

Caracterización fisicoquímica y reológica del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la Provincia San Ignacio-Departamento de Cajamarca.

Physicochemical characterization and rheology of starch Arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza*) yellow variety from the San Ignacio Province-Department of Cajamarca.

Brenda Del Pilar Alayo Sánchez

Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú

brenda12_22@hotmail.com

Resumen

En el presente 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 realizó la extracción del almidón y se determinó su rendimiento, sus propiedades fisicoquímicas y reológicas. Los resultados obtenidos indican que el almidón extraído 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 μm . Además, presentó una alto índice de absorción de agua, baja solubilidad y un alto poder de hinchamiento de 16.03 g gel/ g muestra, 15.36 % y 16.23 g agua. g^{-1} almidón respectivamente. 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.

Descriptores: Arracacha, almidón, amilosa, amilopectina, temperatura de gelatinización, solubilidad.

Abstract

In the present article was characterized the physicochemical and rheological properties of the starch of the Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) yellow variety coming from the province of San Ignacio-Department 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 high index of water absorption, low solubility and a high to be able of swelling of 16.03, 15.36 % and 16.23 % respectively. 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: Arracacha, starch, amylose, amylopectin, gelatinization temperature solubility.

1. Introducción

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 posee un almidón muy fino, alto contenido de calcio y vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo [1]. Características que le otorgan un potencial alimentario y económico. Existen 3 variedades de arracacha que se comercializa: blanco, amarillo o ligeramente morado [2]. 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 Informática³

En el Perú, existen muy pocas investigaciones acerca de este cultivo, a pesar de su alta potencialidad para la agroindustria y sus buenas cualidades nutricionales es una especie a la que no se le ha dado suficiente importancia dentro de los planes de desarrollo agrícola, tanto nacionales, como departamentales (Hermann, 1997; Jiménez, 2005; Rodríguez *et al.* 2004; citado por Alvarado y Ochoa, 2010) [4]

En el Sector Industrial se halla en búsqueda de almidones nativos que presenten ciertas propiedades específicas de tolerancia a diferentes tratamientos industriales que deterioran la estructura del gel de almidón [5].

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 (*Arracacia xanthorrhiza*) 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.

El almidón es un material natural, abundante, de bajo costo, constituye una parte importante en la dieta del hombre desde tiempo prehistórico. Siendo el segundo polisacárido más abundante después de la celulosa y es el primero en importancia desde el punto de vista comercial al utilizarse ampliamente en la industria alimentaria. Este es uno de los sectores de mayor crecimiento industrial Por lo que sus expectativas cada día se encuentran en la búsqueda y obtención de productos alimenticios innovadores, para la cual los almidones en los últimos años están jugando un papel clave por su amplia gama de usos [6]

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).

Liendo *et.al* ⁷ realizaron un estudio sobre el uso de almidón de apio (*Arracacia xanthorrhiza B.*) en colados de durazno (*Prunuspersica L.*), para lo cual se realizó la extracción de almidón de apio (*Arracacia xanthorrhiza B.*) para caracterizarlo en su composición química, propiedades físicas y reológicas, y utilizarlo como agente espesante en colados de durazno (*Prunuspersica L.*). 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 alta capacidad 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 apio puede ser utilizado en la elaboración de este tipo de productos [7].

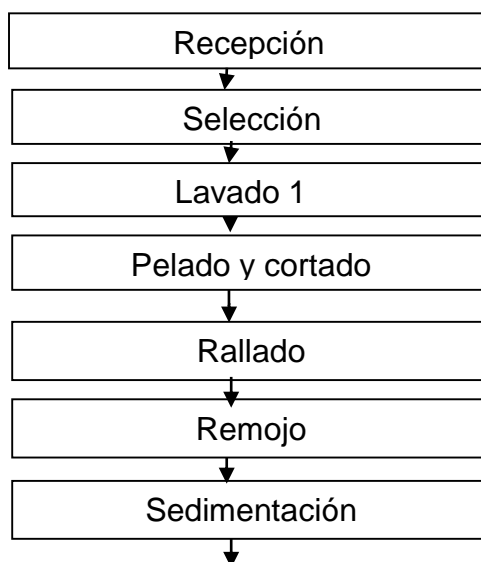
2. Materiales y método.

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de microbiología de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, pabellón E, 6to. Piso, en Trujillo, Perú.

Para la elaboración del almidón, se utilizó arracacha variedad amarilla de la Provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca.

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, se tomó una muestra de 10 kg de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla con un peso promedio de 150 gr cada una.

