



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y REOLÓGICA DE ALMIDÓN DE
ARRACACHA (*Arracacia Xanthorrhiza*) VARIEDAD AMARILLA
PROCEDENTE DE LA PROVINCIA SAN IGNACIO-DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA.

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Alayo Sánchez, Brenda Del Pilar.

ASESOR:

Ing. MsC María Elena Leon Marrou.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Procesos Agroindustriales

TRUJILLO – PERÚ

2015

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo... Ingeniera Sandra Pagador Flores ... Revisor del trabajo académico titulado:
" Caracterización Físicoquímica y tecnológica del almidón de
arracacha (Arracacia xanthorrhiza) variedad amarilla
procedente de la Provincia San Ignacio - Departamento de
Cajamarca"

Del estudiante... Brenda Del Pilar Aloyo Sánchez

He sido capacitado en Turnitin y constatado lo siguiente:

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud de... 17...% verificable en el reporte de programa Turnitin, grado de coincidencia mínimo que convierte el trabajo en aceptable, y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 18 De Agosto Del 2017.



[Handwritten signature]

Docente Revisor del Trabajo Académico

ING. Sandra Pagador Flores

DNI: 40334394.

Autorización de Publicación de Tesis en Repositorio Institucional UCV

Yo BRENDA DEL PILAR ALAYO SÁNCHEZ identificado con DNI
(X) OTRO () N°: 48304921, egresado de la Escuela ING. AGROINDUSTRIAL de la
Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de
investigación titulado CARACTERIZACIÓN FISIQUÍMICA Y
REOLÓGICA DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA (Canna sp. xanthorrhiza) VARIEDAD
AMARILLA PROCEDENTE DE LA PROVINCIA SAN IGNACIO, DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA. en el
Repositorio Institucional de la UCV (<http://dspace.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el
Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Observaciones:

.....
.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 48304921

FECHA: 18/05/16

Título de Tesis: Caracterización Físicoquímica y reologica de almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la Provincia de San Ignacio-Departamento de Cajamarca.

Alayo Sánchez, Brenda Del Pilar

Autor

Presentada a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior de la Universidad César Vallejo para su aprobación.

Ing. Sandra Pagador Flores

Presidente

Ing. Guillermo Luján Linares

Secretario

MsC. Ing. María Elena León Marrou

Vocal

TRUJILLO – PERÚ 2015

DEDICATORIA

Se les dedico con todo mi amor y cariño:

A mis queridos abuelos: Flavio y María por sus enseñanzas y consejos aprendí que día a día se debe luchar de manera constante para poder lograr uno de mis objetivos de ser profesional.

A mí querido hermano: Giancarlo
Por su compañía y amor que me
brindo constantemente

A mis padres: Juan y Rocío, por depositar su confianza en mí, su apoyo, comprensión y consejos que guiaron mis pasos.

A mi Tíos, sobrinos e amigos que con su cariño y alegría pude culminar mi carrera de ingeniería.

AGRADECIMIENTO

La presente tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, no hubiese sido posible sin el esfuerzo conjunto del autor y mi asesor.

Agradezco a Dios, por su amor incomparable, por ser la fuerza de mi vida y siempre estar a mi lado en todo momento ayudándome para poder seguir adelante y terminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis Padres y Abuelos, que me acompañaran durante toda mi carrera profesional, brindándome su amor y su apoyo económico.

Agradezco a mi asesor de tesis, Ing. MsC María Elena León Marrou, por brindarme sus conocimientos, que me permitió culminar este trabajo de investigación.

Agradezco a mis compañeros, quien compartí momentos inolvidables y pude conocer la verdadera amistad, también por su tiempo que dispusieron para poder ayudarme al desarrollo de esta investigación.

Agradezco a mis docentes por sus enseñanzas, compartir sus experiencias, consejos que me ayudaron para mi formación profesional.

Ante todo pido disculpas a las personas que no hago mención a quienes agradezco por su apoyo incondicional.

Nuestra gratitud y reconocimiento por siempre

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento con las disposiciones vigentes del reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo, someto a su consideración y elevado criterio el presente informe de Tesis intitulado: “Caracterización fisicoquímica y reológicas del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la Provincia de San Ignacio-Departamento de Cajamarca”.

Es propicia la oportunidad para evidenciar mi sincera gratitud a nuestra Universidad César Vallejo y a toda la plana docente, que con sus conocimientos cooperaron a nuestra formación profesional.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación

Trujillo, Diciembre 2015

Alayo Sánchez, Brenda Del Pilar.

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2. TRABAJOS PREVIOS	13
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	15
1.3.1. PRODUCCIÓN DE LA ARRACACHA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) EN EL PERÚ. .	15
1.3.2. DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.	16
1.3.3. PROVINCIA DE SAN IGNACIO.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.4. ARRACACHA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>).....	18
1.3.5. ALMIDÓN	20
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	25
1.6. HIPOTESIS.	26
1.7. OBJETIVOS	27
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	27
1.7.2. OBJETIVO ESPECIFICOS.	27
II. MÉTODO	28
2.1. Metodología.....	28
2.1.1. Descripción del proceso de extracción del almidón de la arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) variedad amarilla.....	28
2.1.2. Análisis Físicoquímico.....	31
2.1.3. Análisis Reológico	31
2.2. Diseño de investigación.....	32

2.3. Población y Muestra.....	32
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.	32
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS.	33
2.5.1. Desviación Estándar (DS).....	33
2.5.2. Coeficiente de Variación (Cv).....	34
3. RESULTADOS.....	35
3.1. Rendimiento	35
3.2. Características fisicoquímica	35
3.3. Resultado de Tamaño de Granulo.....	36
3.4. Resultado del Índice de Absorción, Índice de solubilidad y Poder de Hinchamiento	37
3.5. Resultado de Sinéresis.....	37
3.6. Resultado de Temperatura de Gelatinización.....	38
3.7. Características Reológicas.	38
Determinación de T_0	39
Determinación de índices reológicos.	40
4. DISCUSIONES	41
5. CONCLUSIONES.....	44
6. SUGERENCIAS.....	44
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
8. ANEXOS	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 Polímero de glucosa con enlaces glucosídicos α 1,4.....	21
Figura 2 Segmento de amilopectina.....	22
Figura 3 Flujo de extracción del almidón de la arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) variedad amarilla.....	30
Figura 4 Porcentaje de rendimiento del almidón de la arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) variedad amarilla.....	35

Figura 5 Microfotografía de gránulos de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....36

Figura 6 Viscosidad del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla....38

Figura 7 Determinación de T_0 del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....39

Figura 8 Determinación de n y m para el gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....40

Figura 9 Anexo 15.....68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PRODUCCIÓN DE LA ARRACACHA EN T.M. EN EL PERIODO 2007- 2014.....14

TABLA 2 REGION CAJAMARCA: INFORMACION AGRICOLA REGIONAL 2012.....15

TABLA 3 REGION CAJAMARCA: INFORMACION AGRICOLA PROVINCIAL 2012.....16

TABLA 4 TAXONOMIA.....17

TABLA 5 COMPOSICIÓN DE LAS RAICES Y LAS CEPAS DE LA ARRACACHA (Contenido en 100 gramos de parte comestible).....18

TABLA 6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS RAÍCES DE ARRACACHA AMARILLA, BLANCA Y MORADA DURANTE EL FLUJO DE PROCESAMIENTO DE LA HARINA.....19

Tabla 7 Características Físicoquímica del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....36

Tabla 8 Índice de absorción, solubilidad, poder de hinchamiento de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....37

Tabla 9 Porcentaje de determinación de sinéresis de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....37

Tabla 10 Temperatura de gelatinización del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.....38

TABLA 11 Cantidades de preparación para la curva estándar.....57

RESUMEN

En este trabajo de investigación se caracterizó las propiedades fisicoquímicas y reológicas del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la provincia de San Ignacio-Departamento de Cajamarca. Se extrajo el almidón y se evaluó su rendimiento, sus propiedades fisicoquímicas y reológicas. Los resultados obtenidos indican que el almidón presentó un rendimiento de 11.1%, con un contenido de humedad de 4.71 %, 0.27 % de cenizas, amilosa 15.16% y amilopectina 84.84%. Los gránulos de almidón mostraron en su gran mayoría formas poliédricas, con tamaños de 7 a 25 μ m. Además, presentó un índice de absorción de agua 16.03 g gel/ g muestra, una baja solubilidad de 15.36 % y un poder de hinchamiento alto de 16.23 g agua. g⁻¹ almidón. La temperatura de gelatinización del almidón es de 65.3 °C, se observó una sinéresis a las 24 h 6.35 % y a las 48 h 6.9 %. Las suspensiones al 5% de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla pre gelatinizado exhibieron un comportamiento de fluido no Newtoniano de tipo plástico general con esfuerzo cortante $\tau(0)$ 5.08 Pa., índice de comportamiento de flujo de 0.61 e índice de consistencia m de 3.95 Pa.s

PALABRAS CLAVES: Propiedades fisicoquímicas y reológicas del almidón de la Arracacha

ABSTRACT

In the research was characterized the physicochemical and rheological properties of the starch of the Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) yellow variety coming from the province of San Ignacio-Departament of Cajamarca. The extraction of starch physicochemical and rheological properties was conducted and its performance is determined. The results indicate that the extracted starch presented a performance of 11.1%, with a moisture content of 4.71%, 0.27% ash, amylose 15.16% and amylopectin 84.84%. The starch granules showed mostly polyhedral shapes, with sizes from 7 to 25 μm . In addition, one presented index of water absorption of 16.03, low solubility 15.36 % and a high to be able of swelling of 16.23. The temperature of gelatinization of the starch is 65.3 ° c, was observed a syneresis to the 24 h 6.35% and 48 h 6.9%. The suspensions to 5 % of starch of the arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) yellow variety pre gelatinized exhibited a behavior of Non-Newtonian fluid of plastic general type with shear force T (0) 5.08 Pa., flow behavior index(n) of 0.61 and consistency index (m) of 3.91 Pa.s

KEYWORDS: Physicochemical and rheological properties of the Arracacha starch

I. INTRODUCCIÓN

El almidón ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde la prehistoria, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales (Badui, 2006), asimismo es muy útil ya que presenta características y propiedades funcionales muy diversas, lo que le permite que sea utilizado ampliamente en las industria alimentaria como: espesantes, enlatados, dulces, gomas, entre otros; además también en la industria no alimentaria como: papelería, textiles, cosmetológica, farmacéutica (Ostertag,1997; citado por Corpoica, 2003)

Los cereales, frutos, tubérculos y raíces representan fuentes alternativas para la obtención de almidones. Sin embargo, en el Perú es escaso el aprovechamiento de estos recursos en la industria de alimentos. En la presente investigación se propone caracterizar las propiedades fisicoquímicas y reológicas del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, procedente de la Provincia de San Ignacio-Departamento de Cajamarca.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Perú cuenta con una diversidad de cultivos en la Costa, Sierra y Selva; que cumplen con las características de los alimentos funcionales. Sin embargo sus propiedades no han sido investigadas y/o difundidas aún. La arracacha es uno de estos productos, que se caracteriza por tener un almidón con un alto contenido de calcio, con gránulos muy finos, vitamina A y adecuados niveles de niacina, ácido ascórbico (ICBF, 1988; citado por Corpoinca, 2003; en su investigación publicado en Agronet). Existen 3 variedades de arracacha que se comercializa: blanco, amarillo o ligeramente morado (Bravo, 2009)

Su producción a nivel nacional en el año 2013 fue 23, 864 Toneladas, teniendo en el Departamento de Cajamarca una producción 14, 752 toneladas y en la provincia de San Ignacio 844 TN. (Dirección Regional Agraria Cajamarca – Dirección de Estadística e Informática, 2012).

