

Evaluación de las propiedades térmicas del almidón de seis variedades de papa nativa de la región Puno

Evaluation of the thermal properties of the starch of six native potato varieties from the Puno region

Luque Vilca, Olivia Magaly
Oluque@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-9000-4624>

Hanco Cayllahua, Yimy
yimyhanco1@gmail.com – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-8250-9665>

Gallegos Ramos, Julio Rumualdo
jgallegos@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-4868-9893>

Jilapa Humpiri, Ruben Wilfredo
r.jilapa@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-2523-1337>

Hanco Cervantes, Carlos Ricardo
c.hanco@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-8527-0274>

Recibido el 19/02/21 | Aceptado el 24/03/21

DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i3.8>

Resumen

La biodiversidad de las papas nativas es patrimonio natural y cultural, adaptándose a condiciones climáticas adversas. A nivel nacional se tiene más de 3500 variedades y el departamento de Puno más de 600 variedades de papas nativas de diferentes colores, tamaños y formas, motivo que propicio. En el presente trabajo se estudiaron las propiedades térmicas de los almidones de seis variedades de papas nativas (Ruckii, Locka, Ocucuri Morado, Ccompis, Yana Imilla, Yana Lomo) oriundas de la región de Puno. Para determinar el rendimiento, composición proximal, contenido de amilosa y amilopectina, caracterización morfológica, y las propiedades térmicas se aplicó la técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis de viscosidad rápida (AVR). Los almidones de las variedades de papas nativas presentaron rendimientos de 10.23 ± 0.05 a $17.60 \pm 0.08\%$, composición proximal: humedad de 7.22 ± 0.09 a $8.85\% \pm 0.08$, cenizas de 0.12 ± 0.07 a 0.44% , grasas de 0.01 ± 0.01 a $0.08 \pm 0.01\%$, proteína de 0.49 ± 0.02 a $0.76 \pm 0.03\%$, fibra de 0.02 ± 0.01 a $0.06 \pm 0.01\%$ y contenido de carbohidratos de 90.14 ± 0.05 a $91.93 \pm 0.03\%$. El contenido de amilosa osciló entre 23.9 ± 0.05 a $30.5 \pm 0.06\%$. La caracterización morfológica presentó formas circulares y elípticas. El análisis de calorimetría diferencial de barrido, la temperatura inicial osciló de 55.00 ± 0.04 a $59.07 \pm 0.06^\circ\text{C}$, temperatura pico de 58.20 ± 0.04 a $62.51 \pm 0.06^\circ\text{C}$, temperatura final de 65.81 ± 0.05 a $69.50 \pm 0.04^\circ\text{C}$, no obstante la entalpia de gelatinización mostró valores de 13.03 ± 0.04 a 16.53 ± 0.04 J/g. En las viscoamilogramas se obtuvo una temperatura de empaste que osciló de 59.50 ± 0.05 a $62.12 \pm 0.08^\circ\text{C}$, viscosidad final de 97.67 ± 0.02 a 139.00 ± 0.02 RVU, viscosidad pico de 125.00 ± 0.02 a 178.67 ± 0.02 RVU. Mostrando diferencia significativa entre los almidones de las diferentes variedades de papas nativas.

Palabras claves: *Almidón, calorimetría, papa nativa, propiedades térmicas, viscosidad.*

Como citar: Luque-Vilca, O.M., Hanco-Cayllahua, Y., Gallegos-Ramos, J.R., Jilapa-Humpiri, W.R. & Hanco-Cervantes, C.R. (2021). Evaluación de las propiedades térmicas del almidón de seis variedades de papa nativa de la región Puno. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(3), 65-72.