Extracción del almidón de la arracacha



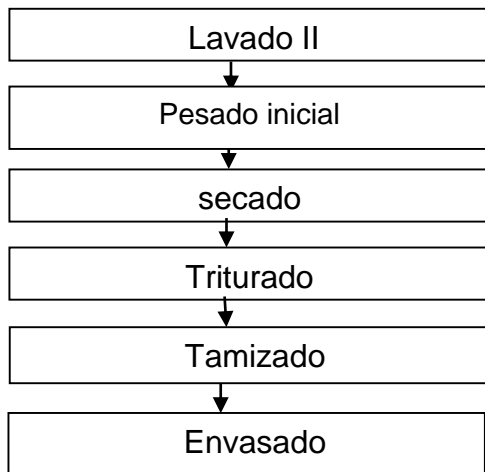


FIGURA 3. Flujo de extracción del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

El almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, se realizó análisis fisicoquímicos y reológico

Análisis Fisicoquímico.

Determinación de ceniza

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.

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

Determinación del contenido de amilosa y amilopectina

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.

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.

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.

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

Análisis Reológico.

Temperatura de Gelatinización.

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.

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

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.

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

Índice de Consistencia

Se utilizó 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

3. Análisis Estadístico

Se aplicó estadística descriptiva (Desviación estándar, varianza, coeficiente de variabilidad, media, mediana). De las repeticiones de las características fisicoquímicas (% humedad, % cenizas, % Amilosa y % Amilopectina) y las características reológicas (% sinéresis, temperatura de gelatinización, índice de absorción, solubilidad, hinchamiento) de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad Amarilla, con el fin de evaluar el grado de variabilidad de los resultados experimentales.

4. Resultados y discusión

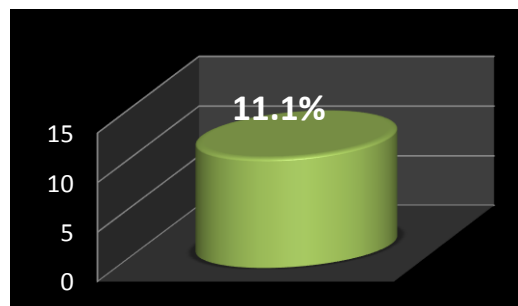


Figura 1. Porcentaje de rendimiento del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

En la figura 1, se reporta el rendimiento del almidón de la arracacha amarilla, la cual la extracción se realizó con el método tradicional, obteniendo un rendimiento de 11.1%. Liendo *et.al* (2011), el almidón extraído tuvo un bajo rendimiento 6,12%, tales diferencias se debe a la variedad, época y factores ambientales. Además el rendimiento está determinado por el contenido intrínseco de almidón en cada especie, el tamaño de tubérculo o raíz y el tamaño de granulo de almidón [8]

En la tabla 1, el contenido de humedad y cenizas, se reportó un promedio de 4.53 % y 0.27% respectivamente.

Tabla 1. Características Fisicoquímica del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla

Romero *et.al*¹¹ 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

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

0.88% respectivamente, concluyeron que el método de extracción influye en las propiedades fisicoquímicas [9].

El almidón de la arracacha tuvo un contenido de 15.16% de amilosa y 84.84% de amilopectina. Los almidones para raíces y tubérculos contienen aproximadamente entre un 17-23% de amilosa, y el resto de amilopectina [10]. Los almidones con alta proporción en amilosa requieren temperaturas más altas para la gelatinización y son más propensos a la descomposición [11]

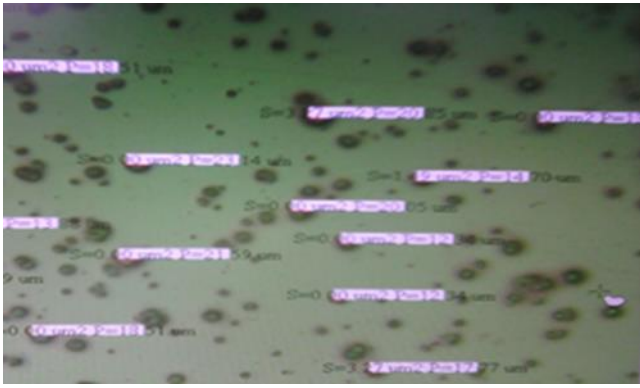


Figura 2. Microfotografía de gránulos de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

En la figura 2, El tamaño de granulo del almidón de la arracacha, tienen forma poliédrica y oscilan entre un rango de 7- 25 μm . Los gránulo de almidón varia de 1 μm a 100 μm y de acuerdo a esto se han clasificado en gránulos grandes (>25 μm), medianos (10-25 μm), pequeños (5-10 μm) y muy pequeños (< 5 μm) (Lindeboom *et. al.*, 2004; citado por Rodríguez y otros, 2010) [12].