En el Perú, existen muy pocas investigaciones acerca de este cultivo, es una especie que no se le ha dado importancia tanto en el ámbito nacional, como departamental; a pesar que posee buenas cualidades nutricionales y un gran potencial dentro del campo de la agroindustria (Hermann, 1997; Jiménez, 2005; Rodríguez *et al.* 2004; citado por Alvarado y Ochoa, 2010; investigación publicada en “Scielo Colombia”).

En el Sector Industrial se encuentra en búsqueda de almidones que presenten ciertas características tolerantes a distintos tratamientos industriales que ocasionan el deterioro de la estructura del gel de almidón (Adarve y Mejin, 2012; en su trabajo de investigación publicado en “Redalyc Colombia”). Existen diferentes fuentes comerciales de almidón, entre las que se destacan el maíz, trigo, arroz, la patata y sorgo, siendo el de maíz el más barato y abundante. Además, existen fuentes alternativas de almidón menos comunes y estudiadas, como lo es la arracacha.

La presente investigación propone caracterizar desde el punto de vista físico químico y reológico el almidón extraído de la arracacha (*Arracaccia xanthorriza*) variedad amarilla procedente de la provincia de San Ignacio Departamento de Cajamarca como una manera de potenciar el uso industrial de esta raíz en la provincia objeto de estudio.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Bohórquez *et.al* (2014), realizaron un estudio sobre la extracción y caracterización del almidón de la arracacha variedad blanca; para su uso en dos materiales de distintos orígenes; se determinó su rendimiento, color, humedad, cenizas, acidez, PH; los resultados indicaron que el almidón extraído de la arracacha para el material proveniente del municipio de Paipa (AMP) tuvo un rendimiento de 24,49% y para el material proveniente de Boyacá (AMB), fue de 25,89 %, características que logran que sea de un gran interés desde el punto de vista comercial.

Romero *et.al* (2014), determinaron el efecto del método de extracción en tres tipos de almidones como: Mafafa (*Xanthosoma*), la arracacha variedades Blanca y Morada (*Arracacia xanthorriza*) a través del método tradicional, ácido y alcalino. Se realizó un Análisis de Varianza Simple, para determinar la variabilidad de la composición proximal. Se pudo comprobar que las cenizas tuvo una mayor variación de los tres tratamientos, lo que se deduce que las propiedades del almidón van a variar dependiendo del método de extracción que se use; siendo el método ácido, el que se obtuvo mejores resultados.

Liendo *et.al* (2011), realizaron un estudio sobre el uso de almidón de apio (*Arracacia xanthorriza B.*) en colados de durazno (*Prunuspersica L.*), para lo cual se realizó su extracción y se caracterizó sus propiedades físicas, reológicas y su composición química, con la finalidad de utilizarlo como un espesante en colados de durazno (*Prunuspersica L.*). Se elaboraron los colados de durazno utilizando como espesante

el almidón de apio, éstos fueron evaluados en su composición química, propiedades físicas, reológicas y características sensoriales. Los resultados obtenidos indican que el almidón extraído tuvo un bajo rendimiento (6,12%), pero alto grado de pureza (94,9% de almidón), con un contenido de amilosa de 22,9%. Además, presentó una capacidad alta de absorción de agua, poder de hinchamiento y solubilidad, baja temperatura de gelatinización y alta viscosidad en calentamiento. En la formulación de los colados se incorporó 0,75% de almidón como agente espesante, resultando en un producto con una humedad de 72,4%; 0,13% de cenizas; 0,45% de proteínas; 0,20% de grasa; 0,98% de fibra y 24,6% de azúcares, siendo ampliamente aceptado por niños con edades comprendidas entre 5 y 6 años. En conclusión, el uso de 0,75% de almidón de arracacha puede ser utilizado en la elaboración de este tipo de productos.

Adarve *et.al.* (2012); en su trabajo de investigación publicado en “Redalyc Colombia”, estudiaron la obtención y caracterización fisicoquímica de almidón fermentado de arracacha, se determinó niveles de proteína, azúcares disponibles, humedad y amilosa, dando como resultado un almidón con características químicas importantes en la nutrición y presentando bajos niveles de amilosa. Presentaron un rendimiento de 12,48 %, lo cual ocasiona un 87,51% en mermas.

Acosta y Blanco (2013), hicieron una investigación sobre la Obtención y Caracterización de almidones nativos Colombianos como posibles alternativas en la industria alimentaria, se determinaron las propiedades fisicoquímicas, reológicas, bromatológicas y funcionales. Se utilizó como un patrón de referencia el almidón de maíz. Los resultados fueron: el almidón de achira tiene un mayor contenido de amilosa de 50,81% en comparación a los otros almidones. El almidón presente en la arracacha tuvo una T° de gelatinización de 57,5 $^{\circ}\text{C}$, inferior a todos los almidones. El almidón de yuca no presentó sinéresis en la preparación con agua, a diferencia del almidón de referencia que tiene un porcentaje alto en la preparación con agua. El almidón de achira presento una viscosidad de 747,50 y de la yuca 539 cps, mayores

al de maíz de 403,00 cps en la salsa inglesa, la cual tuvo una menor viscosidad con respecto a las anteriores, fue el almidón de plátano con 61,00 cps.

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. PRODUCCIÓN DE LA ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza*) EN EL PERÚ.

En el Perú, los principales departamentos productores de arracacha se localizan en Amazonas, Cuzco, Cajamarca, Huánuco, Huánuco, La Libertad, Piura, Puno y San Martín (Vizcarra, 2013). De acuerdo al Ministerio de agricultura y riego- Oficinas de estudio económico y estadístico., la producción en T.M. en el periodo 2007- 2014:

TABLA 1: PRODUCCIÓN DE LA ARRACACHA EN T.M. EN EL PERIODO 2007-2014:

Producto	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Arracacha.	15 923	18 733	18 626	18 671	22 870	22 083	23 433	23864

Fuente: (Dirección de estadística Agraria, 2015)

1.3.2. DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

Cajamarca abarca zonas de sierra y selva. Limita con Ecuador por el norte, por el sur con La Libertad. Tiene 13 provincias y 126 distritos. Tiene una superficie de 35,417 kilómetros cuadrados (CajamarcaPeru, 2013).

Según cifras del INEI, tiene una población de 1 653 391 hab. proyectada al 2015, situándolo en el departamento más poblado en la Sierra.

1.3.2.1. Producción a Nivel regional de la Arracacha.

TABLA 2: REGION CAJAMARCA: INFORMACION AGRICOLA REGIONAL 2012.

Cultivo	2011			2012		
	Cosechas Has	Producción TM	Precio en Chacra S/. x Kg.	Cosechas Has	Producción TM	Precio en Chacra S/. x Kg.
ARRACACHA	2715	15258	0.61	2539	14752	0.65

FUENTE: Dirección Regional Agraria Cajamarca – Dirección de Estadística e Informática.

1.3.3. PROVINCIA DE SAN IGNACIO.

San Ignacio se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, con una población, 147,465 habitantes (INEI, 2014).

1.3.3.1. Producción a Nivel Provincial de la Arracacha.

TABLA 3: REGION CAJAMARCA: INFORMACION AGRICOLA PROVINCIAL 2012.

PROVINCIA	2011			2012		
	Cosechas Has	Producción TM	Precio en Chacra S/. x Kg.	Cosechas Has	Producción TM	Precio en Chacra S/. x Kg.
CELENDIN						
CHOTA	868	5072	0.63	810	4912	0.67
CUTERVO	525	3130	0.61	466	2916	0.67
JAEN	231	1003	0.55	234	1053	0.54
SAN IGNACIO	219	937	0.53	202	884	0.55
SANTA CRUZ	819	4770	0.60	764	4597	0.67

FUENTE: Dirección Regional Agraria Cajamarca – Dirección de Estadística e Informática.

1.3.4. ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza*).

Esta planta es conocida con el nombre de Raqacha y Laqachu. Es de clima subtropical y no soporta las fuertes bajas temperatura. En el Perú se cultiva en la zona Yunga y en algunos valles de la Región Quechua hasta los 2.800 metros de altitud (Bravo, 2009).

1.3.4.1. Descripción Botánica.

Su característica botánica la define como una planta que posee unas cepa de 8 a 10 raíces de forma cónica de color blanco y purpureo, la que son muy apreciadas por su sabor dulce agradable y reconocido valor alimenticio. La altura promedio que alcanza esta planta es de 1.30 m.

Se reconoce la existencia de 3 tipos de arracacha por su coloración externa que puede ser indistintamente, blanco, amarillo o ligeramente morado (Bravo, 2009).

1.3.4.2. Clasificación taxonómica.

TABLA 4: TAXONOMIA

Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Clase	Magnoliatae (Dicotiledónea).
Familia	Umbelliferae (Apiaceae).
Genero	Arracacia.
Especie	Arracacia Xanthorrhiza Bancroft

Fuente: (Muñoz, 1969).

1.3.4.3. Composición Química de la arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*).

TABLA 5: COMPOSICIÓN DE LAS RAICES Y LAS CEPAS DE LA ARRACACHA
 (Contenido en 100 gramos de parte comestible).

