.

1.5. Limitaciones

Durante la ejecución de la presente investigación por su carácter básico y descriptivo se presentaron algunas limitaciones y se limita a los siguientes aspectos:

- Conseguir la muestra fue complicado debido a que los propietarios de los terrenos no permiten su ingreso a sus terrenos.
- Reporta esencialmente datos de la variedad yana allqa raq papa producidos en el distrito y provincia de Acobamba - Huancavelica.
- Los resultados se limitan al ámbito espacial del estudio.
- Aquellos aspectos que no se reportan ni discuten serán puestos en la sección de recomendaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

G. Vargas; P. Martínez & C. Velezmoro (2016), El presente trabajo tuvo como objetivo obtener, caracterizar y modificar, químicamente por acetilación, el almidón de una variedad comercial de papa, Única. La extracción se realizó con agua y la modificación química se realizó por acetilación mediante anhídrido acético a diferentes niveles (% v/w de almidón): 5, 10 y 15%. Se caracterizó el almidón nativo y almidón modificado: composición proximal, claridad, viscosidad aparente, estabilidad al congelamiento (sinéresis), y asimismo se midió el porcentaje de acetilación y el grado de sustitución. El rendimiento de extracción fue 16,5% y la viscosidad aparente del almidón nativo de papa fue 25000 mPa s. Asimismo, se seleccionó el almidón acetilado con 15% de anhídrido acético para su aplicación en un helado crema debido a sus características funcionales. La viscosidad aparente del gel de almidón AAc 15% fue 5429 mPa s. El porcentaje de acetilación varió de 0,44 a 1,26% y el grado de sustitución no excedió los niveles recomendadas por FAO y JECFA. El almidón AAc 15% mostró el mejor perfil funcional para su aplicación como estabilizante y espesante en alimentos refrigerados.

Solarte-Montúfar, Díaz-Murangal Osorio-Mora & Mejía-España (2019), en su trabajo de investigación tuvieron por objetivo determinar algunas propiedades reológicas y funcionales de almidone procedentes de dos variedades de papa nativa (*Solanum phureja*) de nombres Colombia y Jardínera y de la variedad mejorada, Latina. Se estudiaron seis propiedades funcionales: contenido de amilosa, índices de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, sinéresis, fuerza de fractura del gel (dureza). También, se determinaron cinco parámetros reológicos: temperatura de viscosidad máxima, temperatura de formación de pasta, viscosidad máxima, y periodos de rompimiento y recuperación de la viscosidad. Los datos se trataron mediante un diseño unifactorial categórico completamente aleatorizado. Los porcentajes de

amilosa oscilaron entre 24,82% y 26,27%. También se presentaron valores de viscosidad considerablemente altos, con un máximo de 7202 mPa s para la variedad Latina. Los almidones provenientes de estas tres variedades de papa criolla presentaron propiedades reológicas y funcionales atractivas que sugieren un potencial para fines industriales.

Martínez, Patricia, Peña, Fiorela, Gómez, Yelena, Vargas, Guino, & Velezmoro, Carmen (2019). La acetilación es una modificación química de la estructura del almidón que consiste en reemplazar un determinado número de grupos hidroxilos por grupos acetilos empleando anhídrido acético. Este proceso depende de ciertos factores, tales como la fuente de almidón, la concentración del anhídrido acético, el tiempo de reacción y el pH. El objetivo de este estudio fue caracterizar el almidón nativo (obtenido de la papa var. 'Única') y los almidones acetilados, mediante espectroscopía FT-IR, y evaluar sus propiedades fisicoquímicas (contenido de amilosa, color) y propiedades funcionales (poder de hinchamiento, solubilidad, capacidad de retención de agua, propiedades térmicas y propiedades de formación de pasta). Las muestras estudiadas fueron el almidón nativo (AN) y los almidones modificados por acetilación con diferentes concentraciones de anhídrido acético al 5%, 10% y 15% (AAc5%, AAc10% y AAc15%). Los contenidos de amilosa aparente para el almidón nativo y almidón acetilado (AAc15%) fueron 17,3 y 31,4 %, respectivamente. Los parámetros de color no cambiaron con la acetilación. La temperatura y entalpía de gelatinización, así como el perfil de formación de pasta, disminuyeron para los almidones acetilados con respecto al almidón nativo. Durante la prueba de formación de pasta, el almidón acetilado con 15% de anhídrido acético presentó un bajo valor de la viscosidad máxima (1599,4 mPa·s) con respecto al valor observado para el almidón nativo (3065,8 mPa·s).

Pardo C., Castañeda, J. & Ortiz, C. (2013), en su trabajo de investigación el objetivo fue caracterizar y comparar almidones provenientes de diferentes variedades de papa cultivadas en Boyacá, Colombia, por medio de análisis fisicoquímicos, de cristalinidad y térmicos. Utilizando análisis fisicoquímico, estructural y térmico, se evaluaron almidones de las variedades de papa Parda

Pastusa (P), Tuquerreña (T), ICA Huila (IH), ICA Puracé (IP), ICA Única (IU), Criolla Latina (C) y R-12 (R), cultivadas en el departamento de Boyacá, Colombia. En cada una de ellas se determinaron los contenidos de ceniza y proteína siguiendo métodos de la AOAC, humedad utilizando un analizador, estructura cristalina mediante difracción de rayos-X (DRX) y propiedades térmicas utilizando calorimetría diferencial de barrido (DSC). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los contenidos de humedad en almidones. El almidón de la variedad IU presentó el mayor contenido de ceniza y el de la variedad T, el menor. Los difractogramas mostraron para todas las variedades patrones de cristalinidad tipo B; no obstante, el almidón de las variedades IP, P, IU, T y IH presentó un patrón más cristalino que el de las variedades C y R. Los termogramas de los almidones mostraron el primer y segundo pico endotérmico, entre 123 y 163 J/g y entre 141 y 213.3 J/g, respectivamente, para las variedades IP, P, IU, T y IH; mientras que para los almidones de las variedades C y R estos valores fueron entre 68 y 77 J/g y entre 334 y 358 J/g, respectivamente.

Peña (2017), Se determinaron las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones extraídos de papas nativas de Ilave (Puno, Perú). Las variedades utilizadas se denominaron papas nativas dulces (Imilla Blanca e Imilla Negra) y papas nativas amargas (Lo'cka, Piñaza y Ocucuri Blanca), con el fin de encontrar nuevas fuentes de almidón para su uso en la industria e impulsar su expansión comercial. Por lo tanto, se realizaron análisis fisicoquímicos para evaluar si se encuentra dentro de los parámetros de calidad exigidos. Además, se analizaron los valores de amilosa (23,6-30,0%) y fósforo (550,75-827,07 ppm), debido a su importancia en algunas propiedades funcionales de los almidones. La retrogradación de los almidones de papa se ha determinado mediante la medición de sinéresis y claridad. Las propiedades reológicas y térmicas se investigaron utilizando el reómetro híbrido (DHR3) y la calorimetría de barrido diferencial múltiple (MDSC) y un multicalorímetro diferencial de barrido (MDSC). Los perfiles DE ESFUERZO de corte y velocidad de cizalla indicaron que los geles de almidón mostraron un comportamiento no newtoniano y el comportamiento

del flujo de geles de almidón podría describirse bien mediante el modelo de Herschel-Bulkley ($R^2 > 0,97$), mientras que el comportamiento viscoelástico tiene un predominio del módulo elástico (G') en todos los geles. Los estudios sobre las transiciones de fase asociadas con la gelatinización mostraron valores significativamente menores para la temperatura inicial (T_0), la temperatura máxima (T_p) y la temperatura final (T_c) para el almidón de la variedad Ocucuri Blanca. Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al azar y comparaciones de medias usando LSD (diferencia mínima significativa) de Fisher

Díaz (2015), en su trabajo de investigación su propósito del estudio fue determinar las propiedades físicas como la humedad y el tamaño de los gránulos de almidón; propiedades químicas: proteínas, lípidos, fibras, cenizas, carbohidratos, amilosa-amilopectina, acidez y pH; propiedades tecno-funcionales: temperatura de gelatinización, claridad de la pasta, viscosidad, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y estabilidad de congelación/descongelación por porcentaje de sinéresis. Los almidones de las cuatro variedades nativas de papa presentaron valores de humedad de 10,21-11,20% y el tamaño de los gránulos para el eje mayor y menor fue (26,80-55,02 μm y 20,05-35,09 μm) respectivamente. Estos almidones obtuvieron valores proteicos de 0,2067-0,82%; 0,026-0,060% de lípidos; 0,016-0,033% de fibra; 0,08-0,23% de cenizas y 88,09-88,84% de carbohidratos; el pH fue de 6,3 a 6,93; la acidez varió de 0,0047-0,005 ácido láctico/g de almidón; la amilosa estaba entre 32,687-40,267% y la amilopectina 59,733-67,313%. Las propiedades tecno-funcionales de la temperatura de gelatinización variaron de 63,9-70,0 $^{\circ}\text{C}$; la claridad de las carpetas obtuvo valores de porcentaje de transmitancia de 59,9-80,2%; una viscosidad de 9960-12266,7 cP (centipoise); un índice de absorción de agua 6,332-10,278 g de gel/g de muestra; un índice de solubilidad en agua 2,03-2,85 g soluble/g de muestra; 6,380-10,253% de poder de hinchamiento y estabilidad de congelación/descongelación de 0,1-15,7% de sinéresis del primer día y 0-7,93% de sinéresis del segundo día. Estos datos fueron analizados estadísticamente por

un DCA (diseño completamente al azar) y la comparación de múltiples rangos de LSD (diferencia mínima significativa). Estos resultados indican que los almidones de papa nativos tienen propiedades ventajosas, alto contenido de amilosa, alto poder de hinchamiento, un gel transparente y baja solubilidad.

Zarate Polanco, L., Ramírez Suárez, L., Otárola Santamaría, N., Prieto, L., Garnica Holguin, A., Cerón Lasso, M. & J. H Argüelles. (2014). En su investigación evaluaron almidones nativos de clones promisorios de papa criolla para determinar su uso potencial en la industria de alimentos de acuerdo a sus características fisicoquímicas y funcionales. Los tubérculos de 17 clones promisorios cosechados en dos Municipios del Departamento de Cundinamarca (Colombia), presentaron formas redondas a comprimidas, con color de piel amarilla a negruzca y color de pulpa crema a amarillo, con rangos de contenido de materia seca de 19,17-28,13%; humedad de 72,45-80,83%; azúcares totales de 15,06-24,16%; azúcares reductores de 0,72-6,39% y almidón de 8,67-22,72%. El almidón nativo de los clones promisorios se extrajo por triplicado y se caracterizó fisicoquímicamente presentando los siguientes rangos para los dos Municipios, así: humedad de 9,33-21,67%, amilosa de 14,05-49,0% y amilopectina de 1,0-85,95%. También se les determinaron las propiedades funcionales con rangos de: temperatura de elatinización de 62-74 °C; sinéresis en refrigeración de 2,12-22,52% y sinéresis en congelación de 0,0-33,34%. Estos resultados se analizaron estadísticamente por ANOVA de un arreglo de bloques al azar, prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$) y análisis Clúster. Los clones promisorios y sus almidones se agruparon en 4 (Municipio de Sibaté) y 6 (Municipio de Granada) grupos similares. Los almidones nativos de los clones promisorios 3, 8, 9, 14 y 15 presentaron mejor comportamiento funcional, buena estabilidad, consistencia y emulsión de sus geles.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Papa (*Solanum tuberosum*)

Ávalos (2011) menciona que, la papa es un tubérculo comestible que se extrae de la planta herbácea americana *Solanum tuberosum*, de origen andino que nace de la madre tierra. Se sabe que en el mundo existen más

de 5000 variedades de papa y que en el Perú solo se encuentran alrededor de 3000. La papa es un alimento que se caracteriza por su elevado contenido energético, rico en proteínas, vitaminas, minerales, etc. Además, es el cuarto principal producto nutritivo en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz.

Egúsquiza (2000) afirma que, la papa (*Solanum tuberosum* L.) es el principal cultivo de los pequeños agricultores de la región andina, donde existe gran diversidad genética de especies de papas cultivadas y especies de papas silvestres. La papa y otros cultivos de raíces y tubérculos inigualables, y granos ricos en proteínas como la quinua y el cañihua, fueron una parte principal de la agricultura de las antiguas civilizaciones andinas.

2.2.1.1. Origen de la papa

Según Ezeta (2001), el centro de origen de la papa se ubica entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca para la subespecie andigenum, aunque existen muchas especies silvestres en México, Guatemala, Ecuador y Chile; en este último, la Isla Chile se considera el centro secundario de la subespecie tuberosum. En 1537 Juan de Castellanos hizo la primera referencia de la papa cultivada en el Perú.