Abstract

The biodiversity of native potatoes is a natural and cultural heritage, adapting to adverse climatic conditions. At the national level, there are more than 3500 varieties and the department of Puno has more than 600 varieties of native potatoes of different colours, sizes and shapes, which is the reason for this. In the present work, the thermal properties of the starches of six native potato varieties (Ruckii, Locka, Ocucuri Morado, Ccompis, Yana Imilla, Yana Lomo) from the Puno region were studied. To determine yield, proximate composition, amylose and amylopectin content, morphological characterisation, and thermal properties, differential scanning calorimetry (DSC) and rapid viscosity analysis (AVR) were applied. The starches of the native potato varieties presented yields from 10.23 ± 0.05 to $17.60 \pm 0.08\%$, proximate composition: moisture from 7.22 ± 0.09 to $8.85\% \pm 0.08$, ash from 0.12 ± 0.07 to 0.44% , fat from 0.01 ± 0.01 to $0.08 \pm 0.01\%$, protein from 0.49 ± 0.02 to $0.76 \pm 0.03\%$, fibre from 0.02 ± 0.01 to $0.06 \pm 0.01\%$ and carbohydrate content from 90.14 ± 0.05 to $91.93 \pm 0.03\%$. The amylose content ranged from 23.9 ± 0.05 to $30.5 \pm 0.06\%$. Morphological characterisation showed circular and elliptical shapes. Differential scanning calorimetry analysis, the initial temperature ranged from 55.00 ± 0.04 to $59.07 \pm 0.06^\circ\text{C}$, peak temperature from 58.20 ± 0.04 to $62.51 \pm 0.06^\circ\text{C}$, final temperature from 65.81 ± 0.05 to $69.50 \pm 0.04^\circ\text{C}$, however the enthalpy of gelatinisation showed values from 13.03 ± 0.04 to 16.53 ± 0.04 J/g. In the viscoamylograms, the filling temperature ranged from 59.50 ± 0.05 to $62.12 \pm 0.08^\circ\text{C}$, final viscosity from 97.67 ± 0.02 to 139.00 ± 0.02 RVU, peak viscosity from 125.00 ± 0.02 to 178.67 ± 0.02 RVU. Showing significant difference between the starches of the different native potato varieties.

Keywords: starch, calorimetry, native potato, thermal properties, viscosity.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un producto básico e importante en todo el mundo, debido que es parte de la dieta humana, que contribuye a la seguridad alimentaria frente al crecimiento de la población y al aumento de las tasas globales de hambre (Donald et al., 2020), con una producción mundial de alrededor de 368 millones de toneladas y más de 5000 variedades conocidas, que contiene carbohidratos (almidón), proteínas, vitaminas como ácido ascórbico, sustancias fenólicas y ácidos nucleicos; el contenido de almidón en la papa varía de 10% a 20% de su peso en comparación con almidones de otras fuentes (Nazarian-firouzabadi & Visser, 2017) compuesta por amilosa y amilopectina, que puede ser una excelente materia prima para la industria de alimentos, gastronomía e industria farmacéutica, etc, por sus características de baja temperatura de gelatinización, bajo contenido residual de grasas y proteínas, alta viscosidad y capacidad para enlazarse con agua, características que son directamente atribuidas a su estructura (Wang et al., 2017).

En los andes peruanos se tiene diversidad de variedades de papa nativas adaptadas a duras condiciones ambientales (más de 3800 msnm), todas tienen características típicas de textura y colores después de cocidos, siendo los almidones responsables de estas características que hacen que sea de preferencia del consumidor, por lo que otorga una alternativa en la elaboración de diferentes productos que necesitan un espesante en los procesos de cocción, porque su comportamiento a altas temperaturas permiten mantener su estructura, debido a su baja absorción de agua durante los procesos de calentamiento, importante capacidad de retención de agua (Velásquez Herrera et al., 2017), siendo necesario la identificación de

almidones nativos con propiedades funcionales para aplicaciones como gelificante, estabilizante, espesante, aglutinante y modificación de textura (Yusuph et al., 2003).

La composición fisicoquímica en la papa como en el almidón varía según el estado de madurez de la planta, variedad, zona de crecimiento y fertilización (Liu et al., 2007), a razón de ello el consumidor tiene preferencia por algunas variedades de papa, y procedencia del mismo. Así los almidones de diferentes variedades de papa cultivadas en diferentes lugares del mundo se han caracterizado con respecto a sus propiedades fisicoquímicas, funcionales, térmicas evaluadas mediante la técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC), morfología evaluada a través de microscopía electrónica de barrido (SEM) (Martínez, Peña, Bello-Pérez, et al., 2019; Velásquez Herrera et al., 2017), y la estructura de sus poros se puede determinar mediante crioporometría de RMN de campo bajo (LF-NMRC) que es un método no destructivo (Chen et al., 2021).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades térmicas de los almidones de seis variedades de papas nativas del departamento de Puno, información que permitirá generar nuevas investigaciones como la utilización de almidones en las distintas industrias (alimentaria, farmacéutica entre otros).