Compuesto	Unidad	Raíz de arracacha amarilla	Raíz de arracacha blanca	Raíz de arracacha morada	Cepa de arracacha amarilla	Cepa de arracacha morada
Agua	Gramos	72.8	74.5	71.9	72.6	72
Materia sea	Gramos	27.2	25.5	28.1	27.4	28
Carbohidratos	Gramos	24	22.3	24.9	24.1	24.8
Proteínas	Gramos	0.9	1	1.1	0.9	1
Grasa	Gramos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Fibra	Gramos	1	0.7	0.8	1.1	0.9
Cenizas	Gramos	1.2	1.4	1.2	1.2	1.2
Minerales						
Calcio	Miligramos	26	23	24	28	25
Fósforo	Miligramos	60	40	65	70	70
Hierro	Miligramos	0.7	1.1	0.7	1.1	0.4
Vitaminas						
Vitamina A	U.I	190	10	20	69	3
Tiamina	Miligramos	0.06	0.05	0.04	0.07	0.06
Riboflavina	Miligramos	0.04	0.06	0.03	0.09	0.05
Niacina	Miligramos	2.8	2.5	1.1	4.8	4.1
Ácido ascórbico	Miligramos	20	15	20	20	20

Fuente: (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 1992; citado por Corpoica, 2000; trabajo de investigación publicado en "Agronet").

TABLA 6: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS RAÍCES DE ARRACACHA AMARILLA, BLANCA Y MORADA DURANTE EL FLUJO DE PROCESAMIENTO DE LA HARINA.

Muestra	Materia seca g/100 materia prima		% Materia seca				
			Almidón	Fibra	Grasa	Proteína	Cenizas
Arracacha amarilla:							
Raíces frescas	28.6	86.0		1.8	0.9	2.5	3.7
residuos del lavado	15.0	47.0		7.4	1.6	2.4	24
Trozos Secos.	94.2	84.0		2	0.8	3.3	3.7
Harina	96.0	72.0		2.3	1.7	3.3	3.2
Ripio.	94.5	65.0		2.5	-	3.3	5.5
Arracacha blanca:							
Raíces frescas	20.2	85.0		1.6	1.4	2.4	4.9
residuos del lavado	16.1	39.0		6.8	1.6	2.1	32.7
Trozos Secos.	92.7	80.0		1.5	1.7	2.9	4.6
Harina	96.0	64.0		1.9	1.0	3.1	4.7
Ripio.	93.7	63.0		2.5	-	3.3	5.2
Arracacha morada:							
Raíces frescas	20.8	85.0		1.5	1.3	1.3	4.7
residuos del lavado	15.5	40.0		8.7	1.5	2.9	25.8
Trozos Secos.	94.2	84.0		2.1	1.6	1.9	4.6
Harina	96.2	67.0		2.1	2.0	1.8	4.2
Ripio.	94.8	63.0		3.3	-	2.1	5.5

Fuente: (Hurtado, Dufour y Rodríguez, 1997; citado por Corpoica, 2000; trabajo de investigación publicado en “Agronet”).

1.3.5. ALMIDÓN

El almidón es un homopolisacárido formado por dos polímeros, la amilosa y amilopectina, es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales. Lo encontramos en el maíz, cebada, trigo, entre otros (Gil, 2010).

A temperatura de 60-75°C, los gránulos de almidón al hidratarse, se hinchan y se rompen (Gil, 2010).

Los almidones de diferentes plantas pueden no ser idénticos en su composición química, e incluso los de una misma planta no suelen ser idénticos en su composición, durante la formación del gránulo (Tesis de maestría publicada en biblioteca virtual "DSpace Repositorio" resumen perteneciente a Tester et.al.,2001; citado por Medina, 2013).

Los gránulos de almidón pueden ser de forma redonda, ovalada, poligonal, lenticular e irregular de acuerdo a su tamaño.

1.3.5.1. Amilosa.

La amilosa es esencialmente un polímero lineal en el que las unidades de glucosa están unidas en 1,4, por enlaces α glucosídicos:

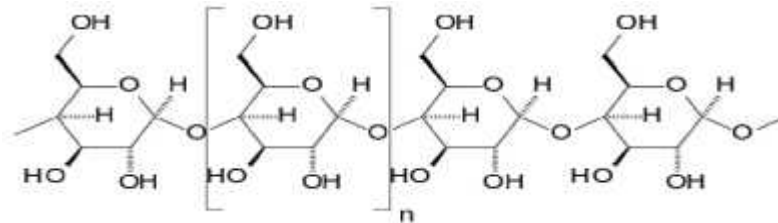


FIGURA 1. Polímero de glucosa con enlaces glucosídicos α 1,4.

La mayor parte de los almidones contienen alrededor del 20% de amilosa y el resto es amilopectina (T. Geissman, 1973).

Altos niveles de contenido de amilosa, facilitan una mayor solubilidad, viscosidad, tendencia a la retrogradación de los geles y mejor claridad del engrudo (FAO,2007).

La mayoría de almidones de los cereales más comunes contienen un 20-30% de amilosa (FAO, 1999)

1.3.5.2. Amilopectina

Es un polímero ramificado formado por cadenas lineales constituidas por moléculas de glucosa unidas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 4).

Y estas cadenas están unidas entre ellas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) que forman los puntos de ramificación (FAO,2007)

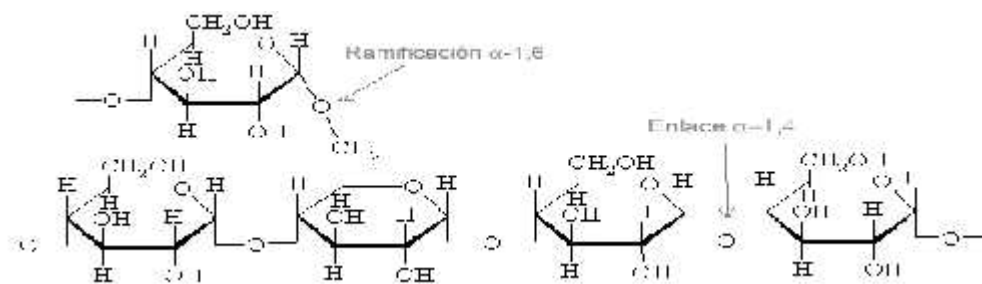


FIGURA 2 Segmento de amilopectina.

La proporción que existe en el almidón de amilosa: amilopectina y su estructura de las moléculas van a determinar sus características reológicas y funcionales (Jane y Chen, 1992).

La amilosa hace predominar la formación gelificada y la amilopectina espesa el alimento hacia una mayor viscosidad (Gil, 2010).

1.3.5.3. Uso del almidón de la industria alimentaria.

El almidón es utilizado de distintas formas en la industria alimentaria, como un ingrediente en la preparación de distintos alimentos, además también es usado en la industria no alimentaria como materia prima, para la elaboración de una amplia gama de productos.

El consumo de almidón es destinado un porcentaje 75 para el sector industrial y un 25 al sector de alimentario.

En el sector industrial, el mayor porcentaje lo utilizan en la industria de fabricación de papel y cartón, seguido de textiles, adhesivos y otras industrias (IFAD y FAO, 2004).

En el Sector alimentario, el almidón tanto nativo como modificado, es importante en la textura de varios preparados al aportar palatabilidad y una mejor aceptabilidad (FAO, 2007).

- En los caramelos de frutas, gomas de mascar, como un medio de moldeo.
- Imparte textura, dador de cuerpo y proporciona estabilidad.
- Es utilizado junto con el azúcar, como un agente para espolvorear, en gomas, caramelos.
- Los almidones absorben humedad, y lo usan como protector contra la humedad, de diversos productos en polvo.
- En las sopas, salsas, gelatinas, como un espesante.
- Imparte textura, apariencia y sabor.
- También sirve como aglutinante, para la preparación de salchichas y embutidos cocidos.
- Junto con las harinas, sirve para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en panaderías. En la fabricación de galletas para aumentar su propiedad de extenderse y crujir (FAO ,2007).

Hay que tener en cuenta que el almidón se trasforman en glucosa y tienen el mismo poder energético que el azúcar (Gil, 2010).

1.3.5.4. Características del almidón.

1.3.5.4.1. Viscosidad

Es una medida de la resistencia al flujo de un líquido cuando se somete a una fuerza de cizalla. Cuanto más espeso es el líquido, mayor es la viscosidad o resistencia al flujo. (Vaclavik, 1998).

Cualidad estética más importante tanto de pastas como de geles de almidón. Se encuentra ligada a la capacidad de absorción de agua que tienen los gránulos y al exudado de las fracciones de amilosa con el incremento de temperatura. La viscosidad aumenta hasta un máximo cuando existe calentamiento constante, luego disminuye ligeramente y vuelve a aumentar con el enfriamiento. Dichos cambios pueden ser registrados mediante el uso de diferentes instrumentos, como el viscoamilógrafo o viscosímetros (Ríos, 2014).

1.3.5.4.2. Gelificación

Durante este proceso se lleva a cabo un hinchamiento irreversible del gránulo, además de que se altera de manera determinante su estructura, perdiéndose la birrefringencia y cristalinidad. A la temperatura a la cual ocurre este proceso se le llama temperatura de gelatinización. (Ríos, 2014).

La temperatura de gelatinización va a depender del tipo de almidón, oscila entre 60-71°C (Vaclavik, 1998)

1.3.5.4.3. Claridad de la pasta.

La importancia de esta cualidad radica ya sea en la claridad, transparencia u opacidad de los geles y pastas formados. Se mide por la capacidad para transmitir la luz (porcentaje de transmitancia %T) cuando son sometidos al paso de un haz radiante y se relaciona con el estado de dispersión de los solutos y la tendencia a retrogradar el almidón. Para algunos productos resulta de vital importancia dicha característica, por ejemplo, la opacidad resulta deseable cuando se requiere destacar el color brillante de algunos productos; mientras tanto la transparencia es deseable para jaleas (Ríos, 2014).

1.3.5.4.4. Sinéresis.

Es la pérdida de agua, cuando se somete a sucesivos ciclos de congelación y descongelación, la estructura del sistema cambia. El agua retenida por la amilopectina es expelida de las asociaciones inter e intramoleculares (Espin, 2004)

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué características fisicoquímica y reológicas presenta el almidón extraído de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la provincia de San Ignacio- Departamento de Cajamarca?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Desde tiempo prehistórico, el almidón es el segundo polisacárido más abundante, de bajo costo y natural, que constituye una parte importante en la dieta del hombre. Siendo el primero, desde el punto de vista comercial, ya que es, ampliamente utilizado en la industria alimentaria. Cada día, se encuentran en la búsqueda de productos alimenticios innovadores, para la cual, los almidones en los últimos años están jugando un papel clave por su amplia gama de usos (Acosta y Blanco, 2013).