Según MINAGRI (2017), la papa se originó en la parte alta de los Andes de América, y ha servido como un producto alimenticio para el hombre durante los últimos 8,000 años. Hoy en día, las papas se ubican como el segundo cultivo alimenticio más grande en todo el mundo; en el 2016 la producción de papa a nivel mundial llegó a 381,7 millones de toneladas.

Egúsquiza (2000) menciona que, desde tiempos muy antiguos, nuestros antepasados de la región del Altiplano del Perú, procesaron la papa en forma de “chuño” y “tunta” o “moraya” (chuño blanco), que son subproductos alimenticios

deshidratados, fuente de carbohidratos y calorías; más que todo, en los años de escasez de alimentos, y es una de las formas de conservación de la papa por períodos largos de tiempo

2.2.1.2. Clasificación botánica

Según Ortega (1989), la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Fhanerogamae
Subdivisión	: Angiospermae
Clase	: Dicotiledoneas
Subclase	: Simpetala
Familia	: Solanaceae
Género	: Solanum
Sección	: Petota
Especie	: <i>Solanum tuberosum</i>

2.2.1.3. Morfología

Es una planta dicotiledónea herbácea anual, potencialmente perenne debido a su capacidad de reproducción por tubérculos (Prada, 2012).

La planta de papa es de naturaleza herbácea y consta de las siguientes partes principales: El brote, el tallo, la raíz, las hojas, la flor, el fruto y la semilla, el estolón y el tubérculo (Egúsquiza, 2000).

a. El brote

Egúsquiza (2000) menciona que, el brote es un tallo que se origina en el “ojo” del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en los que se ha almacenado el tubérculo. Cuando se siembra el tubérculo

los brotes aceleran su crecimiento y al salir a la superficie del suelo se convierten en tallos.

b. Hoja

Egúsquiza (2000) menciona que, la hoja es la estructura que sirve para captar y transformar la energía lumínica (luz solar) en energía alimenticia (azúcares y almidones). Las hojas adultas son pinnado-compuestas, pero las hojas primarias de plántulas, así como también las primeras hojas provenientes del tubérculo, pueden ser simples.

c. La flor

Egúsquiza (2000) menciona que, la flor es la estructura aérea que cumple funciones de reproducción sexual. Desde el punto de vista agrícola, las características de la flor tienen importancia para la diferenciación y reconocimiento de variedades. Las flores son pentámeras de colores diversos; tienen estilo y estigma simple y ovario bilocular. El polen es típicamente de dispersión por el viento. La autopolinización se realiza en forma natural, siendo relativamente rara la polinización cruzada en los tetraploides y cuando esto sucede, probablemente los insectos son los responsables.

d. El fruto y la semilla

Según Porras & López (2005), el fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla, conocida también como semilla sexual, es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro. El número de semillas por fruto puede variar desde cero (nada) hasta 400.

e. El estolón

Según Porras & López (2005), el estolón es el que da origen a los tubérculos que son los tallos carnosos. El tejido vascular de los tallos y estolones, inicialmente toma la forma de haces bicolaterales, con grupos de células flotantes de pared delgada en el exterior del xilema y hacia el centro en el interior del xilema. A medida que el estolón se agranda, el parénquima se desarrolla separando los haces vasculares para que el anillo vascular se extienda.

f. El tubérculo

Según Andrade & Cuesta (1996), los tubérculos (tallos carnosos) se originan en el extremo del estolón y tienen yemas y ojos. La formación de tubérculos es consecuencia de la página. 19 proliferaciones del tejido de reserva que estimula el aumento de células hasta un factor de 64 veces.

g. El tallo

Según Ochoa (2003), el aspecto de la parte basal de la planta, en la que se muestran los tallos aéreos, los rizomas, los tubérculos y las raíces, en negro, el tubérculo "madre" o "semilla" que dio origen a la planta. Poseen tres tipos de tallos, uno aéreo, circular o angular en sección transversal, en el que se disponen las hojas formadas y dos tipos de tallos subterráneos: rizomas y tubérculos.

h. Tallos aéreos

Según Ochoa (2003), estos tallos, que se originan a partir de yemas presentes en el tubérculo utilizado como semilla, son herbáceos, suculentos y pueden alcanzar de 0,6 a 1,0 m de longitud; además, son de color verde, aunque excepcionalmente pueden presentar un color rojo púrpuro.

i. Rizomas

Según Ochoa (2003), estos tallos rizomatosos están formados por brotes laterales más o menos largos que nacen de la base del tallo aéreo.

2.2.1.4. Variedades de la papa

Según Maldonado, *et al.*, (2011), las variedades de papa son:

a. Variedades Mejoradas

- Canchan
- Chaska
- Yungay
- Cica
- Amarilis
- Perricholi

b. Variedades Nativas

- Huayro
- Peruanita
- Putis
- Qeqorani
- Amarilla Tumbay
- Duraznilla
- Sangre de Toro
- Huamantanga
- Camotillo
- Yahuar Soncco
- Ccompis

2.2.1.5. Composición nutricional de la papa

La calidad nutricional de la papa se refiere al contenido de compuestos químicos relacionados con el bienestar y la salud humana. Cómo ser vivo, su composición es variable y depende

de la variedad, tipo de suelo, prácticas de cultivo, madurez, condiciones de almacenamiento y otros factores. Las papas proporcionan una gran cantidad de nutrientes y son una buena fuente de energía debido a su contenido de almidón, que puede alcanzar aproximadamente el 14% de la energía requerida diariamente. Además, es una buena fuente de proteínas, que cubre el 17% de la cantidad requerida por día. (Prada, 2012).

Vásquez (1998) menciona que, dentro de los componentes nutritivos el que se encuentra en mayoría es el agua que constituye en torno al 80% del total. Le siguen los carbohidratos que constituyen el 16% entre los que hay que destacar el grupo de los almidones. Las proteínas constituyen el 2% siendo casi exclusivamente globulina que, aunque no supera a la proteína presente en las carnes, si lo hace en verduras, arroz y trigo. El contenido de lípidos es muy bajo siendo aproximadamente el 0,1%

También es fuente de vitaminas, especialmente en vitamina C, que se encuentra en un rango de 20-50 mg/100 g de peso fresco. También se encuentran, en menor cantidad, tiamina (B1), piridoxina (B6) riboflavina (B2), ácido fólico, y trazas de vitamina E y vitamina A.

Es también fuente de hierro, magnesio, calcio, fósforo, potasio, sodio, zinc, entre otros. La fibra se encuentra principalmente en las paredes del tubérculo.

Tabla 1.*Composición nutricional por cada 100 g de papa.*

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Agua	%	72 - 75
Almidón	%	16 - 20
Proteínas	%	2 - 2,5
Fibra	%	1 - 1,8
Ácidos grasos	%	0,15
Potasio	mg	897
Magnesio	mg	49
Hierro	mg	1,66
Vitamina C	mg	42
Niacina	mg	2,2
Vitamina B6	mg	0,62
Tiamina	mg	0,17

Fuente: FAO (2008).

2.2.1.6. Descripción de las propiedades de la papa

La FAO (2009) de talla de la siguiente manera:

a. Carbohidratos

La gran parte de la materia seca en el tubérculo está formada de azúcares de almidón y otros polisacáridos. El 75% de la materia seca de la papa está compuesta de almidón. Cuando las papas se consumen calientes, el almidón es rápidamente digerido por el cuerpo; Si se consume frío, se reduce la digestibilidad del almidón. La fibra dietética representa el 1-2% del total de las papas y está perfectamente en la piel. La agrupación de azúcares simples es baja (0,1-0,7%), la más importante es glucosa, fructosa y sacarosa.

b. Compuestos Nitrogenados

Componen el segundo mecanismo de la papa, con 3 a 15% de materia seca (incrementa con la madurez del tubérculo). El valor de la proteína no se ve afectado de manera significativa al cocinar la papa. La mayoría de las proteínas se encuentran en la corteza (área inmediata debajo de la piel) y en la médula (área central). Las fracciones proteicas más abundantes incluyen albúmina (49%) y globulinas (26%), seguidas de prolaminas (4,3%) y glutelina (8,3%).

c. Lípidos

El porcentaje de lípidos o grasas crudas en las papas "frescas" es muy bajo. No son cuantitativamente importantes (0,1%) y son principalmente en la piel.

d. Vitaminas

Las papas contienen cantidades significativas de vitamina C (ácidos ascórbico y deshidroascórbico) además de otras vitaminas hidrosolubles, como la tiamina y la vitamina B6. Las vitaminas solubles en aceite están presentes en pequeños movimientos. Una papa hervida pierde entre 18 y 24% de vitamina C a través de su cascara, sin él, la pérdida puede ser entre 35 - 50%. Entonces, la cantidad de vitamina C que queda después de cocinar es alta, y una porción de 150 g de papa proporciona aproximadamente el 40% de las necesidades diarias de esta vitamina.

e. Minerales

Tiene potasio, especialmente en la piel, y cantidades moderadas, fósforo, cloro, azufre, magnesio y hierro.

f. Fenoles

La papa contiene un bajo porcentaje de compuestos fenólicos, la mayoría de los cuales se encuentran en la piel. Los fenoles afectan el ennegrecimiento de la papa. Las reacciones de aminoácidos y proteínas con carbohidratos, lípidos y fenoles oxidados provocan el deterioro de los alimentos durante el almacenamiento y el procesamiento.

g. Glicoalcaloides

Grandes cantidades de glicoalcaloides pueden causar envenenamiento humano. Sin embargo, el sabor amargo que estos compuestos dan a las papas actúa como una advertencia para no ser consumido.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Almidón

El almidón de papa tiene características únicas, tales como un alto contenido de fósforo, alta viscosidad, alto poder de hinchamiento, alta claridad del gel, baja tendencia a la retrogradación, así como gran tamaño de los gránulos (Noda *et al.*, 2006; Sandhu & Kaur, 2010; Singh *et al.*, 2003 citados por Zhou *et al.*, 2014).

La alta calidad del almidón de papa se atribuye en parte a su gran tamaño granular, la distribución, el contenido mineral, la relación amilosa/amilopectina y alto contenido de ésteres de fosfato de almidón (Kaur *et al.*, 2007 y Singh *et al.*, 2004 citados por Zhou *et al.*, 2014).

El almidón está constituido en partículas discretas, gránulos cuyo tamaño, forma, morfología, composición y estructura supramolecular dependen de la fuente botánica. Los gránulos de almidón tienen una apariencia característica, por lo que su origen se puede identificar con la ayuda del microscopio. El tamaño varía desde los pequeños gránulos de arroz y avena hasta los grandes gránulos de papa y plátano. Y las formas

pueden ser regulares (por ejemplo, esférica, ovoide o angulares) o bastante irregular (Singh & Kaur, 2009 y Eliasson, 2006).

Para el almidón de la papa, en promedio, el tamaño del gránulo varía de 1 a 20 μm para gránulos pequeños y de 20 a 110 μm para gránulos grandes. El grado de variación en la estructura granular de los almidones de cultivo a cultivo es bastante alto en las papas en comparación con otras fuentes de almidón botánico. Curiosamente, los pequeños gránulos de almidón de papa tienen forma esférica u ovalada, pero los grandes son generalmente de forma elipsoidal a cúbica o irregular. Esta variación de la forma, relacionada al tamaño de los gránulos de almidón de papa podría, está referida con lo que mencionan Singh & Kaur (2009), que indican, que la limitada disponibilidad de espacio en las células del tubérculo puede conducir una alteración en la forma del crecimiento del gránulo. La actividad del almidón sintasa unida al gránulo (GBSS, por sus siglas en inglés, granule bound starch synthase) durante el crecimiento también puede afectar a la morfología del gránulo de almidón en las papas (Blennow *et al.*, 2005 citado por Singh & Kaur, 2009). Las membranas y las características físicas de los plástidos también pueden ser responsables de proporcionar una forma particular a los gránulos de almidón durante el desarrollo del mismo (Singh & Kaur, 2009).

Las propiedades fisicoquímicas, tales como la claridad de la pasta de almidón, la digestibilidad enzimática, el contenido de amilosa y el poder de hinchamiento han sido correlacionadas significativamente con el tamaño del gránulo del almidón obtenidos de diferentes cultivares de papa (Singh & Kaur, 2009).