Materiales y métodos

Materiales

Se trabajó con seis variedades de papas nativas, adquiridas del centro experimental INIA- Illpa (Puno), en buenas condiciones, íntegros y sin golpes ni heridas, mientras que la Ruckii, Yana Lomo son procedentes del distrito de Santa Rosa Melgar (Figura 1), los mismos que fueron trasladados al laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca, donde se realizó la extracción del almidón.

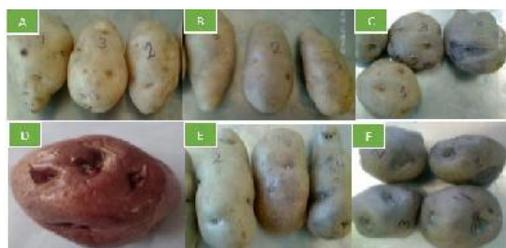


Figura 1. A) Ruckii (*Solanum juzepczukii buk*), B) Locka (*Solanum juzepczukii*), C) Ocucuri Morado *Solanum curtilobum*, D) Ccompis (*Solanum tuberosum ssp andigena*), E) Yana lomo (*Solanum chaucha*), F) Yana imilla (*Solanum tuberosum ssp. Andigena*)

Extracción de almidón

La extracción de almidón se realizó utilizando la metodología de Quintero et al., (2012), con algunas variaciones. Se seleccionó la papa, lavó, descascaró y cortó en cubos, colocando en una solución de bisulfito de sodio en una concentración de 0.02% durante 30 minutos; luego se licuó con agua destilada en una proporción de 1:1 (papa: agua) a baja velocidad por un tiempo de cinco minutos. El triturado se pasó a través de un tamiz (mesh 60), con adición de agua destilada hasta que el agua de lavado este completamente limpia. El filtrado se centrifugó a 10000 g durante 5 minutos. Retirado el sobrenadante, se adicionó agua destilada, agitando con espátula, procediendo a realizar nuevamente el proceso de centrifugación hasta que el almidón se muestre sin residuos de otros componentes. El precipitado se colocó en bandejas metálicas para luego realizar el secado en una estufa por convección a 40°C por 24 h y se procedió a moler en un mortero para posteriormente almacenar a 12°C, para su posterior análisis.

Composición proximal

Se utilizaron métodos de la (AOAC, 2005) para evaluar la composición de los almidones a partir de papas nativas: contenido de humedad (950.46), contenido de cenizas (942.05), contenido de proteína (984.13), contenido de grasa (203.05), y contenido de fibra cruda (962.09). El contenido de amilosa se determinó mediante el método Beta et al., (2001).

Índice de blancura

Los valores de color del almidón, se midieron usando un espectrofotómetro Konica Minolta 700d, usando las coordenadas de la escala CIELab, L desde 0 (negro) hasta 100 (blanco) (Hsu et al., 2003).

Morfología y tamaño de gránulos

La forma y tamaño de los gránulos, se determinó mediante observación microscópica directa, utilizando un microscopio invertido con fluorescencia. Dónde se midió los diámetros mayor y medio de los gránulos de almidón (Hernández-Medina et al., 2008).

Propiedades térmicas

Para llevar a cabo el experimento se colocó las cápsulas en los calentadores, en una cápsula se colocó la muestra y la otra se dejó vacío para utilizar como referencia (muestra inerte que no sufre cambios de fase) al someter a calor a ambas cápsulas, se aseguró realizar el ensayo a la misma velocidad de calentamiento, a fin de observar la energía extra que se necesita para calentar la cápsula que sujeta dicha muestra con respecto a la referencia; esta cantidad de energía es medido mediante DSC.