Siendo la principal razón de investigación, orientada a la obtención y caracterización de almidón nativo de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la Provincia de San Ignacio- Departamento de Cajamarca, como alternativa para sus diferentes usos en la industria alimentaria (espesante, aglutinante, emulsificante, estabilizador, gelificante, etc.) y como una nueva oportunidad para su comercialización utilizando nuestros recursos naturales. Evitando así que los agricultores dejen de cultivar esta especie que representa un potencial alimentario. Además, en la actualidad se comercializa almidón de maíz, papa, yuca, arroz, etc. Y este cultivo nativo la arracacha sería una nueva opción para las personas que son intolerante al gluten (celiacos).

1.6. HIPOTESIS.

Implícita.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la caracterización fisicoquímica y reológicas de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la Provincia de San Ignacio-Departamento de Cajamarca.

1.7.2. OBJETIVO ESPECIFICOS.

1.7.2.1. Realizar la extracción de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

1.7.2.2. Determinar las características fisicoquímica del almidón de arracacha: % cenizas, % de humedad, tamaño del granulo, contenido de amilosa y amilopectina.

1.7.2.3. Determinar las características reológicas del almidón de arracacha: Viscosidad, índice de consistencia, temperatura de gelatinización, poder de hinchamiento, absorción de agua, índice de solubilidad, % de sinéresis.

II. MÉTODO

2.1. Metodología.

2.1.1. Descripción del proceso de extracción del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

La extracción del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla se realizó a nivel de laboratorio. El método operacional fue de acuerdo al flujograma mostrado. A continuación se describe cada una de las operaciones.

- **Recepción:** se acopió la materia prima proveniente de la provincia de San Ignacio, ubicada en el departamento de Cajamarca.
- **Selección:** Se separó la fruta en buen estado, sin ningún daño físico la que sirvió posteriormente para el análisis.
- **Lavado I:** se eliminó la tierra y las impurezas adheridas a la cascara de las raíces de la arracacha. Esto se llevó a cabo de manera manual con agua potable.
- **Pelado y cortado:** se peló y se rebanó con un cuchillo de acero inoxidable.
- **Rallado:** se realizó el rallado de la pulpa. Con la finalidad de obtener partículas muy pequeñas.
- **Remojar:** se dejó remojar en agua destilada (relación 1:10, p/v) a 25 °C por 16 h.

- **Sedimentación:** se dejó sedimentar por 24 h hasta formar dos fases: la de color gris (proteína, lípidos que no alcanzaron a separarse) y la inferior de color blanco (almidón).
- **Lavado II:** Se lavó con agua destilada a T° ambiente a fin de retirar el mayor número de impurezas (fibra celulósica); el almidón fue suspendido y se pasó por un tamiz de seda más fino
- **Pesado inicial:** Se pesó previamente el almidón suspendido antes de secar, para determinar el rendimiento con una balanza marca y con una sensibilidad de
- **Secado:** se dejó secar en una estufa con recirculación de aire 40°C por 24 h.
- **Triturado:** El almidón se trituró en un mortero de porcelana con la finalidad de obtener un polvo fino.
- **Tamizado II:** Se pasó el almidón triturado a través de un tamiz de seda con la finalidad de uniformizar el tamaño de la partícula.
- **Envasado:** El almidón se colocó en un frasco de vidrio.

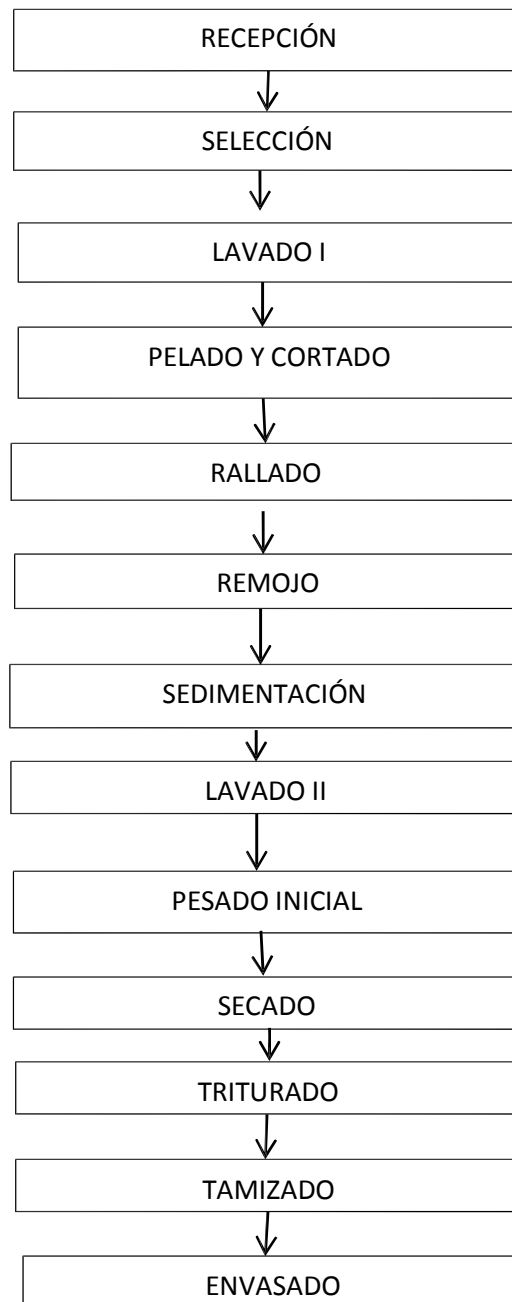


FIGURA 3. Flujo de extracción del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

2.1.2. Análisis Fisicoquímico

2.1.2.1. Cenizas

Técnica Usada (AOAC, 2000), mostrado en el Anexo 1.

2.1.2.2. Humedad

Técnica Usada (AOAC, 1995), mostrado en el Anexo 2.

2.1.2.3. Amilosa y Amilopectina

Técnica Usada (ISO, 1987), mostrado en el Anexo 3.

2.1.2.4. Tamaño de Granulo

El tamaño y la forma de los gránulos se determinó por el método de MacMaster, (1964) mediante observación microscópica directa, mostrado en el Anexo 4.

2.1.3. Análisis Reológico

2.1.3.1. Temperatura de Gelatinización

Técnica Usada (Grace, 1977), mostrado en el Anexo 5.

2.1.3.2. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad de agua y poder de Hinchamiento.

Técnica Usada (Anderson *et al.*, 1969), mostrado en el Anexo 6.

2.1.3.3. Sinéresis

Técnica Propuesta (Rached, 2006), mostrado en el Anexo 7.

2.1.3.4. Viscosidad

Viscosímetro Rotacional, mostrado en el Anexo 8.

2.2. Diseño de investigación

No experimental- Descriptivo.

Se determinó las características fisicoquímicas y reológicas del almidón extraído de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la provincia de San Ignacio-Departamento de Cajamarca.

2.3. Población y Muestra

Una muestra de 10 kg de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla con un peso promedio de 150 gr cada una, se recolectó en la Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca en el mes de setiembre del 2015. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia.

2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.

La técnica de recolección de datos estuvo en primer lugar la observación, mediante la cual se acudió a la provincia de San Ignacio para adquirir las muestras, los cuales fueron revisados en cuanto su estado de madurez y su idoneidad para extraer el almidón y posteriormente las evaluaciones fisicoquímicas y reológicas.

La información fue registrada en formato de datos, los cuales se presentan en los Anexos 9, 10, 11, 12, 13,14.

2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS.

Se determinó la desviación estándar de las repeticiones de las características fisicoquímicas (% humedad, % cenizas, % Amilosa y %Amilopectina) y las características reológicas (% sinéresis, viscosidad, temperatura de gelatinización, hinchamiento) de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad Amarilla, con el fin de evaluar el grado de variabilidad de los resultados experimentales.

2.5.1. Desviación Estándar (DS)

La DS, es una medida de variabilidad, que cada uno de los puntajes individuales, va a variar con respecto a la media de conjunto de puntajes. (Salkind, 1999)

Por lo tanto se aplicó para contrastar la variabilidad de los resultados obtenidos.

La desviación estándar se estimó mediante la ecuación 1.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Ec. 1

Dónde:

S=desviación estándar.

Σ = signo de sumatoria.

X= puntaje bruto.

\bar{X} =media de la distribución.

n =tamaño de la muestra.

(Salkind, 1999).

2.5.2. Coeficiente de Variación (Cv)

Es el grado de desviación con relación a la media. Este coeficiente refleja la variación relativa. El coeficiente se usa cuando existe una diferencia grande entre las medidas de las diferentes muestras.

El coeficiente de variación se estimara mediante la ecuación 2.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Ec. 2

Dónde:

Cv= coeficiente de variación

σ = desviación estándar de la población

X = media aritmética de la población

(Salkind, 1999)

3. RESULTADOS

3.1. Rendimiento

Resultado del rendimiento del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla se muestra la Figura 4.

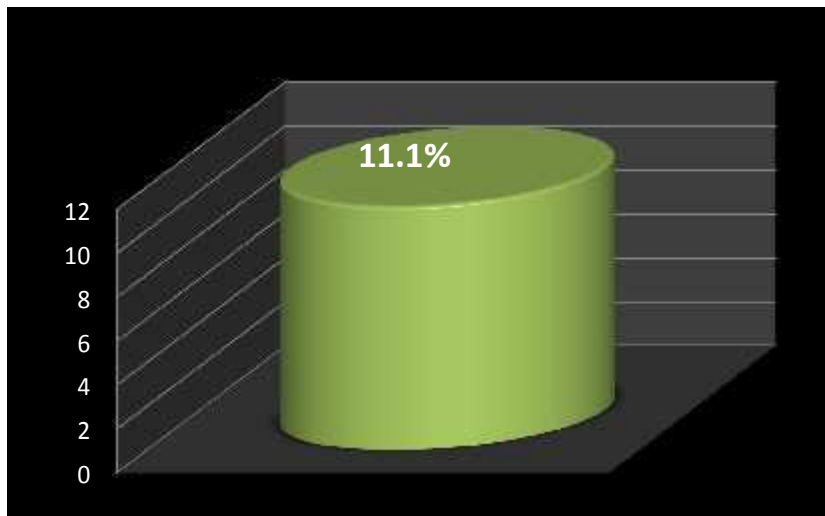


Figura 4. Porcentaje de rendimiento del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

3.2. Características fisicoquímica

Los resultados de la evaluación de las características fisicoquímicas del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Características Fisicoquímica del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla

Almidón	Humedad %	Cenizas %	Amilosa %	Amilopectina %
Promedio	4.71±0.54	0.27±0.02	15.16±0.02	84.84±0.02

3.3. Resultado de Tamaño de Granulo.

El tamaño de Granulo del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, tienen forma poliédrica y oscilan entre un rango de 7- 25 μm .