2.3.1.1. Composición del almidón de papa

Las sustancias que se encuentran comúnmente en los gránulos de almidón son amilopectina, amilosa, moléculas intermedias entre amilosa y amilopectina, lípidos (incluyendo fosfolípidos y

ácidos grasos libres), monoéster de fosfato y proteínas/enzimas. Los polisacáridos de amilosa y amilopectina son los componentes más abundantes. El contenido de amilosa del almidón de papa varía de 23 a 31% para los genotipos normales de papa, ya que a este respecto se produjo un alto almidón de amilopectina por modificación genética (Bemiller & Wistler, 2009 y Eliasson, 2006).

Los componentes presentes, además de las moléculas de almidón, se describen generalmente como "componentes secundarios" porque están presentes en pequeñas cantidades. Los grupos fosfato son típicos del almidón de papa y el contenido de fosfato es de la magnitud de 1 éster fosfato por 200 unidades de glucosa y está unido covalentemente al componente de amilopectina. Se considera un factor importante que contribuye a las propiedades del almidón de papa. La mayoría de los otros almidones también contienen fosfato unido covalentemente, aunque solo en pequeñas cantidades. El fósforo también es un componente de los almidones de cereales. Sin embargo, se encuentran en la forma de lisofosfolípidos que se están formando complejos no covalentes con el componente de amilosa (Singh & Kaur, 2009). También se ha reportado la presencia de cantidades traza de diferentes cationes, principalmente de potasio (Singh & Kaur, 2009) como componentes menores, en los gránulos de almidón de papa, aparentemente unidos a los grupos fosfato (Eliasson, 2006 y Singh & Kaur, 2009).

Eliasson (2004), menciona que presenta valores de proteínas, fósforo y lípidos reportados por otros investigadores (Tabla 2). Los niveles de proteína reportados varían de 0,05 a 0,2 por ciento. Los lípidos están prácticamente ausentes en el almidón

de papa (rasgos del 0,2%). Por esta razón, el almidón nativo de papa se considera muy puro en comparación con los almidones de cereales. La alta pureza, en particular los lípidos, proporciona un sabor neutro y evita el desarrollo de un mal sabor en condiciones de almacenamiento a largo plazo.

Tabla 2.

Composición de almidón de papa contenido de humedad y componentes menores.

Referencia	Humedad	Proteínas	Minerales	Fósforo	Lípidos
(% peso en base seca)					
Mitch (1984)	17-18	Trazas	0,35	-	-
Gaillard & Bowler (1987)	12-17	0,05-0,20	0,3-0,4	0,04-0,13	0,0-0,20
Alexander (1995)	16-18	0,06	0,04	0,08	0,05
Haase & Plate (1996)	-	-	-	0,04-0,12	-
Vasanthan <i>et al.</i> , (1999)	13-17	0,07-0,14	0,18-0,32	0,005-0,08	0,08-0,17

Fuente: Tomado de Eliasson (2004).

2.3.1.2. Propiedades fisicoquímicas del almidón

a. Contenido de amilosa y amilopectina

La organización de las dos fracciones incluidas en el almidón (amilosa y amilopectina) y la proporción variable en que se hallan explican muchas de sus propiedades físicas y químicas. La amilosa es un polímero lineal que contiene el 99% de los enlaces α -1,4 y el 1% de α -1,6 mientras que la amilopectina es un polímero altamente ramificado que contiene el 95% de los enlaces α -1, 4 y 5% de α -1,6. La Tabla 3 resume las propiedades fisicoquímicas más significativas de la amilosa y la amilopectina. Estos dos polímeros forman las regiones amorfas y cristalinas en el gránulo de almidón (Zhang *et al.*, 2014).

Tabla 3.*Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina.*

Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Estructura molecular/ramificaciones	Principalmente lineal/principalmente α -1-4	Altamente ramificada/ α -1-4; α -1-6
Peso molecular	105-106 Da	107-109 Da
Yodo unión/color	20 %/azul-negro	<1 %/rojo-púrpura
Digestibilidad por β -amilasa	100 %	Aprox. 60 %
Dilatación en soluciones acuosas	Inestable	Estable
Solubilidad	Baja/apenas soluble	Alta
Temperatura de gelatinización	Baja	Alta
Temperatura de fusión	Baja	Alta
Complejo amilosa-lípido	Cantidad muy alta	No
Formación de gel	Firme, irreversible	Suave, reversible
Films	Coherente	No forma fácilmente
Viscosidad	Baja	Alta
Espesante	Pobre	Bueno
Estabilidad al cizallamiento	Relativamente estable	Inestable
Fuerzas adhesivas	Débil	Fuerte
Estabilidad de congelación-descongelación	Inestable	Estable
Tasa de retrogradación	Alta	Baja

Fuente: Tomado de Schirmer *et al.*, (2015).

La proporción de dos α -glucanos (amilosa y amilopectina) en los gránulos de almidón, así como su distribución molecular, influye en las propiedades de solubilidad, temperatura de gelatinización, viscosidad, gelificación y retrogradación del almidón y, por lo tanto, representan los principales parámetros de calidad, textura y estabilidad de los almidones (Schirmer *et al.*, 2013).

Es ordinario, la relación de amilosa y amilopectina dependen forzosamente de su origen botánico. Los almidones regulares contienen aproximadamente 70-80% de amilopectina y 20-30% de amilosa, almidones céreos menos del 10% de amilosa y almidones de alta amilosa más de 40% de ésta (Schirmer *et al.*, 2013). Para obtener almidones con propiedades específicas, se han desarrollado varios métodos con el objetivo de aumentar el contenido de amilosa o amilopectina. Tales métodos se basan ya sea en la modificación no genética, en términos de mejoramiento tradicional y selección de variedades agrónomicamente bien adaptadas o en la modificación genética o más bien la manipulación de la expresión de genes implicados en la vía de biosíntesis de almidón (Schirmer *et al.*, 2013). Así, por ejemplo, en el caso del arroz, alcanza una mayor calidad cuanto mayor es su contenido de amilosa, ya que el cereal es menos pegajoso en la cocción. Los almidones de cereales conocidos como "cereos" tienen una gran estabilidad contra los procesos de congelación y descongelación. Por ello se emplean para elaborar postres congelados y aquellas comidas congeladas que llevan salsas (Bello, 2000).

Durante la cocción la amilopectina absorbe mucha agua y es en gran parte, responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón mientras que la fracción del complejo

de amilosa-lípido puede retardar la hinchazón e inducir a un aumento de la temperatura de gelatinización del gránulo (Barrera *et al.*, 2004 citado por Schirmer *et al.*, 2013).

La cantidad de grupos hidroxilo a lo largo de las moléculas de amilosa confiere propiedades hidrofílicas al polímero. Debido a su naturaleza lineal, movilidad y la presencia de muchos grupos hidroxilo a lo largo de las cadenas de polímero, las moléculas de amilosa tienen una tendencia a orientarse de manera paralela y acercarse entre sí, lo estrechamente suficiente, para permitir la unión de hidrógeno entre cadenas adyacentes (Schirmer *et al.*, 2013).

Como resultado, la afinidad del polímero con el agua se reduce y la solución se vuelve opaca. El gran tamaño y la naturaleza ramificada de la amilopectina reduce su movilidad en la solución y elimina la posibilidad de enlaces de hidrógeno significativos entre las cadenas. Debido a la peculiar estructura micelar cristalina de los gránulos, en la que la amilopectina está asociada por enlaces de hidrógeno con las cadenas lineales de amilosa, los gránulos de almidón son prácticamente insolubles en agua fría, aunque se pueden incorporar reversiblemente pequeñas cantidades de agua. Sin embargo, el calentamiento continuo en presencia de agua suficiente hace que se pierda la birrefringencia de los gránulos porque se hidratan (hasta un 40% en peso) y se hinchan y pueden aumentar su volumen hasta 30 veces. La acción del calor proporciona la energía necesaria para romper los débiles enlaces existentes entre las micelas cristalinas, permitiendo que se solubilice la amilosa y se incremente la viscosidad (Cui, 2005).

2.3.1.3. Propiedades funcionales del almidón

Desde hace tiempo se reconoce que las propiedades funcionales dependen de una serie de factores integrados que incluyen la composición del polímero, la estructura molecular y la organización de la cadena y los constituyentes menores, como los lípidos, los grupos éster fosfato (típicos de la amilopectina de papa) y las proteínas. Los almidones de diferentes orígenes botánicos difieren en sus propiedades físicas y funcionales. Además, la modificación química, enzimática y física de almidón, ya sea con la preservación o destrucción del gránulo nativo, amplía las propiedades de funcionalidad (Bemiller & Wistler, 2009).

a. Gelatinización

El almidón en su fase nativa es insoluble en agua. Forma una tregua temporal de partículas grandes que no se disuelven en el entorno y se depositarán en el fondo de un recipiente a menos que se agiten. Las partículas pueden absorber una pequeña cantidad de agua, pero en general, la formación de una suspensión implica un cambio mínimo en el almidón. La ingesta de agua por el almidón es reversible si el almidón se seca mientras no se cocina. La molécula de almidón no cocido presenta una formación de cruz de Malta, o birrefringencia, en el gránulo cuando se ve bajo luz polarizada con un microscopio electrónico, pues es una estructura cristalina muy ordenada y la luz se refracta en dos direcciones (Vaclavick, 2002).

Cuando el almidón se calienta con agua, se produce remojo o incorporación de agua en el gránulo. Esto sucede primero en las áreas menos densas y luego en las regiones más cristalinas de la molécula de almidón. Esta es una etapa reversible en el proceso de gelatinización. A medida que

continúa el calentamiento, los gránulos de almidón capturan irreversiblemente más agua y se hinchan; algunas cadenas cortas de amilosa salen de los gránulos. Este proceso endotérmico, llamado gelatinización, es una descomposición o descomposición del orden molecular del gránulo de almidón que se manifiesta como cambios irreversibles, como la inflamación granular, fusión de la zona cristalina nativa, pérdida de birrefringencia y solubilización de almidón y es responsable del engrosamiento de los sistemas alimentarios. Las soluciones de almidón gelatinizado son opacas y frágiles, y se pierde la estructura cristalina y ordenada del almidón. La gelatinización puede ser sinónimo de formación de un gel, aunque la gelatinización y formación del gel pueden ser consideradas como acontecimientos secuenciales (Wani *et al.*, 2012 y Vaclavick, 2002).

La temperatura a la que varios almidones gelatinizan es ciertamente un intervalo de temperaturas específicas para cada almidón. Los gránulos dentro de un almidón se hincharán y espesarán a temperaturas ligeramente diferentes, hinchándose antes los gránulos más grandes que los gránulos más pequeños (Vaclavick, 2002).

Vaclavick (2002) menciona que las etapas en el proceso de gelatinización son las siguientes:

- La temperatura de gelatinización se alcanza dependiendo del origen del almidón, aproximadamente a 60-71 °C. Los almidones de raíz, como las papas y la yuca, y los almidones de céreos espesan antes y a temperaturas más bajas que los almidones de cereales. Además, esta temperatura depende de la cantidad de

agua presente, el pH y la presencia de sal, azúcar, grasa o proteína. La modificación también puede influir en la temperatura de gelatinización. Los gránulos de almidón dañados muestran una temperatura de gelatinización, aparentemente menor, porque se hinchan más fácilmente con agua.

- La energía cinética de las moléculas de agua caliente altera los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón. A medida que se forman enlaces de hidrógeno, el agua puede penetrar más profundamente en el gránulo de almidón y se produce hinchazón. Debe haber una cantidad suficiente de agua para ingresar y agrandar el gránulo de almidón.
- Se produce la difusión de ciertas cadenas de amilosa a medida que salen de los gránulos de almidón, se solubiliza y se lixivia a partir éstos. La lixiviación puede ser impulsada por la incompatibilidad termodinámica (inmiscibilidad) entre amilosa y amilopectina (Wrolstad, 2012).
- Se pierde la birrefringencia y la estructura cristalina y ordenada del gránulo de almidón nativo. Es claramente más translúcido porque el índice de refracción del gránulo expandido es cercano al del agua. Los gránulos de almidón, cuando se ven bajo luz polarizada, exhiben un patrón de birrefringencia óptica conocido como la “Cruz de Malta”, lo que involucra un alto grado de orden molecular dentro del gránulo. La birrefringencia (o doble refracción) es la descomposición de un rayo de luz en dos rayos al pasar a través de ciertos tipos de material cristalino. Esto solo ocurre cuando el material es

anisotrópico, es decir, el material tiene características diferentes en diferentes direcciones. La anisotropía radial de la amilosa y amilopectina es responsable de la cruz de malta distintiva (Bertolini 2010). La cristalinidad del almidón es causada esencialmente por las interacciones de la amilopectina. La pérdida de la estructura cristalina durante el calentamiento se observaron la difracción de rayos X. El patrón de difracción desaparece, y finalmente, se obtiene un patrón indicativo de un material completamente amorfo (Eliasson, 2006).