La determinación de la temperatura y la entalpía de gelatinización (T y ΔH), se llevaron por medio de un calorímetro diferencial de barrido, en muestras de (10 \pm 0.5) mg con un contenido de humedad del 80 por ciento, para una velocidad de 5°C/min, desde temperatura ambiente hasta 100°C, en atmósfera de nitrógeno y en charolas herméticamente selladas, para ello se usó un crisol de aluminio, preparando una mezcla 4:1 (agua: almidón m/m) y durante 60 minutos para equilibrar el contenido de humedad. El instrumento se calibró previamente con una pureza del 99.9 % de indio.

Viscoamilogramas (RVA)

La temperatura de gelatinización y viscosidad máxima, se determinaron utilizando un Rapid Visco Analyzer RVA 4500 (Perkin Elmer), para ello se preparó una solución de almidón al 4 % (p/v) en base seca y se utilizó agua destilada que fue reportado (Noda et al., 2008); directamente en los recipientes del RVA, se colocaron las paletas para realizar el mezclado, y se inició a 25 °C y se agitó durante 10 segundos, para luego calentar a una velocidad constante de 1.5 °C/min hasta alcanzar los 90 °C, manteniendo constante la temperatura durante 20 minutos, para luego enfriar a una velocidad de 1.5 °C/min hasta 50 °C, que se mantuvo constante durante 10 minutos para posteriormente realizar el ciclo de medida correspondiente de cada muestra.

Resultados y discusión

Para la composición proximal de los almidones, se determinó el porcentaje de humedad, cenizas, grasa, fibra, proteína y por diferencia los carbohidratos, utilizando la metodología AOAC (2005), los resultados del análisis se muestran en la Tabla 1. En la Tabla 2 se muestra el contenido de amilosa y amilopectina.

Tabla 1
Composición proximal de almidones

Almidón de papas nativas	Humedad %	Cenizas %	Grasas %	Fibra %	Proteínas %	Carbohidratos %
Ruckii	7.22 f	0.12 f	0.01 e	0.04 b	0.68 b	91.93
Locka	7.63 d	0.14 e	0.04 b	0.04 c	0.76 a	91.40
Ocucuri Morado	7.63 e	0.42 b	0.01 e	0.06 a	0.76 a	91.13
Ccompis	8.73 b	0.22 c	0.08 a	0.02 d	0.49 d	90.45
Yana Lomo	8.85 a	0.44 a	0.03 c	0.02 d	0.51 d	90.14
Yana Imilla	7.69 c	0.15 d	0.02 d	0.02 d	0.57 c	91.54

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ($p < 0.05$).

El análisis de varianza realizado ha mostrado diferencia significativa con respecto al análisis proximal de los almidones de las papas nativas.

El contenido de humedad en los almidones de las seis variedades de papas nativas osciló de 7.22 a 8.85%. Se encontraron reportes donde la humedad del almidón de la papa es de 8.5 % (Alvis et al., 2008), asimismo Martínez et al., (2019), reporta que los almidones de papa Imilla negra contiene 9.3% y para la variedad Locka de 10.2 %, por lo que los resultados encontrados son similares a lo reportado por los diversos autores.

El contenido de cenizas de los almidones están comprendidos de 0.12 a 0.44%, encontrándose mayor contenido en el almidón de Yana Lomo, estos resultados son semejantes a los resultados encontrados para cenizas del almidón de la papa variedad ICA-Nariño que es 0.44% (Alvis et al., 2008), en el almidón de papa Imilla negra que es 0.29%, en el almidón de la papa Locka que es 0.22% (Martínez, Peña, Bello-pérez, et al., 2019), que se atribuye al contenido de fósforo, responsable del hinchamiento, de la estabilidad de la pasta y de la resistencia a la hidrólisis enzimática del almidón de papa (Pardo et al., 2013).

El contenido de grasas en los almidones de las seis variedades de papas nativas presentaron valores de 0.01 a 0.08 %, encontrando resultados similares que varían de 0.04 a 0.14% (Thais-Paes et al., 2015), para el almidón de papa imilla negra es 0.00%, para el almidón de la papa Locka de 0.07% (Martínez, Peña, Bello-pérez, et al., 2019), para el almidón de la papa variedad ICA-Nariño es 0.35% (Alvis et al., 2008).

El contenido de fibra en los almidones oscilan en un rango de 0.02 a 0.06%, en el estudio se muestra que los almidones de papas nativas amargas tienen un mayor contenido de fibra, en lo reportado para el almidón procedente de la papa variedad ICA-Nariño es de 0.05 por ciento (Alvis et al., 2008).