En la Figura 5, se muestran las microfotografías del gránulo de almidón la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

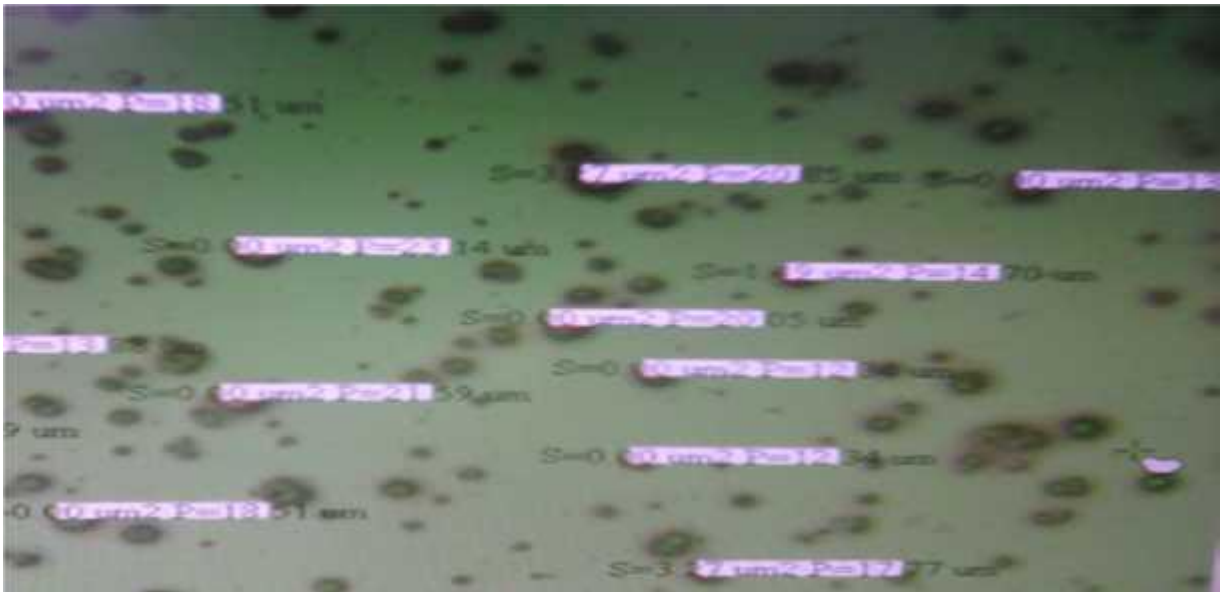


Figura 5. Microfotografía de gránulos de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

3.4. Resultado del Índice de Absorción, Índice de solubilidad y Poder de Hinchamiento

Los resultados de la evaluación de las características reológica del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Índice de absorción, solubilidad, poder de hinchamiento de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla

Almidón	Índice de absorción g gel/g muestra	Índice de solubilidad %	Poder de hinchamiento g agua. g ⁻¹ almidón
Promedio	16.03±0.35	15.36±0.87	16.23±0.20

3.5. Resultado de Sinéresis

La sinéresis o de agua separada del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla a las 24 h y 48 h de almacenado a temperatura de 4 °C, se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de determinación de sinéresis de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla

TIEMPO	SINERESIS
	PROMEDIO
24 h	6.35±0.02
48 h	6.9±0.01

3.6. Resultado de Temperatura de Gelatinización

La Temperatura de Gelatinización del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Temperatura de gelatinización del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla

ALMIDON	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN. °C
Promedio	65.3±1.53

3.7. Características Reológicas.

En la Figura 6, se muestra los valores obtenidos de la lectura de viscosidad del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

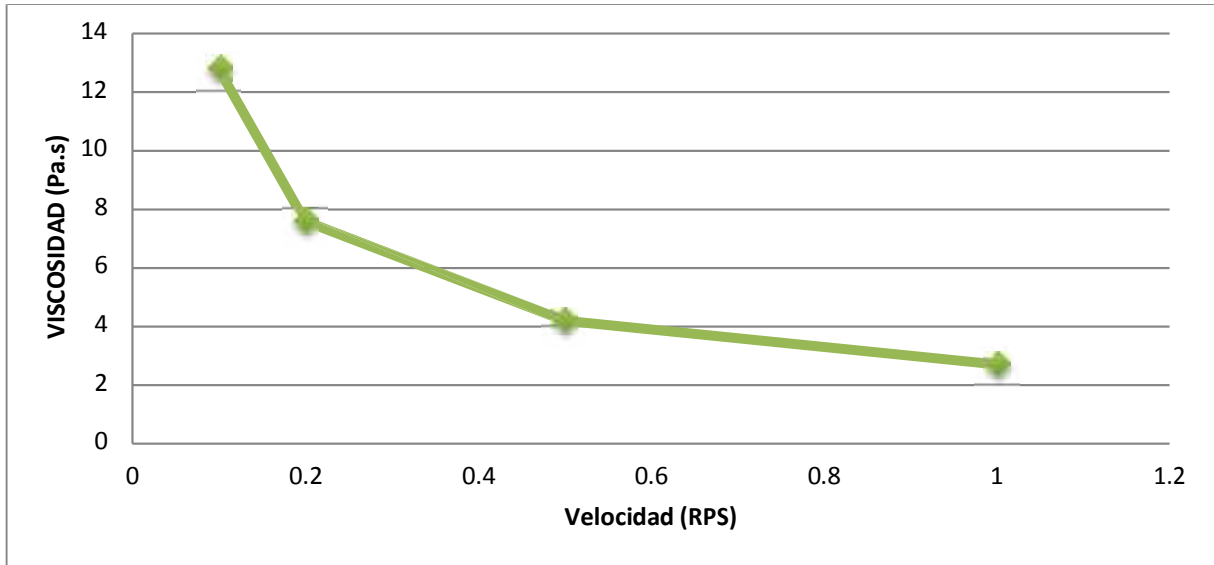


Figura 6. Viscosidad del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla. Determinación de τ_0

En la Figura 7. Se presenta la determinación de τ_0 (esfuerzo de corte inicial)

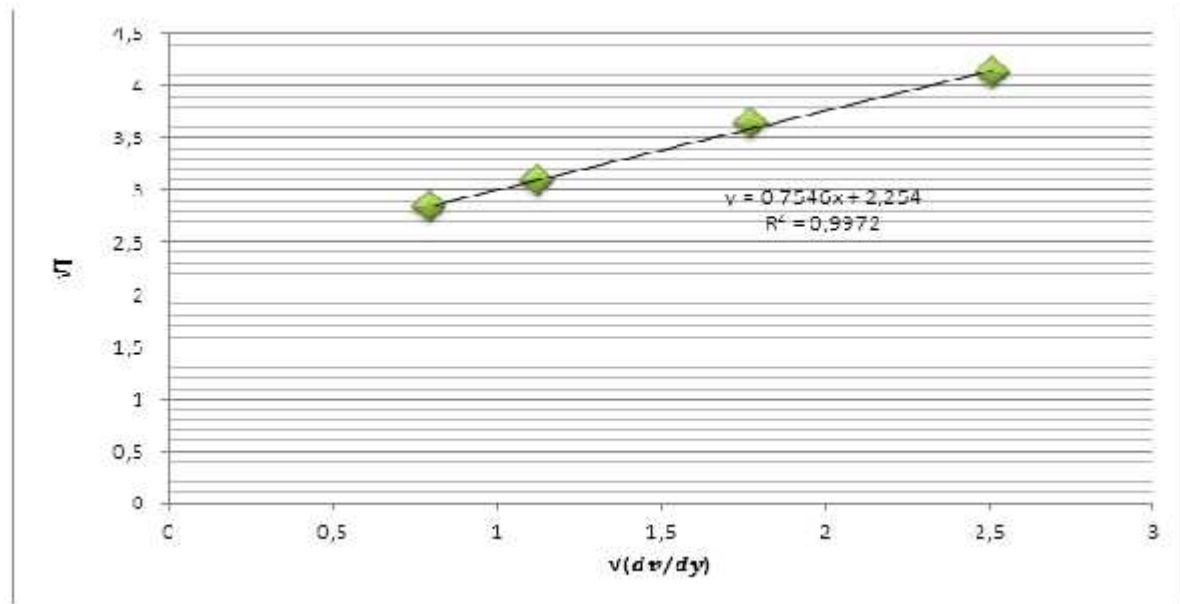


Figura 7. Determinación de τ_0 del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

Determinación de índices reológicos.

En la Figura 8. Se determina el valor n y m del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

Una vez encontrada la tensión de fluencia T_0 de 5.08 Pa, se procedió a determinar los índices reológicos n , m , obteniéndose el valor de 0.61 y 3.95 Pa.s respectivamente.