- El hinchamiento de los gránulos de almidón aumenta con la temperatura. Los gránulos de almidón más grandes son los primeros en hincharse. Los gránulos de almidón hinchado ocupan más espacio y la mezcla espesa a medida que aumentan los gránulos, liberando amilosa. El hinchamiento y la subsiguiente solubilización de amilosa y amilopectina son los cambios estructurales más importantes durante y después de la gelatinización de gránulos de almidón. La hinchazón es rápida durante los primeros 5 a 10 minutos a cierta temperatura, pero continúa calentándose aún más; sin embargo, el mantenimiento prolongado a una temperatura de aproximadamente 95 °C no parece aumentar en gran medida la hinchazón. Un gránulo de almidón se hincha 100 veces su volumen original en almidón de papa y hasta 30 veces en almidón de cereal, pero la cocción a altas temperaturas (superiores a 95 °C) o la influencia de las fuerzas de cizalladura rompe los gránulos hinchados. La hinchazón es una propiedad de la amilopectina, que está regulada por la cristalinidad del

almidón antes de la gelatinización total, y la amilosa actúa como un disolvente para la amilopectina. Se cree que la amilosa actúa como un sistema de retención de hinchamiento porque los gránulos de almidón de cereal no muestran un hinchamiento completo hasta que la amilosa se haya lixiviado del gránulo. Además, en los almidones de cereales, el complejo amilosa-lípido formado frena la hinchazón del gránulo (Ahmed *et al.*, 2012).

- El gel de almidón continúa volviéndose más espeso, más viscoso y resistente al flujo a medida que gelatiniza.

b. Poder de hinchamiento, solubilidad y capacidad de absorción de agua

A temperatura ambiente, los gránulos de almidón pueden absorber hasta el 30% de su exceso de peso de agua sin una hinchazón notable. Sin embargo, durante el calentamiento, los gránulos de almidón absorben mucha más agua y se hinchan. El hinchamiento y la subsiguiente solubilización de amilosa y amilopectina son los cambios estructurales más importantes durante y después de la gelatinización de gránulos de almidón. Cuando el almidón se calienta en exceso de agua, la estructura cristalina se altera debido a la ruptura de los enlaces de hidrógeno, y las moléculas de agua están unidas por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestos de amilosa y amilopectina. Esto provoca un aumento de la hinchazón y la solubilidad (Hoover, 2001).

El hinchamiento irreversible comienza a una temperatura correspondiente a la T_0 , según las mediciones de CBD, y continúa a una temperatura mucho más alta que la T_c

(Ahmed et al., 2012). El poder de hinchamiento es la cantidad de agua que un almidón puede absorber por gramo de almidón a cierta temperatura y cierta concentración de almidón, mientras que la solubilidad representa los porcentajes de amilosa y amilopectina lixiviados a esa temperatura. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón (Waterschoot *et al.*, 2015 y Ahmed *et al.*, 2012).

El hinchamiento de los gránulos se atribuye principalmente a la amilopectina y es inhibida por la amilosa. Como resultado, los almidones cereos tienen un mayor poder de hinchamiento que sus contrapartes que contienen amilosa. Los gránulos de almidón de cereales no muestran un hinchamiento completo hasta que la amilosa se ha lixiviado del gránulo (Hermansson & Svegmarm, 1996 citados por Ahmed *et al.*, 2012). De igual forma, esta propiedad está influenciada por las características de la amilosa y amilopectina en cuanto a la distribución del peso molecular, grado de ramificación, longitud de las cadenas y conformación de las moléculas, así como por la formación de complejos amilosa-lípidos que restringen el poder de hinchamiento y solubilidad de los almidones (Robles, 2012).

c. Retrogradación

Después de la gelatinización y tras el enfriamiento, especialmente durante el almacenamiento, la retrogradación se produce como resultado de la reasociación y la cristalización de moléculas de almidón

(formación de dobles hélices y cristalitos), principalmente de la amilosa de forma rápida, seguido de una lenta recristalización de las moléculas de amilopectina, y que modifican aún más la estructura del gel; por lo tanto influye en la textura y el tiempo de vida de los productos derivados del almidón gelificado (Ahmed *et al.*, 2012). La retrogradación de la amilosa determina la dureza inicial y la pegajosidad del gel de almidón. El desarrollo, a largo plazo, de la estructura del gel y la cristalinidad del almidón procesado, que están involucrados en el envejecimiento del pan y pasteles, se considera que es debida a la retrogradación de la amilopectina (Tran *et al.*, 2001; Gray & Bemiller, 2003 y Fadda *et al.*, 2014 citados por Wang *et al.*, 2015).

La retrogradación del almidón suele ir acompañada de una serie de cambios físicos, como una mayor viscosidad y turbidez de los geles, formación de gel, exudación de agua, precipitación de partículas de almidón insoluble y mayor cristalinidad (Hoover *et al.*, 2010).

Con frecuencia se considera que la retrogradación del almidón tiene efectos indeseables debido a su importante contribución al envejecimiento del pan y otros alimentos ricos en almidón, lo que puede provocar una disminución en la vida útil y en la aceptación del consumidor, generando un desperdicio significativo, y por lo tanto plantean retos importantes para los procesadores de alimentos (Collar & Rosell, 2013 citados por Wang *et al.*, 2015). Sin embargo, la retrogradación del almidón es deseable en algunas aplicaciones, como por ejemplo en la producción de cereales para el desayuno, arroz parbolizado y puré de papa deshidratado, debido a la modificación de las propiedades

estructurales, mecánicas y sensoriales (Karim *et al.*, 2000). También es deseable en términos de importancia nutricional, debido a la digestión enzimática más lenta del almidón retrogradado y 31 liberación moderada de la glucosa en el torrente sanguíneo (Copeland *et al.*, 2009 y Wang & Copeland, 2013 citados por Wang *et al.*, 2015).

- **Factores que influyen en la retrogradación del almidón**

La tendencia a la retrogradación del almidón, de diferentes orígenes botánicos, varía mucho y no parece depender solo de las proporciones de amilosa y amilopectina. La velocidad y grado de retrogradación de los almidones están influenciados principalmente por la composición y estructura del almidón, la concentración de almidón, el contenido de agua, las condiciones de almacenamiento, el pH, azúcares, lípidos, y agentes tensioactivos (Ahmed *et al.*, 2012).

Eliasson (2006) también menciona que la fuente botánica es de gran importancia para la retrogradación de los geles de almidón. Esto es cierto no solo para los almidones con un contenido de amilosa muy diferente, sino también para los almidones con un contenido de amilosa similar. Algunas de las diferencias entre los almidones de cereales pueden atribuirse a las diferencias en la relación amilosa/amilopectina y el contenido de lípidos; sin embargo, estos factores representan solo algunas de las diferencias. Tomasik (2004) menciona que los almidones que constan de mayores concentraciones de lípidos y fosfolípidos también son conocidos por retrogradar más rápido, lo que podría ser

atribuido a la dispersión limitada de almidón durante la cocción.

- **Proporción de amilosa y amilopectina**

La relación amilosa: amilopectina afecta la cinética de retrogradación. La retrogradación de la amilosa es un proceso muy rápido, de hecho, la cristalización de la amilosa ya puede verse en minutos después de que se completa la gelatinización. Durante el enfriamiento del almidón gelatinizado la viscosidad aumenta, esto se atribuye a la retrogradación de la amilosa, por lo tanto, ésta puede ser necesaria para la formación de la estructura normal de un producto (Skibsted *et al.*, 2010).

Las moléculas de amilopectina con estructuras ramificadas generalmente cristalizan más lentamente. La velocidad de retrogradación o cristalización de la amilopectina depende de la longitud de la cadena ramificada. Las moléculas de amilopectina que tienen cadenas ramificadas largas, tales como almidón de maíz céreo, cristalizan más rápido que aquellos con cadenas de ramales cortos, tales como almidón de arroz céreo (Tomasik, 2004).

Las propiedades mecánicas de los geles de almidón se ven muy afectadas por el almacenamiento, ya que las moléculas de almidón son propensas a la retrogradación, la formación de agregados y los cristalitas que proporcionan rigidez a la estructura reticular. También se producen cambios similares en la estructura de la mayoría de los productos con alto contenido de almidón, y estos son responsables, al menos en parte, de disminuir la calidad comestible de los productos de panadería; por

ejemplo, envejecimiento del pan. Se ha demostrado que el curso temporal de la retrogradación del gel de almidón consta de al menos dos fases separadas. La retrogradación se ve afectada en gran medida por la temperatura de almacenamiento (Bemiller & Whistler, 2009). El almacenamiento de los geles de almidón con un contenido de agua del 45 a 50% a bajas temperaturas, pero por encima de la temperatura de transición vítrea ($T_g = -5,0\text{ }^\circ\text{C}$) aumenta la retrogradación comparada con el almacenamiento a temperatura ambiente, especialmente durante los primeros días de almacenamiento. El almacenamiento a temperaturas de congelación por debajo de la T_g inhibe la recristalización y a temperaturas más altas (por encima de 32 a 40 $^\circ\text{C}$) reduce eficazmente la retrogradación (Eliasson 2006).

- **Uso de la CDB en el estudio de la retrogradación del almidón**

Según Cui (2005), para el estudio de la retrogradación del almidón, se han utilizado varias técnicas analíticas modernas para comprender y controlar este importante fenómeno durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos, incluido el CBD. Cuando se calienta un sistema, la absorción de calor o la liberación o pérdida de masa generalmente se produce como resultado de las transiciones de fase (por ejemplo, fusión o cristalización). La realineación de las moléculas de amilosa y amilopectina interrumpidas para formar una estructura parcialmente ordenada y la exudación de geles de almidón en agua puede controlarse mediante diversas técnicas de análisis térmico. En el caso del almidón retrogradado, la endoterma CDB proporciona medidas

cuantitativas de las temperaturas de transición y de cambio de entalpía para la fusión de la amilopectina recristalizada (Karim *et al.*, 2000).

d. Sinéresis en refrigeración y congelación

Cuando un gel de almidón cocido y enfriado se mantiene en reposo, se produce una asociación más cristalina de amilosa y se manifiesta claramente la pérdida de agua del gel y la contracción. Esta agua perdida en el gel frío y cocido es sinéresis o agua humectante. Esto ocurre cuando la amilosa sufre retrogradación, cuando el gel se forma de manera inadecuada, y especialmente cuando el gel está expuesto a los efectos de los ciclos de congelación y descongelación. A medida que el agua se congela y derrite, el agua formada por la fusión de los cristales de hielo no puede volver a asociarse con el almidón. Las estructuras de amilosa resultantes son frágiles y pierden fácilmente agua atrapada. Por tanto, en productos comerciales para controlar este efecto indeseable se usan almidones modificados o almidones que contienen sólo amilopectina no gelficante (Vaclavick, 2002).

Si se almacena un gel de almidón a bajas temperaturas, se puede evitar la retrogradación. Sin embargo, la congelación y descongelación de geles de almidón generalmente produce sinéresis, es decir, el líquido se expulsa del gel de almidón. La sinéresis puede producirse no sólo como resultado de la congelación y descongelación, sino también después de un almacenamiento en el refrigerador, o incluso después del almacenamiento a temperatura ambiente (Skibsted *et al.*, 2010).

La estabilidad del descongelamiento es un aspecto importante de la calidad de los geles de almidón. Cuando un gel de almidón se somete a ciclos de congelación y descongelación, se libera agua. El grado de sinéresis es una medida de su estabilidad de congelación y descongelación. Durante la congelación, la separación de fases se realiza cuando se forman cristales de hielo, el almidón se concentra en el líquido no congelado restante. Durante la descongelación del gel, la asociación de amilosa y amilopectina ocurre en áreas más concentradas, como resultado, se forman agregados cada vez más insolubles. Los cristales de hielo se derriten y el agua no es reabsorbida por el gel de almidón. Se desarrolla una estructura esponjosa y el agua fundida se separa fácilmente del gel (Waterschoot *et al.*, 2015).

e. Claridad

La claridad del gel de almidón es muy importante para muchas aplicaciones alimentarias. La amilosa tiene gran efecto en la claridad y la estabilidad de los geles, por lo cual podría esperarse que los geles libres de amilosa estuvieran mejor en estos dos parámetros (Lajolo & Wenzel, 2006). Se ha reportado que la claridad de los geles de almidón de cereales céreos es mejor que la de sus homólogos que contienen amilosa (Waterschoot *et al.*, 2015). La presencia de cadenas relativamente cortas de amilosa o amilopectina aumenta la opacidad en productos alimenticios. Mientras que para una gama de productos que incluyen salsas, aderezos y pudines esto no es un problema, los productos tales como rellenos de fruta y gelatinas requieren que las pastas de almidón deban ser de alta claridad (Waterschoot *et al.*, 2015).