Los datos obtenidos son comparables con los reportados 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.

Tabla 2. 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

En la tabla 2, 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 [13].

Tabla 3. 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

En la Tabla 3, 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.

Tabla 4. Temperatura de gelatinización del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla

ALMIDON	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN. °C
Promedio	65.3±1.53

En la tabla 4, 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 [14]

Índice de Consistencia

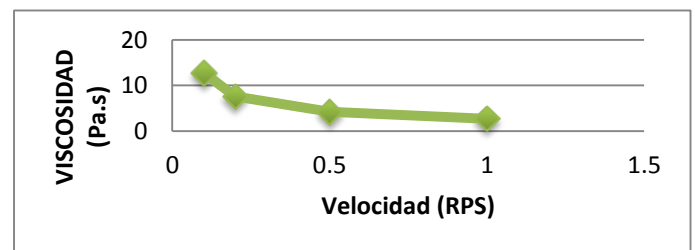


Figura 3. Viscosidad del gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

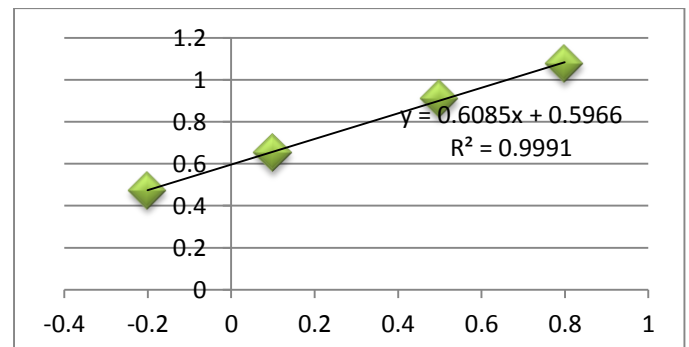


Figura 4. Determinación de n y m para el gel de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla.

En la Figura 4, 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. [15].

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 grano 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. Agradecimiento

A mi asesora MSc. Ing. León Marrou, María Elena, directora de escuela de Ingeniería agroindustrial y comercio exterior de la universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Por sus conocimientos invaluable que me brindo para llevar a cabo esta investigación, y sobre todo su gran paciencia para esperar a que este trabajo pudiera llegar a su fin.

A mis docentes quien me brindaron sus enseñanzas innovadoras para nuestra formación profesional, consejos y una formación humanista y espiritual de nuestra alma mater y mis compañeros que con ellos compartí momentos inolvidables.

Referencias

- [1] Portillo C, Delgado M. Primer catálogo de diez especies de semillas nativas y tradicionales de la región andina amazónica del Suroccidente Colombiano. [En línea] 2011. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]
Disponible en:

- <http://colombia.redsemillas.org/wp-content/uploads/2011/01/cartilla-catalogaci+%EF%BF%BDn-de-semillas-par>
- [2] Bravo Quintana, Antonio. Alimentación y nutrición con cultivos andinos, Universidad Peruana de Integración Global, Editorial San Marcos, 2009. pg. 103.
- [3] Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca [En línea]. Perú, 2012. Estadística Agraria. [Fecha de consulta: Mayo 2015].
Disponible en:
<http://www.agriculturacajamarca.gob.pe/>
- [4] Alvarado Gaona Alvaro y Ochoa Lyda. Tecnologías locales de producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza bancroft*) 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
- [5] Aderve M. y Mejía L. Obtención y Caracterización físico-química de almidón fermentado de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Vitae [en línea], Ene [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]
Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914077.pdf>
- [6] 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.
- [7] Liendo Jilber, Perdomo Brunilda y Techeira Nora. Uso de almidón de apio (*Arracacha xanthorrhiza B.*) en c 2011: [Fecha de consulta: 22 de abril de 2015]
Disponible en:
<http://revistaagronomiaucv.org.ve/revista/articulos/2011>
- [8] Espín Susana, Villacrés Elena, Brito Beatriz. Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tuberculoso 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_37_3_1.pdf

- [9] 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.pdf37_3_1.pdf
- [10] Vaclavik, Vickie A. Fundamento de ciencia de los alimentos, Editorial ACRIBIA, S.A. 1998.p.49
- [11] FAO, Los Carbohidratos en la nutrición humana, Roma 1999. p. 4
- [12] 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
- [13] FAO. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca- Análisis Fisicoquímico del almidón [en línea] .Roma, 2007. [Fecha de consulta: mayo 2015]. p 61 Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.Pdf>
- [14] Tester RF, Karkalas J, Qi X. Starch-composition, fine structure and architecture. Journal of Cereal Science. 2004; pg 151-65
- [15] 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=S0121-40042007000100002