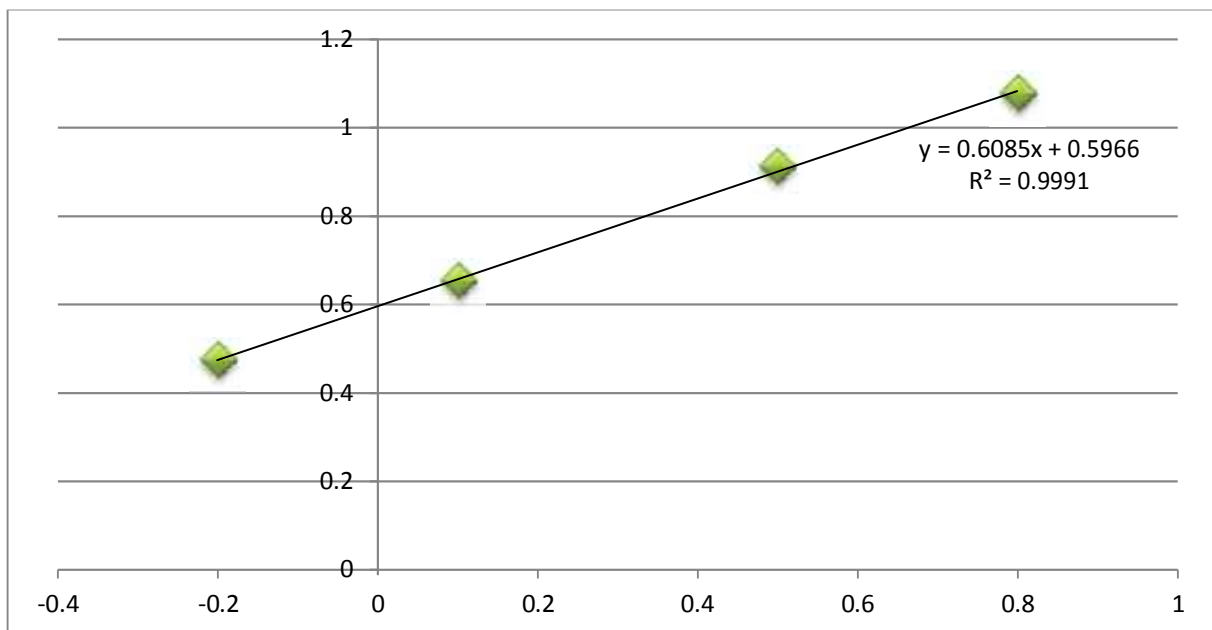


Figura 8. Determinación de n y m para el gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

4. DISCUSIONES

El almidón de la arracacha amarilla tuvo un rendimiento de un 11.1%, es menor a los datos reportados por Adarve *et.al.* (2012), quienes caracterizaron el almidón de la arracacha obtuvieron un rendimiento 12.48%, asimismo, Liendo *et.al* (2011), el almidón extraído tuvo un bajo rendimiento 6,12%, tales diferencias se debe a la variedad, época y factores ambientales, también por el tamaño de la raíz, de granulo de almidón según la variedad, y su contenido en cada especie (Espín *et.al* , 2004).

El contenido de humedad y cenizas, se reportó un promedio de 4.53 % y 0.27% respectivamente. Acosta y Blanco (2013), caracterizaron diferentes almidones nativos teniendo el de la arracacha un contenido de humedad de 12.01 % y cenizas 1.25%. Del mismo modo los valores obtenidos fueron menores a los de otras variedades de Arracacha (Blanca y morada), que tuvo una humedad de 9.19 y 10.16%, cenizas 1.02 y 0.88% respectivamente, concluyeron que el método de extracción va influenciar en las propiedades fisicoquímicas del almidón (Romero *et.al* .2014). Determinar el contenido de cenizas es un indicador de calidad, niveles altos de cenizas van indicar contaminación de la muestra, en un almidón no debe exceder un % mayor al 0.12. (FAO, 2007), siendo el resultado obtenido el que más se aproxima a lo reportado por la FAO.

El almidón de la arracacha tuvo un contenido de 15.16% de amilosa y 84.84% de amilopectina. Liendo *et.al* (2011), realizaron un estudio sobre el uso de almidón de apio (*Arracacia xanthorrhiza B.*) en colado de durazno, obteniendo un contenido de amilosa de 22,9% y el resto de amilopectina, además Hernández *et.al* (2008), caracterizaron diferentes almidones, teniendo como referencia el almidón de maíz, que tuvo un contenido de amilosa y amilopectina de 28.3 y 71.7 % respectivamente. Los

almidones para raíces y tubérculos contienen aproximadamente entre un 17-23% de amilosa, y el resto de amilopectina (Vaclavik,1998). El resultado obtenido fue menor a los reportados en la literatura. Los almidones con alta proporción en amilosa requieren temperaturas más altas para la gelatinización y son más propensos a la descomposición (FAO, 1999). Por otro lado, una mayor proporción de amilopectina, facilitan la disolución en agua, pero solo se encargan de espesar más no de gelificar (Espín, 2004).

El tamaño de granulo del almidón de la arracacha, tienen forma poliédrica y oscilan entre un rango de 7- 25 μm . Ledezma (2009), determino que los gránulos de la arracacha oscila entre 2-20 μm , tiene forma poliédrica y regular, así mismo, Rodríguez, *et al*, (2005), que los gránulos de arracacha están entre 5-35 μm son de forma estriada, globular y poliédrica, los datos obtenidos son comparables con los obtenidos en la literatura que se encuentran entre el rango de los gránulos pequeños, hasta medianos.

El tamaño de granulo va a reflejar el poder de hinchamiento, la solubilidad, los gránulos grandes tiene mayor cantidad de amilosa.

Las temperaturas de gelatinización se encuentran en un rango de 60 a 85 ° C dependiendo de varios factores, incluyendo la fuente de almidón, las cantidades relativas de amilosa y amilopectina, y la cantidad de humedad disponible para la hidratación (Tester *et al.* ,2004). El almidón de la arracacha tuvo una temperatura de gelatinización final de 65.3°C, dato que se encuentra dentro del rango. Acosta y Blanco (2013), obtuvo una T° de gelatinización de la arracacha de un 57.5°C, del maíz 83 °C, yuca 71.75 °C, siendo el almidón de la arracacha de un gran interés para la industria alimentaria en procesos que se utilicen sistemas viscosos (cremas, sopas, salsas, etc.), a bajas temperaturas.

El Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento del almidón de la arracacha variedad amarilla, tuvo un promedio de 16.03 g gel/ g muestra, 15.36 y 16.23 g agua. g⁻¹ almidón respectivamente. FAO (2007), el almidón de yuca reportó los siguientes resultados: un índice de absorción de agua de 15.52 g gel/g muestra, solubilidad en agua 12.32 % y poder hinchamiento 15.45 g agua. g⁻¹ almidón, además concluyo que los almidones de buena calidad, tendrán una baja solubilidad, una alta absorción de agua y alto poder de hinchamiento. El almidón del maíz presenta un poder de hinchamiento de 23.85 g agua. g⁻¹ almidón, arracacha 16.20 g agua. g⁻¹ almidón (Acosta y Blanco, 2013). El proceso de absorción de agua es propio de cada almidón y esto le confiere sus características de hinchamiento (unos comienzan a temperaturas más bajas, otros a una mayor). A mayor contenido de amilopectina, se incrementará el poder de hinchamiento de un almidón. (ZHOU *et al.*, 1998; citado por Hernandez *et al.*, 2008; investigación publicada en “Scielo Mexico”).

La Sinéresis del almidón de la arracacha tuvo un promedio de 6.90 % a las 48 h. Acosta y Blanco (2013), obtuvo un % de sinéresis del almidón de la arracacha 7.08 %, del maíz 91 % y la yuca no presentó sinéresis. Siendo este un fenómeno indeseable en la industria, ya que es un indicador de la calidad. El grado de retrogradación es afectado por la concentración de amilosa y amilopectina, tamaño de partícula, temperatura de gelificación, etc. Niveles altos de amilosa en un almidón, son propensos a la sinéresis (FAO, 2007). El almidón en estudio, presentó un % de sinéresis menor que al almidón de referencia el maíz.

El almidón de la arracacha amarilla, presentó un comportamiento de fluido no newtoniano, del tipo plástico general con un índice de consistencia (m) de 3.95 Pa.s y un índice de comportamiento de flujo (n) 0.61. Sandoval *et al* (2007), determinó el comportamiento reológico del almidón de yuca, el comportamiento de flujo n fue de 0.35 y un índice de consistencia m 3.66 Pa.s. Todos los almidones presentaron un índice de comportamiento de flujo (n) menor a 1, definiéndolos como fluidos no-Newtoniano, donde su viscosidad aparente no es constante y depende del gradiente de velocidad (Ramírez, 2006).

5. CONCLUSIONES

El rendimiento de extracción de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla fue de 11.1 %

Se determinaron sus características fisicoquímicas y se obtuvo los siguientes resultados: humedad 4.71 %, cenizas 0.27 %, amilosa 15.16 %, amilopectina 84.84 % y el granulo del almidón, presentó forma poliédrica, cuyo tamaño comprendió de 7-25 μm .

Se determinaron sus características reológicas y se obtuvo los siguientes resultados: un índice de absorción de 16.03 g gel/ g muestra, poder de hinchamiento 16.23 g agua. g^{-1} almidón, un índice de solubilidad de 15.36 %, una temperatura de gelatinización 65.3 °C, un % de sinéresis de 6.9 y presentó un comportamiento de fluido no newtoniano, del tipo plástico general con esfuerzo corte inicial τ_0 de 5.08, índice de comportamiento de flujo n de 0.61 e índice de consistencia m de 3.95.

6. SUGERENCIAS

Potenciar el uso industrial del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, como una nueva fuente amilácea para ser empleado en la industria de alimentos.

Se sugiere determinar las características fisicoquímicas y reológicas de las variedades: morada y blanca de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), para realizar un estudio completo y comparativo de esta raíz nativa procedente de la misma Provincia de estudio.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta Delgado, Annie y Blanco Santander, Catherine. Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria. Trabajo de grado (Ingeniero de Alimentos). Cartagena de Indias, Colombia: Universidad de Cartagena, 2013, 50 p. [en línea], [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015] Disponible en:

<http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/522/1/OBTENCION%20Y%20CARACTERIZACION%20DE%20ALMIDONES%20NATIVOS%20COLOMBIANOS%20PARA%20SU%20EVALUACION%20COMO%20POSIBLES%20ALTERNATIVAS%20EN%20LA%20INDUSTRIA%20%20ALIMENTARIA.pdf>

Aderve M. y Mejía L. Obtención y Caracterización físico-química de almidón fermentado de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Vitae [en línea], Enero-Abril 2012. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914077.pdf>

ISSN: 0121-4004

Alvarado Gaona Alvaro y Ochoa Lyda. Tecnologías locales de producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza bancrofti*) en el municipio de Boyacá, Departamento de Boyacá. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. [En línea].Junio 2010. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]

Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262010000100014

ISSN 0123-4226

Arias Carmona Dolores. Caracterización Fisicoquímica y sensorial de Nabiza y Grelo (*Brassica Rapa L.*), Facultad de Farmacia. p124.

Asociación Escuela de estudiantes de Ingeniería Química. Termodinámica Química, edición Recitela. 2001.49 p.