La claridad del gel puede ser determinada por la medición de la transmitancia de la luz (a 650 nm). La transmitancia de la luz proporciona la información sobre el comportamiento del gel de almidón cuando la luz pasa a través de ella (Sandhu & Singh, 2007). Una transmitancia de luz más alta implica un gel más transparente, que es función de la cantidad de gránulos hinchados del almidón en el gel, que refractan la luz (Singh *et al.*, 2006).

La claridad de los geles almidón disminuye progresivamente a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Sodhi y Singh 2003). La disminución de la claridad se ha atribuido a las cadenas de amilosa y amilopectina lixiviadas que conducen al desarrollo de zonas funcionales que dispersan la luz (Perera & Hoover, 1999). Las diferencias en la claridad también pueden deberse a los derivados de monoéster fosfato y el contenido de fosfolípidos (Jane *et al.* 1996 citado por Eliasson 2004). Se ha reportado que los derivados de monoéster fosfato aumenta la claridad del gel y que la presencia de fosfolípidos produce geles de almidón opacos y soluciones con baja transmitancia de luz (Jane *et al.*, 1996 citado por Eliasson, 2004).

2.4. Definición de términos

- **Papa**

La papa es un alimento que se caracteriza por su elevado contenido energético, rico en proteínas, vitaminas, minerales, etc. Esto es principalmente lo que hace que se encuentre en las recetas de las más selectas variadas cocinas a nivel mundial. Además, es el cuarto principal producto alimenticio en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz (Ezeta, 2001).

- **Características fisicoquímicas**

Las características fisicoquímicas hacen referencia a: Humedad, Grasa, Proteínas totales, Fibra, Cenizas, Carbohidratos, pH, acidez, entre otros. Son los que se encuentran en un producto (Lopategui, 2000).

- **Almidón**

El almidón es un polímero formado por la unión de moléculas de α -D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos en - 1 \rightarrow 4. Existen dos tipos de almidón, la amilosa y la amilopectina, el primero consiste de cadenas de glucosa unidas en la forma y con la isomería indicada (Singh *et al.*, 2004).

- **Características funcionales**

Las propiedades funcionales son una serie de factores integrados que incluyen la composición del polímero, la estructura molecular, la organización entre cadenas y constituyentes menores tales como lípidos, grupos fosfato éster (típicas de amilopectina de papa) y proteínas (Bemiller & Wistler, 2009).

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

El presente trabajo de investigación se ejecutó durante los meses de abril hasta agosto del año 2020. La muestra del araq papa se obtuvo del distrito y provincia de Acobamba, departamento de Huancavelica. La obtención del almidón se realizó Laboratorio de procesos Agroindustriales 01 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNH, la caracterización fisicoquímica del araq papa y del almidón, y las propiedades reológicas se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de la FAIIA de la UNCP.

3.1.2. Ámbito espacial

3.1.2.1. Ubicación política

País	: Perú
Región	: Huancavelica
Provincia	: Acobamba
Distrito	: Acobamba

3.1.2.2. Ubicación geográfica

Latitud Sur	: 12°50' 30"
Longitud Oeste	: 74° 33' 42,2"
Altitud	: 3417 m.s.n.m.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Básica.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es Descriptivo

3.4. Población muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población fue conformada por la producción de araq papa provenientes del distrito de Acobamba, provincia de Acobamba – Huancavelica.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 15 kg de araq papa.

3.4.3. Muestreo

El muestreo de los tubérculos del araq papa se realizó al azar.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos fueron las siguientes:

3.5.1. Métodos de investigación

El método utilizado en la investigación fue la observación

3.5.2. Diseño de Investigación

El diseño utilizado fue el Diseño Experimental, ya que la muestra para la obtención del almidón fue seleccionada al azar. Los experimentos alcanzan validez en la medida en que demuestran la equivalencia inicial de los casos, fenómenos o resultados y la equivalencia en el proceso de experimentación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2013).

3.5.3. Obtención del almidón de araq papa

3.5.3.1. Proceso de extracción del almidón

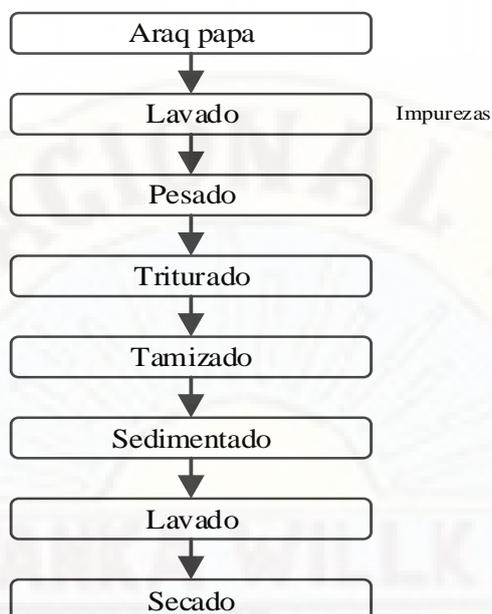


Figura 1. Diagrama de obtención de almidón de papa (Hurtado, 1997).

3.5.3.2. Descripción del proceso

- a. **Materia Prima:** Se utilizó como materia prima el araq papa.
- b. **Lavado:** Se lavaron los tubérculos con agua destilada.
- c. **Pelado:** Se eliminaron la cáscara de los tubérculos del araq papa.
- d. **Molido:** Se picaron las papas en forma de cubos los cuales se sumergieron en agua filtrada, se licuo por tres minutos, luego de cada minuto se añadía medio litro de agua filtrada.
- e. **Tamizado:** El tamizado se realizó con agua carbonatada hasta que el agua sea transparente, se usó una tela de seda de 125 μ m.
- f. **Sedimentado:** Luego del tercer filtrado se dejó sedimentar 1.30 minutos hasta que el almidón se encuentre en el fondo del envase, vaciar el agua y colocar el almidón en un recipiente de acero inoxidable.
- g. **Secado:** Se llevó a la estufa los almidones a 40 °C x 15 h. Luego se eso, pasar a pesar el almidón obtenido.

3.5.4. Rendimiento

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

$$R(\%) = \frac{\text{Peso total del almidon extraido (Kg)}}{\text{Peso del araq papa (Kg)}} \times 100$$

3.5.5. Composición química proximal

El análisis de la composición química proximal se realizó a la muestra fresca del araq papa y al almidón extraído del araq papa, los análisis son los siguientes:

- a. Humedad: Ref. NTP N° 205.002:1979
- b. Grasa: Ref. NTP N° 205.006:1980
- c. Proteína: AOAC, 1998
- d. Ceniza: Ref. NTP N° 205.004:1979
- e. Fibra: Ref. NTP N° 205.003:1980
- f. Carbohidratos: Diferencia cálculo matemático.

3.5.6. Propiedades funcionales

3.5.6.1. Determinación de la temperatura de gelatinización

Técnica usada (Grace, 1977).

Procedimiento:

- Se pesó 10 g de almidón en base seca, el cual se disolvió con agua destilada y se completó a 100 mL de volumen.
- Después se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C.
- Se tomó 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL.
- Luego se introdujo el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Se agitó con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura

permanezca estable por unos segundos, por último, se procedió a la lectura de la temperatura de gelatinización.

3.5.6.2. Determinación de la claridad del gel del almidón

Técnica usada (Craig, Maningat, Seib, & Hosenev, 1989); las determinaciones se realizaron espectrofotométricamente con el porcentaje de transmitancia.

Procedimiento:

- Se pesó 0.1 g de almidón en base seca en tubos de ensayo limpio y seco.
- Luego se agregó agua destilada hasta completar un volumen de 10 mL.
- Seguidamente se colocaron los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos, luego la suspensión se agito cada cinco minutos.
- Se dejó enfriar los tubos a temperatura ambiente.
- Se ubicó la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y se procedió al leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

3.5.6.3. Determinación de la viscosidad

Se utilizó la metodología descrita por la AOAC (1998); utilizando un Viscosímetro Brookfield con accesorio RV5.

Procedimiento:

- Se pesó 25 g de almidón en base seca, se disolvió en agua destilada y completo hasta los 500 mL.
- Las suspensiones se gelatinizaron en un baño maría a 80 °C con agitación constante por 15 minutos.
- Enfriar el gel hasta 25 °C.
- Se midió la viscosidad de los geles a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM.

3.5.6.4. Determinación del IAA, ISA y PH

Estas características fueron determinadas por triplicado, usando el método reportado por (Anderson, 1982), que permite cuantificar la cantidad de agua incorporada a la muestra y el porcentaje de sólidos solubles disueltos en agua a 30 °C; modificado para esta investigación.

a. Determinación del índice de absorción del agua (IAA)

- Se pesó el tubo con la muestra de almidón húmedo.
- Por diferencia se obtuvo el peso del sedimento.
- El IAA se expresó mediante la siguiente ecuación.

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso del sedimento}}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

b. Determinación del índice de solubilidad del agua (ISA)

De la solución anterior se tomaron 2.5 mL del sobrenadante de cada tubo y se transfirieron a placas Petri previamente pesadas.

- Las muestras se colocaron en una estufa a 105 °C hasta evaporar todo el líquido.
- El resto del sobrenadante de cada tubo se midió para obtener el volumen del líquido total.
- El ISA se determinó mediante la siguiente ecuación.

$$\text{ISA} = \frac{A \times \left(\frac{B}{2,5}\right)}{C} \times 100$$

Dónde:

A: sólidos disueltos en 2.5 mL de sobrenadante.

B: mL totales del sobrenadante.

C: peso de la muestra seca.

c. Determinación del poder de hinchamiento (PH)

$$\text{PH} = \frac{\text{Peso del sedimento}}{\text{Peso de la muestra seca} - \text{Peso de disueltos}}$$

3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

La técnica de procesamiento y análisis de datos se ha realizado en forma descriptiva, utilizando el MS Excel 2019.



CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Rendimiento

En la Tabla se muestra el rendimiento promedio obtenido de la extracción de almidón del araq papa.

Tabla 4.

Rendimiento de extracción de almidón del araq papa.

Peso	Unidad de medida	Cantidad
Papa	Kg	10,00
Almidón	Kg	1,08
Merma	Kg	9,53
Rendimiento	%	10,19

Fuente. Elaboración (propia 2020).

4.2. Composición proximal

La composición proximal (humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra cruda y carbohidratos totales) del almidón extraído del araq papa procedente del distrito y provincia de Acobamba – Huancavelica se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5.

Propiedades químico proximal del tubérculo y almidón del araq papa.

Análisis (%)	Resultados	
	Tubérculo de araq papa	Almidón de araq papa
Humedad	76,59	9,43
Ceniza	0,74	0,36
Grasa	0,06	0,04
Proteína	1,39	0,51
Fibra	0,27	0,00
Carbohidratos	20,95	89,66

4.3. Propiedades funcionales

4.3.1. Temperatura de gelatinización

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero se hidratan e hinchan en agua caliente dando origen a la formación de pasta viscosa. El hinchamiento es reversible hasta cierta temperatura conocida como temperatura de gelatinización, la cual caracteriza a cada tipo de almidón.

En la Tabla 6 se presenta los resultados de la temperatura de gelatinización del almidón de araq papa.

Tabla 6.

Temperatura de gelatinización del almidón de araq papa.

Repetición	TG (°C)
1	63
2	60
3	63
Promedio	62,0

4.3.2. Claridad de los geles de almidón

Los valores de la claridad de los geles de almidón, determinados como porcentaje de transmitancia (%T) a cero horas y los efectos a lo largo de un periodo de almacenamiento refrigerado a 4 °C por 72 horas, se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7.

Claridad del gel del almidón de araq papa.

Tiempo (horas)	Transmitancia a 650 nm (%)
0	59,3 ± 1,91
24	35,3 ± 0,73
48	11,8 ± 0,88
72	6,0 ± 0,59

El valor de la transmitancia del gel de almidón disminuye progresivamente a medida que el tiempo de almacenamiento refrigerado

se incrementó, la transmitancia del gel de almidón de araq papa disminuyo desde 59,3% en 0 horas, hasta 6,0% en 72 horas.

4.3.3. Viscosidad

Se prepararon dispersiones de las muestras al 1% (p/v) de sólidos totales en base seca y se estudiaron en un analizador rápido de viscosidad (ARV) (Newport Scientific Pty. Ltd, Australia). La etapa de calentamiento se inició a 25 °C y se llevó hasta 95 °C (cocción) manteniéndose 7 min a esa temperatura; se enfrió a 50 °C por 1 min. La velocidad de calentamiento–enfriamiento fue 2,5 °C min⁻¹ y la velocidad de rotación del tazón fue 2,5 a 100 rpm (AACC, 2000)

4.3.4. Índice de absorción de agua (IAA)

En la Tabla 8 se presenta los resultados del IAA del almidón de araq papa.