El contenido de proteínas de los almidones varió de 0.49 a 0.76%, en donde los almidones de papas amargas tienen un alto contenido de proteínas; el contenido de proteína en el almidón de papa variedad ICA-Nariño es de 0.62% (Alvis et al., 2008), mientras que para los almidones de papa Imilla negra de 0.58% y de Locka es 0.74% (Martínez, Peña, Bello-pérez, et al., 2019), por lo tanto los datos obtenidos son semejantes a los reportados y varían dependiendo de la variedad de papa.

Tabla 2
Contenido de amilosa y amilopectina en almidones.

Almidones de papa nativa	Amilosa %	Amilopectina %
Ruckii	24.10 e	75.90 b
Locka	25.70 d	74.30 c
Ocucuri Morado	23.90 f	76.10 a
Ccompis	28.14 b	71.86 e
Yana Lomo	27.90 c	72.10 d
Yana Imilla	30.50 a	69.51 f

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ($p < 0.05$).

Caracterización de forma y tamaño de los gránulos de almidones

La Figura 2 se muestra las microfotografías obtenidas para los almidones de las muestras de papas nativas observando la forma y tamaño en los gránulos, utilizando un microscopio invertido de fluorescencia (MIF), donde se observa la forma de los almidones de las papas nativas, que son circulares, ovaladas y elípticas; a menor tamaño son esferoides y a medida que son más grandes tienden a deformarse (polígonos irregulares). Además se observa que el almidón de las papas nativas amargas (Ocucuri Morado, Ruckii, Locka) tienen un mayor contenido de tamaños menores de formas circulares y elípticas, a comparación de las papas nativas dulces (Ccompis, Yana Imilla y Yana Lomo) que son de formas ovaladas a elípticas, resultados similares a lo reportado Alvis et al., (2008), considerando que el tamaño y forma de los almidones son característicos de cada especie (Badui, 2006). Así también, presenta un tamaño de diámetro de 63.91 μm para el almidón de papa Locka, 42.60 μm para

el almidón de papa Yana Lomo, 41.98 μm para el almidón de papa Ccompis, 40.97 μm para el almidón de la papa Ruckii, 40.22 μm para el almidón de la papa Ocucuri Morado y 38.58 μm para el almidón de la papa Yana Imilla.

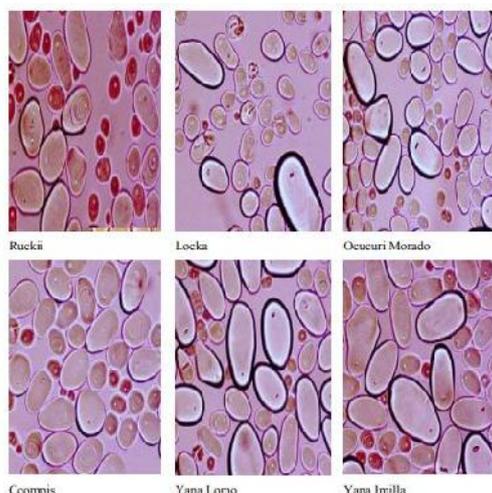


Figura 2. Microfotografías obtenidas para los almidones de papas nativas

Índice de blancura

Con respecto al color se muestra en la Tabla 3, y se tiene diferencias significativas con respecto al índice de blancura de los almidones de las seis variedades de papas nativas. El almidón de yuca presentó un índice de blancura de 95.9 a 96.1 este parámetro es un indicador de calidad (García et al., 2012), los almidones de arroz comercial mostraron valores de 93.8 y 86.1 para el almidón de arroz nativo (Marquez et al., 2015). Lo que indica que los almidones de papas nativas también se consideran blancas ya que es oscilan entre 90.10 hasta 91.18 en el índice de blancura, Según Sánchez-Rivera, García-Suárez, Velázquez Del Valle, Gutierrez-Meraz, & Bello-Pérez, (2005), indica que la blancura es un parámetro físico importante, cuando determina sus aplicaciones industriales en farmacéuticos, alimentos, entre otros y también indica que el color de los almidones acabados es un atributo de calidad (Bustillos-rodríguez et al., 2018).