Badui Dergal, Salvador. Química de los alimentos. Cuarta Edición Pearson Educación, México 2006. Pg.92. [En línea], [Fecha de consulta: 26 de abril de 2015].

Disponible en:

<https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>

ISBN: 970-26-0670-5

Bohórquez Elkyn y Rodriguez Pablo. Extracción y Caracterización de Almidón de Arracacha Blanca (*Arracacia xanthorrhiza bancroft*). II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos – IICTA pg. 498-499. [En línea]. Mayo 2014. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2015].

Disponible en:

<http://www.medellin.unal.edu.co/iicta2014/doc/Memorias%20IICTA%202014.pdf>

ISSN-0304-2847

Bravo Quintana, Antonio. Alimentación y nutrición con cultivos andinos, Universidad Peruana de Integración Global, Editorial San Marcos, 2009. pg, 103.

Cajamarca Perú, [en línea], 2013. Datos Generales del Departamento de Cajamarca, [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

<http://www.cajamarcaperu.com/datos-generales/datos-generales.php>

Castillo G., Méndez G. Rodríguez L., Sánchez M. Bello A. Diferencias Estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales. *Agrociencia* [En línea] .Julio-Agosto 2012. [Fecha de consulta: 3 de diciembre de 2015]

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30223138003>

ISSN: 1405-3195

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [en línea], Colombia, 2003. Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harina y almidón a partir de raíces y tuberculos promisorios, con énfasis en los casos de achira (*Canna edulis*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y ñame (*Discorea sp.*). [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

<http://207.239.251.110:8080/jspui/bitstream/11348/3743/2/Agroindustria%20para%20la%20elaboracion%20de%20harina%20de%20achira.pdf>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [en línea], Colombia, 2000. Harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). [Fecha de consulta: Mayo 2015].

Disponible en:

http://agronet.gov.co/www/docs_si2/Harina%20de%20arracacha.pdf

Dirección de Estadística Agraria [en línea]. Perú, 2015. Compendio Estadístico Agrario. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/compendio2015.html

Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca [en línea]. Perú, 2012. Estadística Agraria. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

<http://www.agriculturacajamarca.gob.pe/>

Espín Susana, Villacrés Elena, Brito Beatriz. Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tuberoso Andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias- pg.101. [En línea]. 2004. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015].

Disponible en:

<http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Ra%C3%ADces%20y%20Tub%C3%A9rculos%20Alternativas%20para%20el%20uso%20sostenible%20en%20Ecuador.pdf>

ISBN: 92-9060-231-7

FAO, Los Carbohidratos en la nutrición humana, Roma 1999. p. 4

ISBN: 92-5-30411 4-5

FAO. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca-Productos alimenticios. [En línea]. Roma. 2007. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/a1028s/a1028s00.htm>

ISBN 978-92-5-305677-4.

Gil, A. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos Tomo II. Madrid: Editorial médica, Panamericana, 2010. Pg.101.

ISBN: 978-84-9835-347.

Gil, A. Tratado de Nutrición: Nutrición Humana en estado de Salud. Tomo III. Madrid: Editorial médica Panamericana, 2010.Pg. 404.

ISBN: 978-84-9835-348-8

GONZALES, G. Extracción y Caracterización del almidón de Arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza Bancroft*) y su resistencia a tratamientos tecnológicos. Trabajo de

titulación (Magíster Scientiae). Lima – Perú: Universidad de La Molina., 2002. 9 – 12 p.

Hernandez M. , Torruco J. Guerrero L., Betancur D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán- México. Cien. Tecnol. Aliment. [En línea], setiembre 2008. [Fecha de consulta: 2 de diciembre de 2015]

Disponible en:

<http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>

ISSN: 0101-2061.

IFAD y FAO. Global cassava market study. Business opportunities for the use of cassava. Proceedings of the validation forum on the global cassava development strategy. Volume 6. International Fund for Agricultural Development (IFAD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [En línea]. Roma. 2004. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/007/y5287e/y5287e0b.htm#bm11.1.1>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [en línea]. Perú, 2014. Día mundial de la población. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1157/libro.pdf

Jane J, J Chen. Effect of amylose molecular size and branch chain length on paste properties of starch. Cereal Chem. 1992, p. 60-65.

Ledezma Quiroga Carmen. Caracterización Fisicoquímica de tres fuentes subutilizadas de almidón de la Región Andina de Bolivia. [En línea], 2009. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015]

Disponible en:

<http://www.upb.edu/sites/default/files/8Quiroga.pdf>

ISSN: 1814-6333

Liendo Jilber, Perdomo Brunilda y Techeira Nora. Uso de almidón de apio (*Arracacha xanthorrhiza B.*) en colados de durazno (*Prunus persica L.*). Rev. Fac. Agron. [En línea] 2011: [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]

Disponible en:

<http://www.revistavirtualpro.com/descarga/uso-de-almidon-de-apio-arracacha-xanthorrhiza-b-en-colados-de-durazno-prunus-persica-l->

Medina García Luis. Obtención de la maltodextrinas por vía enzimática a partir del almidón de camote (*Ipomoea batatas*). Trabajo de grado (Maestro en ciencias en producción agrícola sustentable): Instituto Politécnico Nacional, 2013 [en línea], [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]

Disponible en:

<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12388/Medina%20Garc%C3%ADa%20Luis%20-%20B091334.pdf?sequence=1>

MUÑOZ, E.H. El cultivo de la arracacha en la sábana tropical, Colombia, v.24, N°.3, 1969. P.139-146

Oficina de Gestión de la información y estadística [En línea]. Perú, 2014. Carpeta Geo referencial Cajamarca. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

http://www4.congreso.gob.pe/dgp/Gestion_Informacion_Estadistica/georeferencial/2014/1trimestre/6.CAJAMARCA.pdf

Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura y Riego [En línea]. Perú, 2014. Compendios estadísticos. [Fecha de consulta: Mayo 2015]. Disponible en:

<http://www.unfpa.org.pe/InfoEstadistica/2014/Compendio/cap12/CAP12.PDF>

Rached L, de Vizcarrondo C, Rincón A. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedad blanca y morada. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 2006; 56 (4): 375-383.

Ramírez Navas, Juan Sebastián. Introducción a la Reología de los alimentos, edición Recitela. Colombia. 2006. 46 p.

Ríos Ríos, Karina. “Análisis comparativo de las propiedades Físico-Químicas y Nutrimientales de almidón obtenido a partir de dos especies de Malanga (*Colocasia Antiquorum* y *Colocasia Esculenta*) cultivadas en el estado de Oaxaca”. Tesis para obtener el título profesional (Ingeniero de Alimentos). Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca., 2014, 56 p.

Rodríguez Diana, Espitia Magali, Caicedo Yenith, Córdoba Yubely, Baena Yolima, Mora Claudia. Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). [En línea], 2005. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015]

Disponible en:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/14829/1/9186-15390-1-PB.pdf>

Rodríguez Palma, H., Agama Acevedo, E., González Soto, R., Bello Pérez, L. Efecto del tamaño del granulo en la modificación química del almidón. Vitae [en línea] 2010, (Mayo): [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015]

Disponible en:

www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-09-2010/.../OT28.pdf

Romero Hoyos María, Lucas Aguirre Juan, Velásquez Herrera David, Trujillo Rodríguez lisbet y Henao Ossa Sebastián, Efecto del método de extracción sobre las propiedades fisicoquímicas de almidones nativos, II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos – IICTA pg. 482-483. [En línea]. Mayo 2014. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2015].

Disponible en:

<http://www.medellin.unal.edu.co/iicta2014/doc/Memorias%20IICTA%202014.pdf>

ISSN-0304-2847

Salkind, Neil J. Método de investigación, 3ª. Ed. México. 1999

ISBN: 970-17-0234-4.

Sandoval A., Farhat I., Fernández A. Comportamiento reológico de harinas y almidones de yuca ((*Manihot esculenta*) durante un proceso de extrusión. Vitae [En línea], Junio 2007. [Fecha de consulta: 3 de diciembre de 2015].

Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042007000100002)

[40042007000100002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042007000100002)

ISSN: 0121-4004

Santos Fausto, Salas Sonia, Flores Desidéro, Guananga Augustin, Coronado Gilberto, Manejo de semilla y uso de Almacigo en el Cultivo de la Arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza*). [En línea] 2004. [Fecha de consulta: 2 de Octubre de 2015].

Disponible en:

<http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/manualalmacigos.pdf>

T.A. Geissman. Principios de Química Orgánica, 2da edición, editorial Reverté, S.A. España, 1973.p 568.

ISBN: 84-291-7180-0

Tester RF, Karkalas J, Qi X. Starch-composition, fine structure and architecture. Journal of Cereal Science. 2004; pg 151-65

Torres Rapelo A., Montero Castillo P., Duran M. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas, y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). Vol 10. [En línea], Julio- Diciembre 2013. [Fecha de consulta: 3 de diciembre de 2015].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/695/69529816007.pdf>

ISSN:1794-4449

Vaclavik, Vickie A. Fundamento de ciencia de los alimentos, Editorial ACRIBIA, S.A. 1998.p.49

ISBN: 84-200-0976-8.

Vizcarrá Proyectos. Boletín N° 149-13: Arracacha. [En línea] 2013. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]

Disponible en:

<http://vizcarraproyectos.com/web/boletin-no-149-13-la-arracacha/>

8. ANEXOS

Anexo 1

Determinación de ceniza

Técnica usada (AOAC, 2000)

Se Pesó aproximadamente 1,0 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado.

Se Colocó el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e se incineró a 550 °C durante tres horas y media.

Se Enfrió el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante.

Se pesó el crisol con las cenizas y se calculó la cantidad de cenizas. Expresando los resultados como porcentaje de cenizas totales.

Cálculos.

$$\%C = \frac{P \quad d \quad c \quad (g)}{p \quad d \quad m \quad (g)} \times 100$$

El contenido de cenizas puede proveer una estimación de la calidad del almidón: altos niveles de cenizas indican contaminación de la muestra.

Anexo 2

Determinación de Humedad.

Se colocó 5g aproximadamente en una placa Petri y se introdujo en la estufa a 105°C por 4 horas. Luego se calculó la humedad (AOAC, 1995).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{p_{dlm} - p_{m}}{p_{hu}} \cdot s_1 \cdot x100$$

Anexo 3

Determinación del contenido de amilosa y amilopectina

Técnica Usada (ISO, 1987)

Se utilizó el método del Iodo-Iodato

Se pesó una muestra del almidón extraído (100 mg) y se colocó en una fiola de 100 ml, luego se agregó 1 ml de etanol al 95% y 9 ml de NaOH 0.09N evitando que la muestra se pegue a las paredes de la fiola.