Tabla 8.

Claridad del gel del almidón de araq papa.

Repetición	IAA
1	10,19
2	10,53
3	10,63
Promedio	10,45

4.3.5. Índice de solubilidad en agua (ISA)

En la Tabla 9 se muestran los resultados del análisis de ISA del almidón del araq papa.

Tabla 9.

ISA del almidón de araq papa.

Repetición	ISA
1	3,52
2	3,80
3	3,11
Promedio	3,48

4.3.6. Poder de hinchamiento

En la Tabla 10 se muestran los resultados del análisis del poder de hinchamiento del almidón del araq papa.

Tabla 10.

Poder de hinchamiento del almidón de araq papa

Repetición	Poder de hinchamiento
1	10,95
2	10,64
3	10,13
Promedio	10,573

4.4. Discusión de resultados

El rendimiento de extracción de almidón fue de 10,19%. Barrera *et al.*, (2004) reportaron un porcentaje de rendimiento de extracción de almidón de papa nativa ecuatoriana de 16,13%, mientras que Zárate-Polanco *et al.*, (2014) reportaron valores desde 8,59 hasta 19,43% para papa colombiana. Los valores de la extracción de almidón de papas nativas obtenidos en esta investigación son menores que los mencionados anteriormente. Mientras que Peña (2017) reporto 10,20% en la variedad de papa nativa IB, valor próximo al obtenido en esta investigación. Las diferencias encontradas, en cuanto a rendimiento, pudieran deberse a varias razones. En primer lugar, Zárate-Polanco *et al.*, (2014) mencionan que el rendimiento de la extracción depende de la madurez del tubérculo en el momento de la extracción, puesto que el almidón inicia el proceso de hidrólisis después de cosechado el tubérculo, por lo tanto, su contenido se

reduce gradualmente a medida que el fruto madura (Arcila 2002). Por lo tanto, es importante extraer el almidón una vez se cosechada la papa. También, es importante mencionar que los rendimientos de extracción obtenidos podrían deberse a que se realizó de forma manual (nivel laboratorio), y que en cada etapa del proceso existen pérdidas debido a la falta de eficiencia de los equipos empleados, a la separación de las fibras de los tubérculos y al retiro de la humedad (Zárate-Polanco *et al.*, 2014). El bajo contenido de proteína y ceniza de los almidones indican una alta pureza (Alvani *et al.*, 2011; Gunaratne *et al.*, 2002 y Pérez- Pachecho *et al.*, 2014), también, el almidón es más puro cuando el contenido de carbohidratos es alto (Singh & Kaur 2009). El almidón extraído del araq papa presento 0% de fibra cruda y bajo contenido de grasa, proteínas y cenizas. Xu *et al.* (2013), sostienen que los almidones con alta pureza se caracterizan por un bajo contenido de proteína, grasa y cenizas, y alto en carbohidratos. Asimismo, Pérez-Pacheco *et al.* (2014) indican que la composición química de los almidones depende de la fuente botánica y el proceso de obtención y purificación.

La humedad reportada es de 9,43%, este valor es similar a los reportados por Hoover (2001) (7,0 a 13,3 %) y Mishra (2006) (7,54 a 9,37 %). Falade *et al.*, (2015) mencionan que el bajo contenido de humedad sugiere que el almidón de papa aislado tendría una mayor estabilidad de almacenamiento, como resultado de una actividad de agua inferior entre otros factores. También, Abegunde *et al.*, (2012) mencionan que el nivel de humedad recomendado para almidones comerciales debe ser menor al 20 por ciento y para un almacenamiento seguro de éstos, en la mayoría de los países productores de almidón, es menor a 13 por ciento; por lo que en esta investigación se cumple con estas recomendaciones.

Los resultados obtenidos de la temperatura de gelatinización en esta investigación arrojó un promedio de 62 °C, estos resultados son próximos a los determinados por (Zarate Polanco, y otros, 2014), quienes reportaron temperaturas de gelatinización de 62 a 74 °C al igual que (Ramírez Suárez *et al.*, 2011). Sin embargo, los valores obtenidos son similares a los reportados por (Villacrés & Espín, 1999), quienes indican que la temperatura de gelatinización

del almidón de papa está alrededor de 62 °C, así mismo (Alvis *et al.*, 2008), muestran una temperatura de gelatinización del almidón de papa que oscilo en 66 °C para la variedad ICA Nariño. Según (Lindeboom *et al.*, 2004), los rangos de temperatura de gelatinización del almidón de papa están entre 56 a 67 °C. Las temperaturas de gelatinización de los almidones de papa pueden estar influenciadas por la relación agua/almidón, asimismo, la velocidad de calentamiento (°C/min) es un factor importante, pues durante el análisis de CDB, una alta velocidad puede generar una baja entalpía de gelatinización debido a la falta de tiempo para la transferencia de agua dentro de los gránulos (Gebre *et al.*, 1996; Zhu *et al.*, 2016 y Emmambux *et al.*, 2013).

El valor obtenido para la claridad de pasta fue de 59,3% de transmitancia; este valor es similar a los reportados por (Garnica H *et al.*, 2010), quienes obtuvieron valores de 54,5 a 82,9% de transmitancia en clones promisorios de papa al igual que (Romero Bernal & Garnica Holguin, 2009).

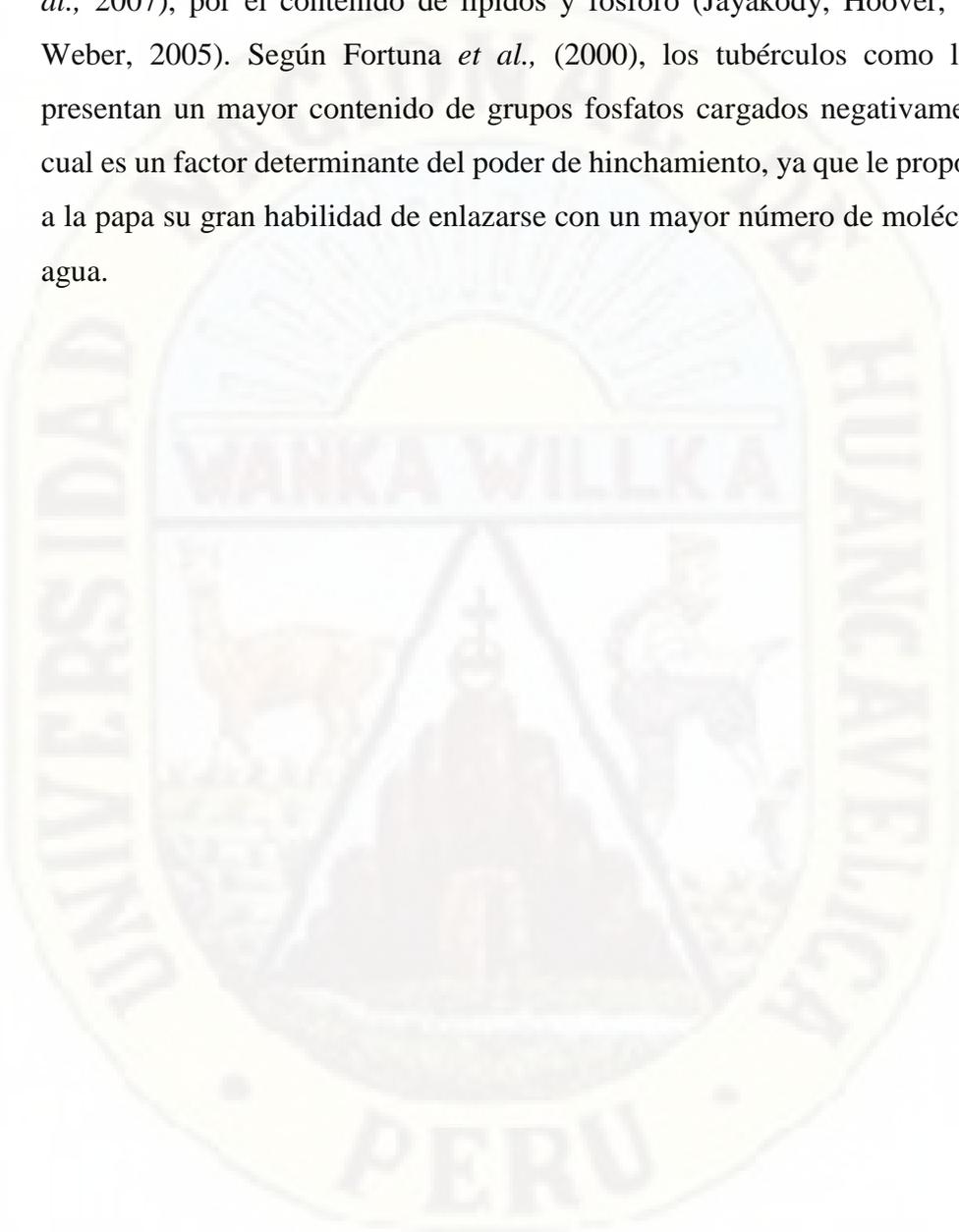
Los resultados de esta investigación para la viscosidad oscilaron de 11970 a 446 mili pascal, los cuales encuentran similitud con los datos reportados por (Garnica H *et al.*, 2010), quienes obtuvieron valores de 770 a 12960 mili pascal, en almidones de clones de papa criolla. El almidón del araq papa presento un fuerte elevamiento de viscosidad, mucho mayor que los cereales. Esto es debido a que los almidones de papa, en cuanto a los gránulos tienen mayor capacidad de absorción de agua, mayor velocidad de hidratación y se desintegran más rápidamente (Aristizabal & Sánchez, 2007). Tester & Morrison, (1990), señalan que la amilopectina es el principal responsable del hinchamiento y viscosidad de la pasta de almidón; indican que, durante el hinchamiento de los gránulos, los puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón se disocian y son reemplazados con puentes de hidrogeno con las moléculas de agua, lo cual incrementa la viscosidad. Esta diferencia de la viscosidad, se debe al tamaño y la forma del granulo, que incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad, cuanto menor sea el tamaño de los gránulos existirá mayor capacidad de absorción de agua, y por ende mayor viscosidad (Hwang & Kokini, 1992).

El almidón del araq papa mostro valor del índice de absorción de agua de 10,45 (g gel/g muestra). Los cuales concuerdan con lo reportado por (Garnica H. *et al.*, 2010), quienes muestran valores de 6,50 a 15,04 (g gel/g muestra). Para (Alvis *et al.*, 2008), el índice de absorción de agua para el almidón de papa gira en torno al 5,83 (g gel/g muestra), lo cual indica que el almidón obtenido del araq papa está por fuera de este parámetro y esta variable puede estar influenciada por las moléculas para formar un gel. Estas diferencias en el índice de absorción de agua de los almidones de papa nativa, está relacionada con la fuente biológica, con el tamaño y la forma del granulo (Lindeboom *et al.*, 2004).

El índice de solubilidad en agua del almidón de araq papa fue de 3,48 (g soluble/g muestra), lo cual está por encima de los reportados por (Alvis *et al.*, 2008), quienes hallaron valores de índice de solubilidad en agua del almidón de 2,97 (g soluble/g muestra). También resultan similares a los reportados por (Garnica H. *et al.*, 2010), quienes reportaron valores de 2,41 a 5,29 (g soluble/g muestra) del índice de absorción de agua. La diferencia en el índice de solubilidad en agua de almidón de araq papa es posible que se deba al mayor contenido de amilopectina presente; existe la posibilidad que las ramificaciones laterales (amilopectina) de las moléculas del almidón y un menor tamaño del gránulo, facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros, siendo la amilopectina la de mayor proporción de disolución. Esto desde luego, incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad (Hwang & Kokini, 1992). Un almidón con menor contenido de lípidos será más soluble que aquel cuyo contenido es mayor debido a que los lípidos son insolubles en agua, tienden a evitar la interacción entre moléculas del almidón con el agua y como consecuencia, a evitar o disminuir la solubilidad (Yuan *et al.*, 2007).