Se dejó reposar durante 24 horas (para gelificar la muestra). Al término del tiempo se aforó a 100 ml con agua destilada. Posteriormente en una fiola que contenga de la misma cantidad (100 ml) se adicionó 50 ml de agua destilada, luego 1 ml de ácido acético y 2 ml de yodo al 2%.

Se mezcló y aforó a 100 ml de esta solución. Se dejó en oscuridad a temperatura ambiente durante 20 minutos para finalmente leer la absorbancia a 620 nm (González, 2002).

El Blanco: En una fiola de 100 ml que contiene 50 ml de agua destilada se agregó 5 ml de NaOH a 0.09N y luego se siguió los mismos pasos con las muestras añadiendo 1 ml de ácido acético 1N, 2 ml de solución de yodo al 2% y aforar a 100 ml.

Curva Estándar: Se pesó 100 mg de amilosa y amilopectina en forma separada en fiolas de 100 ml. El etanol al 95% y 9 ml de NaOH 0.09N a cada fiola. Se dejó a temperatura ambiente durante 24 horas y se aforó luego a 100 ml.

Se Preparó la curva estándar de acuerdo a los siguientes valores del Cuadro 7

En un frasco volumétrico de 100 ml que contenga 50 ml de agua destilada se agregó una alícuota de 5ml de cada punto de la curva estándar, 1 ml de ácido acético 1 N y 2 ml de solución de yodo al 2 por ciento, mezcló bien y completó a volumen con agua destilada.

Se almacenó los frascos bajo oscuridad durante 20 minutos y leyó la densidad óptica a una longitud de onda de 620 nm. (ISO, 1987)

TABLA 11: Cantidades de preparación para la curva estándar.

Amilosa %	Composición de la mezcla (ml).		NaOH 0.09N (ml)
	Amilosa	Amilopectina	
0	0	18	2
10	2	16	2
20	4	14	2
25	5	13	2
30	6	12	2
40	8	10	2
50	10	8	2

El cálculo del contenido de amilosa se realiza directamente de la curva estándar y se expresa en porcentaje. El valor del contenido de amilosa en un almidón es el factor determinante para la calidad de los alimentos terminados. Valores altos en el contenido de amilosa favorecen una mayor solubilidad, mayor viscosidad, mejor claridad del engrudo y mayor tendencia a la retrogradación de los geles. El contenido de amilopectina se obtiene restando el contenido de amilosa del contenido de almidón.

Anexo 4

Tamaño del granulo.

Se colocó una gota de agua destilada en el centro de una placa de vidrio portaobjeto. Se introdujo la punta de una aguja hipodérmica dentro de la muestra de almidón de manera que parte del almidón se transfiera a la gota de agua.

Se cubrió la gota con un cubreobjetos y se procedió a observar los gránulos de almidón a 40X con lugol, procediéndose luego a tomar las microfotografías. El tamaño del gránulo se determinó utilizando un ocular micrométrico el cual tiene una escala graduada (González, 2002).

Anexo 5

Temperatura de Gelatinización.

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría; cuando se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización.

Técnica Usada (Grace, 1977)

Se pesó 10 g de almidón (base seca), disolviendo en agua destilada y se completó a 100 ml. Luego se calentó agua en un vaso de precipitación de 250 ml a 85 °C, tomando 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitación de 100 ml.

Se introdujo el vaso de precipitación con la muestra en el agua a 85 °C, agitando constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. Se procedió a leer la temperatura de gelatinización.

Anexo 6

Índice de absorción de agua, índice de solubilidad de agua y poder de Hinchamiento

Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. 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.

Técnica usada (Anderson et al., 1969)

Se pesó tubos de centrifuga secos a 60 °C. y se pesó en los tubos 1,25 g de almidón (bs), agregando exactamente 30 ml de agua destilada precalentada a 60 °C y agitando (sin excederse).

Se colocó en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; luego se agitó la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.

Se centrifugó a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos y se decantó el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después).

Se midió el volumen y se tomó 10 ml del sobrenadante, colocándolo en un vaso de precipitación de 50 ml (previamente pesado).

Finalmente se secó el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C y se pesó el tubo de centrífuga con el gel, así mismo se pesó el vaso de precipitados con los insolubles.

Cálculos:

$$I_a = \frac{P}{p} \frac{d}{m} \frac{g}{(b)}$$

$$I_1 \quad d \quad s_1 \quad e \quad a \quad (I_1) = \frac{P \quad d \quad a \quad l \quad s_1 \quad (g)x \quad 10}{p \quad m \quad (b \quad s_1 \quad)}$$

$$P \quad d \quad H \quad h \bar{a} \quad (P) = \frac{P \quad d \quad g \quad (g)}{p \quad m \quad (b \bar{a} \quad s_1 \quad) - p \quad d \quad s_1 \quad (g)}$$

Anexo 7

Determinación de la sinéresis.

La sinéresis es la tendencia que puede tener un gel a contraerse y exudar líquidos, debido a que el efecto de ligar agua no se obtiene completamente. Para determinar la sinéresis se tomó una suspensión de almidón gelificado a 90°C por 30 minutos (7,5% p/p), se sometió a enfriamiento rápido en un baño de hielo hasta temperatura ambiente (25°C). Las muestras se almacenaron por 48 horas a 4°C. La sinéresis se midió como la cantidad de agua (%) liberada después de centrifugar por 15 minutos (Rached, 2006).

$$\% \text{ Sinéresis} = \left(\frac{p \quad d \quad a}{p \quad d \quad m} \right) x \quad 100$$

Anexo 8

Índice de Consistencia

Se utilizará un viscosímetro rotacional modelo Visco - Star R, para ello utilizará el principio de rotación de un disco o un cilindro (denominados husillos) sumergidos en el fluido cuya viscosidad se quiere determinar, de este modo se podrá concluir si los sistemas son o no Newtonianos.

Se llenará un vaso de ensayo con capacidad de 250 ml con el producto a ensayar, teniendo cuidado de no producir burbujas de aire. Se introducirá en el baño María a la temperatura del ensayo y esperamos que se equilibren las temperaturas hasta aproximadamente 30 °C. Luego se sumergirá el husillo R – 4 y se fijará el vástago al eje, comprobando su verticalidad y temperatura.

Se pondrá el motor en marcha y se ajustará a la velocidad deseada que nos permitirá obtener amplios valores de lectura directa; estos valores estarán en cp.

Los valores de índice de consistencia e índice reológico se determinó según el modelo reológico de Herschel-Bulkley (Ramírez, 2006)

$$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$$

También el modelo de Casson

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + k\sqrt{\dot{\gamma}}$$

Anexo 9

Datos para la evaluación estadística de humedad y cenizas del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

MUESTRAS	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
%Humedad	4.1	4.9	5.14
% Cenizas	0.29	0.25	0.27

Estadística descriptiva para %Humedad y % de cenizas

	%Humedad	%Cenizas
N° Repeticiones	3	3
Media	4.71	0.27
Mediana	4.9	0.27
Desv. Estándar	0.54	0.02
Varianza	0.30	0.0004

Anexo 10

Datos para la evaluación estadística de Amilosa y Amilopectina del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

MUESTRAS	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
%Amilosa	15.18	15.15	15.14
%Amilopectina	84.82	84.85	84.86

Estadística descriptiva para % Amilosa y % de Amilopectina

	% amilosa	% amilopectina
N° Repeticiones	3	3
Media	15.16	84.84
Mediana	15.15	84.85
Desv. Estándar	0.02	0.021
coeficiente de Variabilidad	0.001	0.025
Varianza	0.0004	0.0004

Anexo 11

Datos para la evaluación estadística de Índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

MUESTRA		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Índice de absorción de agua.	de	15.98	16.4	15.7
Índice de solubilidad	de	14.39	16.09	15.59
Poder de hinchamiento	de	16.02	16.42	16.25

Estadística descriptiva para Índice de absorción, índice de solubilidad y poder de hinchamiento

	Índice de absorción	Índice de solubilidad	poder de hinchamiento
N° Repeticiones	3	3	3
Media	16.03	15.36	16.23
Mediana	15.98	15.59	16.25
Desv. Estándar	0.35	0.87	0.20
varianza	0.12	1	0.04

Anexo 12

Datos para la evaluación estadística de sinéresis del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

TIEMPO	% SÍNERESIS		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
24 h	6.37	6.35	6.33
48 h	6.89	6.91	6.9

Estadística descriptiva para % de sinéresis

	sinéresis	
	24 h	48 h
N° Repeticiones	3	3
Media	6.35	6.90
Mediana	6.35	6.9
Desv. Estándar	0.02	0.01
varianza	0.0004	0.0001
coeficiente de variabilidad	0.31	0.14

Anexos 13

Datos para la evaluación estadística de T° de gelatinización del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

ALMIDON	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN.	
	TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA FINAL.
REPETICION 1	48	64
REPETICION 2	49	65
REPETICION 3	51	67

Estadística descriptiva para T° de gelatinización

	T de gelatinización	
	T° inicial	T° final
N° Repeticiones	3	3
Media	49.3	65.3
Mediana	49	65
Desv. Estándar	1.53	1.53
varianza	2.3	2.3

Anexo 14

Valores obtenidos de la lectura de viscosidad de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla y sus variables para obtener el índice reológico e índice de consistencia.

N (rpm)	s ⁻¹	Pa .s	Par de torsión	Esfuerzo corte	dv/dy	raíz T	raíz dv/dy	Log(T- To)	Log(dv/dy)
6	0.1	12.8	1.20805E- 07	8	0.63	2.8394	0.794	0.474	-0.2007
12	0.2	7.6	1.43456E- 07	10	1.26	3.0942	1.122	0.653	0.10028
30	0.5	4.2	1.98195E- 07	13	3.15	3.6369	1.775	0.911	0.49822
60	1	2.7	2.54823E- 07	17	6.30	4.1239	2.51	1.076	0.79925

Anexo 15



Materia prima (Arracacha)



Tamizado de almidón.



Almidón Obtenido



Determinación de cenizas.



Determinación de humedad



Almidón gelificado



Preparación del gel de almidón.



Determinación de la viscosidad.