En los resultados obtenidos el porcentaje del poder de hinchamiento fue alrededor de 10,573 %, estos valores difieren con los reportados por (Garnica H. *et al.*, 2010), que fueron de 6,58 a 15,45% el poder de hinchamiento de almidones de clones de papa. Esta diferencia está relacionada con la proporción de amilosa y amilopectina, tamaño y forma de los gránulos, los cuales otorgan

propiedades como el poder de hinchamiento (Singh *et al.*, 2003). Se ha reportado que el poder de hinchamiento de los almidones se ve influenciado por la estructura e interacción de las moléculas de la amilopectina y amilosa (Yuan *et al.*, 2007), por el contenido de lípidos y fósforo (Jayakody, Hoover, Lui, & Weber, 2005). Según Fortuna *et al.*, (2000), los tubérculos como la papa presentan un mayor contenido de grupos fosfatos cargados negativamente, lo cual es un factor determinante del poder de hinchamiento, ya que le proporciona a la papa su gran habilidad de enlazarse con un mayor número de moléculas de agua.



Conclusiones

- Las características químicas proximales de los tubérculos del araq papa mostraron un contenido de: 76,59% de humedad, 0,74% de ceniza, 0,06% de grasa, 1,39% de proteína, 0,27% de fibra y 20,95% de carbohidratos, por 100 g de muestra.
- Las características químicas proximales del almidón extraído a partir del araq papa mostraron un contenido de: 9,43% de humedad, 0,36% de ceniza, 0,04% de grasa, 0,51% de proteína, 0,00% de fibra y 89,66% de carbohidratos, por 100 g de muestra.
- En la extracción del almidón a partir del araq papa su tuvo el rendimiento en la extracción del almidón de araq papa 10,19%.
- Los resultados de las propiedades funcionales del almidón del araq papa fueron las siguientes: temperatura de gelatinización fue de 62 °C, la claridad del gel del almidón fue de 6,0 en 72 horas, el Índice de absorción de agua fue 10,45; el Índice de solubilidad de agua fue de 3,48; el poder de hinchamiento del almidón fue de 10,57.

Recomendaciones

- ✓ A partir de la investigación desarrollada se recomienda realizar trabajos de investigación que determinen la capacidad antioxidante del tubérculo del araq papa.
- ✓ Así mismo se requiere determinar el contenido de componentes bioactivos presentes en araq papa.
- ✓ Realizar comparaciones de las variedades de los tuberculos del araq papa.



Referencias bibliográficas

- A.O.A.C. (2000). *Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International; Agricultural Chemicals, Contaminants, Drugs*. 17a Edición. Maryland. EE.UU.
- A.O.A.C. (2005) Official methods of analysis of AOAC International. 18 ed. Maryland, US, Editorial Board. 2 v.
- Abegunde, O; Mu, T; Arogundade, L; Deng, F; Chen, J. (2012). Physicochemical characterization of starches from some Nigerian and Chinese roots and tubers. *African Journal of Food Science* 6(11):317-329.
- Ahmed, J., Tiwari, B., Imam, S. & Rao, M. (2012). *Starch-based polymeric materials and nanocomposites: chemistry, processing and applications*. Florida, US, Editorial CRC Press. 396p.
- Alvani, K; Qi, X; Tester, R; Snape, C. (2011). Physicochemical properties of potato starches. *Food Chemistry* 125(3):958-965.
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información Tecnológica*, 19-28.
- Anderson, R. A. (1982). Absorción de agua y solubilidad característico de los productos de grano pequeño recién preparado. *La química de los cereales.*, 265-269.
- Andrade, B. & Cuesta, X. (1996). El papel del usuario en la selección y liberación de variedades de papa en el Ecuador INIA/PNRT - PAPA/proyecto FORTIPAPA, editor. Quito.
- Arcila P.; G. Giraldo; F. Celis; J. Duarte. 2002. Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región cafetera central colombiana. En: ACORBAT. (15: 27-2, octubre-noviembre, 2002: Cartagena, Colombia). Reunión. Medellín: Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. pp 455-463.
- Aristizabal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* 163., 1-120.
- Ávalos, A. (2011). La Papa. Obtenido de: <http://ingenieriaagroindustrial-unt.blogspot.pe/2011/10/la-papa.html> (último acceso 17/09/2020).

- Barrera, V; Tapia, C; Monteros, A. (2004). Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito, EC, INIAP. 176p.
- Bello, J. (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Pamplona, ES, Ediciones Díaz de Santos. 596p.
- Bemiller, J. & Wistler, R. (2009). Starch: chemistry and technology. 3ed. Burlington, US, Editorial Academic Press. 879 p.
- Bertolini, A. (2010). Starches: Characterization, properties and Applications. Florida, US, Editorial CRC Press. 276 p.
- Blennow, A.; Wischmann, B., Houborg, K., Ahmt, T., Jorgensen, K., Engelsen, S. & Poulsen, P. (2005). Structure function relationships of transgenic starches with engineered phosphate substitution and starch branching. *International Journal of Biological Macromolecules* 36(3):159-168.
- Craig, S. A., Maningat, C. C., Seib, P. A., & Hoseney, R. C. (1989). El almidón: claridad. *Química del cereal.*, 173-182.
- Cui, S. (2005). Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications. Florida, US, Editorial CRC Press. 410 p.
- Díaz, J. (2015). Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y la estabilidad en. Congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de *Solanum tuberosum ssp. Andigenum* (papa nativa). Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas – Perú.
- Egúsqiza, R. (2000). La Papa, Producción, transformación y Comercialización. CIMAGRAF S. R. L. Lima, Perú. 192 p.
- Eliasson, A. (2004). Starch in food: structure, function and applications. England, UK, Editorial Cambridge. 597p.
- Eliasson, A. (2006). Carbohydrates in food. 2 ed. New York, US, Taylor&Francis Group. 546p.
- Emmambux, M; Taylor, J. (2013). Morphology, physical, chemical, and functional properties of starches from cereals, legumes, and tubers cultivated in Africa: A review. *Starch-Stärke* 65(9-10):715-729.
- Ezeta, F. (2001). Producción de semilla de papa en latinoamérica. *Latinoamerica de Papa.*

- Falade, K; Christopher, A. (2015). Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids* 44: 478-490.
- FAO. (2008). Las papas, la nutrición y la alimentación. Obtenido de Las papas, la nutrición y la alimentación: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html> (última visita 18/09/2020).
- Fortuna, T., Januszewska, R., Juszczak, L., Kielski, A., & Palasinski, M. (2000). La influencia de las características de los poros del almidón en el comportamiento de la pegajosidad. *Revista internacional de ciencia y tecnología de alimentos*, 285-291.
- Garnica H., A. M., Romero B., Á. R., Cerón L., M. d., & Prieto Contreras, L. (2010). Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie *andigena*) para la industria de los alimentos. *CORPOICA*, 41-51.
- Gebre-Selassie, K.; Marchoux, G.; Deleclle, B. & Pochard, E. (1985). Variabilité naturelle des souches du virus Y de la pomme de terre dans les cultures de piment du sud-est de la France. Caractérisation et classification en pathotypes. *Agronomie*, v.5, p.621-630,
- Grace, M. R. (1977). Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO)., 116.
- Gunaratne, A; Hoover, R. (2002). Effect of heat–moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate polymers* 49(4):425-437.
- Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio. (2013). *Metodología de la Investigación Científica*. México: GRAW-HILL, 9(1), 16-27.
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers* 45(3):253-267.
- Hoover, R; Hughes, T; Chung, H. J & Liu, Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International* 43(2):399-413.
- Hurtado, J. (1997). Valorización de las amiláceas “no-cereales” cultivadas en los países andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus

- almidones y la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. *Carbohydrate Polymers*, 45(3): 253-267.
- Hwang, J., & Kokini, I. (1992). Contribución de las ramas laterales para las propiedades reológicas de las pectinas. *Carbohidratos y Polimeros.*, 41-50.
- Jayakody, L., Hoover, R., Lui, Q., & Weber, E. (2005). Los estudios sobre los almidones de tuberculos: estructura y propiedades fisicoquímicas de almidón de Innala (*Solenostemon tonrundifolius*) crecido en lanka. *Investigación internacional de alimentos.*, 615-629.
- Karim, A; Norziah, M. & Seow, C. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry* 71(1):9-36.
- Kaur, A; Singh, N; Ezekiel, R. & Guraya, H. (2007). Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. *Food Chemistry* 101(2):643-651.
- Lajolo, F. & Wenzel, E. (2006). *Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos*. Sao Paulo, BR, Editorial de la Universidad de Sao Paulo. 651p.
- Lindeboom, N., Chang, P., & Tyler, R. (2004). Aspectos analíticos, bioquímicos y fisicoquímicos de tamaño de los granulos de almidon, con énfasis en los pequeños almidones granulares. *Almidon*, 89-99.
- Lopategui E. (2000). *Conceptos básicos de nutrición*. Universidad Interamericana de PR - Metro, División de Educ. Dept. de Educación Física.
- Maldonado, L., Ordinola, M., Manrique, K., Fonseca, C., Sevilla, M., & Delgado, O. (2011). Estudio de caso: evaluación de impacto de la intervención del proyecto INCOPA/CAPAC en Andahuaylas. *Revista del Centro Internacional de la Papa*, 5-75.
- Martínez, Patricia, Peña, Fiorela, Gómez, Yelena, Vargas, Guino, & Velezmoro, Carmen. (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 28 de julio de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000300006&lng=es&tlng=es.

- MINAGRI. (2017). MINAGRI. Obtenido de MINAGRI:
<http://www.minagri.gob.pe/portal/publicaciones-y-prensa/noticias-2017/19273-peru-es-imbatible-en-la-produccion-de-papa-enlatinoamerica>
(última visita 17/05/2019).
- Mishra, S; Rai, T. (2006). Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids* 20(5):557-566.
- Noda, T; Tsuda, S; Mori, M; Takigawa, S; Matsuura-Endo, C; Kim, S; Yamauchi, H. (2006). Determination of the phosphorus content in potato starch using an energy dispersive X-ray fluorescence method. *Food Chemistry* 95(4):632-637.
- Norma Técnica Peruana 209.067. (1974). Lima: Determinación de humedad.
- Norma Técnica Peruana 209.069. (1974). Lima: Determinación de pH.
- Ochoa, M. (2003). *Las papas del Perú*, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación y Cooperación COSUDE., Lima - Perú.
- Ortega, D. (1989). *La papa: Alimento andino a preservar*. Regional Sur Andina.; XIXII.
- Pardo C., Oscar Hernando y Castañeda, Julio César y Ortiz, César Armando y (2013), "Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa". *Acta Agronómica*, vol. 62, núm.4, pp.289-295 [Consultado: 28 de julio de 2020]. ISSN: 0120-2812. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1699/169930016002>
- Peña, E. (2017). *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú
- Perera, C; Hoover, R. (1999). Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chemistry* 64(3):361-375.
- Pérez-Pacheco, E; Moo-Huchin, V; Estrada-León, R; Ortiz-Fernández, A; May-Hernández, L; Ríos-Soberanis, C; Betancur-Ancona, D. (2014). Isolation and

- characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swarts Seeds. Carbohydrate polymers 101:920-927.
- Porras, P. & López, Y. (2005). Guía ambiental para el cultivo de papa. Revista Fedepapa.
- Prada, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa Bogotá. Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a12.pdf>
- Ramírez Suárez, L. M., Zárate Polanco, L. M., & Otárola Santamaría, N. A. (2011). Caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*) para su aplicación en derivado cárnico (tesis de grado). Bogotá, Universidad de la Salle.
- Robles, M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. Ing. Valdivia, CL, Universidad Austral de Chile. 137p.
- Romero Bernal, Á. R., & Garnica Holguin, A. M. (2009). Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Universidad de la Salle, Bogotá.
- Sandhu, K. S. & Singh, N. (2007). Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. Food Chemistry 101(4):1499-1507.
- Schirmer, M; Höchstötter, A; Jekle, M; Arendt, E; Becker, T. (2013). Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. Food Hydrocolloids 32(1):52-63.
- Schirmer, M; Jekle, M; Becker, T. (2015). Starch gelatinization and its complexity for analysis. Starch-Stärke 67(1-2):30-41.
- Singh, J; Kaur, L. (2009). Advances in potato chemistry and technology. Burlington, US, Editorial Academic Press. 508 p.
- Singh, N., Inouchi, N. & Nishinari, K. (2006). Structural, thermal and viscoelastic characteristics of starches separated from normal, sugary and waxy maize. Food Hydrocolloids 20(6):923-935.

- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh, N., & Singh, B. (2003). Morfología, propiedades térmicas y reológicas de los almidones de diferentes fuentes botánicas. *Química de los alimentos.*, 219-231.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. & Gill, B. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81(2):219-231.
- Singh, N; Chawla, D; Singh, J. (2004). Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. *Food Chemistry* 86(4):601-608.
- Skibsted, L; Risbo, J; Andersen, M. (2010). Chemical deterioration and physical instability of food and beverages. Florida, US, Elsevier. 790p.
- Sodhi, N. & Singh, N. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. *Food Chemistry* 80(1):99-108.
- Solarte-Montúfar, Juan G., Díaz-Murangal, Anderson E., Osorio-Mora, Oswaldo, & Mejía-España, Diego F. (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>.
- Tester, R. F., & Morrison, W. R. (1990). Hinchazón y la gelatinización de los almidones de cereales y efectos de amilopectina, amilosa y lípidos. *La química de los cereales.*, 551-557.
- Tomasik, P. (2004). Chemical and functional properties of food saccharides. Florida, US, Editorail CRC Press.395p.
- Vaclavick, V. (2002). Fundamentos de ciencia de los alimentos. Zaragoza, ES, Editorial Acribia. 485p.
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(spe), 223-230. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>
- Vásquez, V. (1998). Mejoramiento Genético de la Papa. Ediciones AMARU. Lima. Perú.

- Villacrés, E., & Espín, S. (1999). Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos andinos. EN T. Fairlie, M. Morales Bermudéz, & M. Holle, Raíces y tubérculos andinos (págs. 25-37). Lima-Perú.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q. & Wang, S. (2015). Starch retrogradation: a comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14(5):568-585
- Wani, A., Singh, P., Shah, M., Schweiggert-Weisz, U., Gul, K. & Wani, I. (2012). Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties-A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11(5):417-436.
- Waterschoot, J., Gomand, S., Fierens, E. & Delcour, J. (2015). Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch-Stärke* 67(1-2):14-29.
- Wrolstad, R. (2012). *Food carbohydrate chemistry*. Chichester, UK, Editorial John Wiley & Sons. 217p.
- Xu, Y; Grizzard, C; Sismour, E; Bhardwaj, H; Li, Z. (2013). Resistant starch content, molecular structure and physicochemical properties of starches in Virginia-grown corn, potato and mungbean. *Journal of Cereals and Oilseeds* 4(1):10-18.
- Yuan, Y., Zhang, L., Dai, Y., & Yu, J. (2007). Propiedades fisicoquímicas del almidón obtenido de (*Dioscorea nipponica*) y comparación con otros almidones de tubérculos. *Diario de ingeniería de alimentos*, 436-442.
- Zarate Polanco, L., Ramírez Suárez, L., Otárola Santamaría, N., Prieto, L., Garnica Holguin, A., Cerón Lasso, M., y otros. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.
- Zarate-Polanco, L; Ramírez-Suárez, L; Otárola, N; Prieto, L; Garnica, A; Cerón, M. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.

- Zárate-Polanco; Ramírez-Suárez; Otálora Santamaría; Prieto; Garnica-Holguín; Cerón-Lasso & Argüelles. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.
- Zhang, B; Zhao, Y; Li, X; Zhang, P; Li, L; Xie, F; Chen, L. (2014). Effects of amylose and phosphate monoester on aggregation structures of heat-moisture treated potato starches. *Carbohydrate Polymers* 103:228-233.
- Zhou, H., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H. & Cui, M. (2014). Effects of salts on physicochemical, microstructural and thermal properties of potato starch. *Food Chemistry* 156:137-143.
- Zhu, F. (2016). Structure, properties, and applications of aroid starch. *Food Hydrocolloids* 52:378-392.

ANEXOS

ANEXO 1. CONSTANCIA DE ANALISIS DEL TUBERCULO



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRALÉ KM. 5 - TEL: 248152 Anexo 214 TAMBAY: 235981

[Http://www.uncp.edu.pe](http://www.uncp.edu.pe)

INFORME DE ENSAYO N° 0235 – LCC – UNCP - 2020

SOLICITANTE: NICOLÁS VARGAS SEDANO / NILDA FLORES NAVARRO.
DIRECCIÓN: ACOBAMBA.

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

PRODUCTO: ARAZ PAPA FRESCO (*Solanum verrucosum*)
ENVASE: BOLSA DE POLIETILENO
TAMAÑO DE MUESTRA: 500g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 31/08/2020
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO: 15/09/2020
SOLICITUD DE SERVICIO: N° 0235 – 2020

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
HUMEDAD (%)	76.59
CENIZA (%)	0.74
GRASA (%)	0.06
PROTEÍNA (%)	1.39
FIBRA (%)	0.27
CARBOHIDRATOS (%)	20.95

MÉTODO DE ENSAYO:

1. HUMEDAD	REF. NTP N° 206.003.1875
2. GRASA	REF. NTP N° 206.004.1842
3. PROTEÍNA	AOAC, 1988
4. CENIZA	REF. NTP N° 206.004.1875
5. FIBRA	REF. NTP N° 206.003.1842
6. CARBOHIDRATOS	DIFERENCIA CALCULO MATEMÁTICO

LOS RESULTADOS SE REFERIRÁN A LA MUESTRA EVALUADA DETERMINÁNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA, CONSERVACIÓN, ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DE ENTREGA.

LOS RESULTADOS SON DE SU RESPONSABILIDAD EN FORMA EXCLUSIVA POR EL INTERESADO.

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

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 15 DE SETIEMBRE DEL 2020.



Luz Ariza Muñoz
SERVICIOS DE CALIDAD
LCC - PAPA - 2020

Página 1/1

ANEXO 2. CONSTANCIA DE ANALISIS DEL ALMIDON



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

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

INFORME DE ENSAYO N° 0233 – LCC – UNCP - 2020

SOLICITANTE : NICOLÁS VARGAS SEDANO / NILDA FLORES NAVARRO.
 DIRECCIÓN : ACOBAMBA.

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

PRODUCTO : ALMIDÓN DE ARAJ PAPA (*Solanum tuberosum*)
 ENVASE : BOLSA DE POLIETILENO
 TAMAÑO DE MUESTRA : 500g
 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 31/08/2020
 FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 15/09/2020
 SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0233 – 2020

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL:

ANÁLISIS	RESULTADO
HUMEDAD (%)	9.43
CENIZA (%)	0.36
GRASA (%)	0.04
PROTEÍNA (%)	0.51
FIBRA (%)	0.00
CARBOHIDRATOS (%)	89.66

MÉTODOS DE ENSAYO:
 1. HUMEDAD : REP. NTP N° 206.026.0173
 2. GRASA : REP. NTP N° 206.026.0180
 3. PROTEÍNA : AOAC, 1994
 4. CENIZA : REP. NTP N° 206.024.0173
 5. FIBRA : REP. NTP N° 206.023.0180
 6. CARBOHIDRATOS : DIFERENCIA CALCULO MATEMÁTICO

LOS RESULTADOS SE RESTRIÑEN A LA MUESTRA EVALUADA CONOCIENDO LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA, CONSERVACIÓN, SU COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO.
 LOS DATOS DEL RESULTADO PUEDEN ESTABLECERSE EN FORMA PERMANENTE POR EL INTERESADO.

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA SOLO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN APLICABLE PARA EL PRODUCTO, Y LAS CANTIDADES INDICADAS SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGAN LAS MISMAS CONDICIONES DE REALIZADO EL MUESTREO, LA CORRECCIÓN O EMISIÓN DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL SUPLENTE EN DELITO DE FALSIFICACIÓN CIVIL Y PENAL POR DEPOSITOS LEGALES VIGENTES, PRECISANDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO LA MUESTRA PARA ORDENAR DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 90 DÍAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 15 DE SETIEMBRE DEL 2020.


 Luis Arturo Malaga
 INGENIERO DE CALIDAD
 LCC - FABA - UNCP

ANEXO 3. CONSTANCIA DE ANALISIS FUNCIONAL DEL ALMIDON



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

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

[Http://www.uncp.edu.pe](http://www.uncp.edu.pe)

INFORME DE ENSAYO N° 0234 – LCC – UNCP - 2020

SOLICITANTE : NICOLÁS VARGAS SEDANO / NILDA FLORES NAVARRO.
 DIRECCIÓN : ACOBAMBA.

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

PRODUCTO : ALMIDÓN DE ARAO PAPA (*Solanum verrucosum*)
 ENVASE : BOLSA DE POLIETILENO
 TAMAÑO DE MUESTRA : 500g
 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 31/08/2020
 FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 15/09/2020
 SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0234 – 2020

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS REOLOGICO:

RPM	VISCOSIDAD(milí pascal)	% DE LECTURA
2.5	11970	8.9
4.0	10020	10.0
5.0	2290	11.0
10.0	2070	12.3
20.0	1300	13.9
50.0	720	17.7
100	448	22.2

Método de ensayo:
 1. ISO 3008

ADAC, 1998

LOS RESULTADOS SE REFIEREN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIENDO LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA, COSECCION, ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO.

EL ANÁLISIS REALIZADO EN ESTE SOLICITANTE SE REALIZÓ EN EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VALIDEZ SOLO PARA LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE PARA EL PRODUCTO, Y LAS CANTIDADES INDICADAS SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGAN LAS MISMAS CONDICIONES DE REALIZADO EL MUESTREO, LA COSECCION O EMISIÓN DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA REPUBLICA Y EL SUPLECTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DEPOSITOS URGENTES VIGENTES, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DIFERENCIA DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 30 DIAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 15 DE SETIEMBRE DEL 2020.

Valeria Ariza Muñoz
 SERVICIO DE CALIDAD
 LCC - FIA - UNCP

ANEXO 4. IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACION



Figura 2. Tubérculos del araq papa.



Figura 3. Lavado del araq papa.



Figura 4. Pesado del araq papa.



Figura 5. Rayado del araq papa.



Figura 6. Muestra triturada.



Figura 7. Lavado.

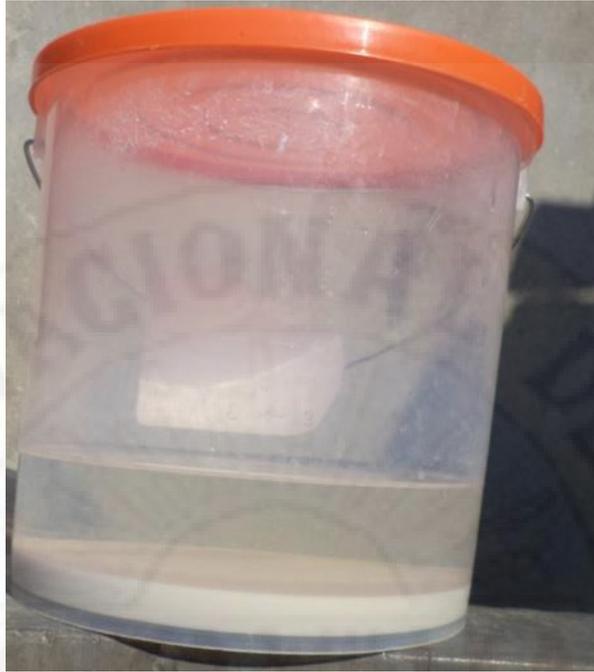


Figura 8. Decantación.



Figura 9. Almidón de araq papa.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DEL ARAQ PAPA (*Solanum tuberosum*) PROCEDENTE DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ACOBAMBA – HUANCAMELICA”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	SUB INDICADORES	ACTIVIDADES Y PROTOCOLOS
<p>Evaluar la característica química proximal y las propiedades funcionales del almidón del araq papa (<i>Solanum tuberosum</i>).</p>	<p>General Evaluar la característica química proximal y las propiedades funcionales del almidón del araq papa (<i>Solanum tuberosum</i>).</p> <p>Específico ✓ Determinar la característica química proximal de los tubérculos del araq papa. ✓ Determinar el rendimiento en la extracción del almidón de araq papa. ✓ Determinar la característica química proximal del almidón del araq papa. ✓ Evaluar las propiedades funcionales del almidón del araq papa.</p>	<p>El almidón de araq papa (<i>Solanum tuberosum</i>), presenta excelentes características químico proximal y propiedades funcionales.</p>	<p>Independiente ✓ Tubérculo Araq papa (<i>Solanum tuberosum</i>) y el almidón.</p> <p>Dependiente ✓ Característica química proximal de los tubérculos y el almidón de araq papa. ✓ Extracción de almidón de araq papa. ✓ Propiedades funcionales del almidón del araq papa</p>	<p>Cantidad Humedad. Ceniza. Grasa. Proteína. Fibra. Carbohidratos. Rendimiento Temperatura de gelatinización. Claridad de los geles de almidón. Viscosidad. Índice de absorción de agua. Índice de solubilidad en agua. Poder de hinchamiento</p>	<p>Kg % % °C %. mPascal g gel/g muestra g soluble/ g muestra %</p>	<p>Ámbito de estudio: Distrito y Provincia de Acobamba.</p> <p>Tipo de Investigación: Básica.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo</p> <p>Método de investigación: Cualitativo</p>