Tabla 3
Índice de blancura de almidones

Almidones de papas nativas	Índice de blancura
Ruckii	90.94 ab
Locka	91.18 a
Ocucuri Morado	90.54 c
Ccompis	90.88 b
Yana Lomo	90.34 cd
Yana Imilla	90.10 d

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Propiedades térmicas

En la Tabla 4 se muestra las propiedades térmicas evaluadas mediante DSC, encontrando diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto a T_0 , T_p , T_f y ΔH entre los almidones procedentes de diferentes variedades de papas nativas. Los termogramas de los almidones mostraron un pico endotérmico de 13.03 a 16.52 J/g a una temperatura inicial (T_i) $< 60^\circ\text{C}$, donde se muestra la máxima absorción de energía demostrando que existe diferencias significativas entre los almidones, que coincide con los estudios realizados, que reporta para la papa Imilla Negra una temperatura inicial de 58.1°C y para Locka de 56.8°C (Martínez, Peña, Bello-Pérez, et al., 2019), también reportaron que T_i osciló entre 64.2 a 66.4°C (Tong et al., 2018), y 60.4°C (Martins et al., 2018) todos ellos en estudio de almidones de papa. Con respecto a la temperatura final (T_f) los almidones presentan valores $< 70^\circ\text{C}$, que coincide con los estudios realizados por Martínez, Peña, Bello-Pérez, et al., (2019).

Tabla 4
Resultados del análisis de calorimetría diferencial de barrido

Almidones de papas nativas	Temperatura inicial (T_0) ($^\circ\text{C}$)	Temperatura de pico (T_p) ($^\circ\text{C}$)	Temperatura final (T_f) ($^\circ\text{C}$)	Entalpia de gelatinización(ΔH) (J/g)
Ruckii	55.00 f	59.50 e	65.81 d	13.03 f
Locka	56.70 d	60.10 d	66.49 c	15.90 d
Ocucuri Morado	55.31 e	58.20 f	69.50 a	16.20 b
Ccompis	59.07 a	62.51 a	68.20 b	16.52 a
Yana Lomo	56.80 c	61.60 c	68.20 b	15.40 e
Yana imilla	58.90 b	62.50 b	69.50 a	15.92 c

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ($p < 0.05$).

Así también la temperatura de pico para los almidones de seis variedades de papas nativas mostró valores de 61.60 a 62.51°C, mientras que los valores más altos se dieron en los almidones de papas dulces, lo que indica que se tiene una pérdida de la estructura cristalina de los gránulos de almidón. También se encontró diferencia entre la temperatura inicial y la temperatura final, que indica la heterogeneidad de los cristales de almidón entre los almidones procedentes de las diferentes variedades de papas nativas. Lo que coincide con lo reportado por otros estudios que mostró resultados de T_p 62.4 °C para el almidón a partir de la papa imilla negra y para el almidón de Locka 60.2 °C según Martínez et al., (2019), de 65°C (Zhu & Cui, 2020), de 68.1 a 70.4 °C (Tong et al., 2018), y 64.7°C (Martins et al., 2018) todos en muestras de papa. Las diferencias en las transiciones de temperatura se dan por varios factores atribuidas a las diferentes estructuras granulares, al contenido de amilosa y amilopectina (Kaur et al., 2002).

La energía de gelatinización para los almidones de papas nativas oscila de 13.03 a 16.53 J/g, por lo que a medida que incrementa la temperatura se produce la solubilización de la amilosa para luego darse la fusión de la amilopectina, considerando que los enlaces de hidrogeno son débiles, por lo tanto la entalpia de gelatinización es influenciada por la estructura granular que está conformado por amilosa y amilopectina.

Viscoamilogramas

Se obtuvo en el RVA (Rapid Visco Analyzer), para cada muestra la temperatura de empaste (°C), viscosidad final (RVU), viscosidad de pico (RVU) e inestabilidad del gel o breakdown (RVU), que se muestra en la Tabla 5 los resultados obtenidos de los almidones nativos a partir de papa nativas de la región Puno, encontrando diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras respectivamente.

Tabla 5
Resultados del análisis de AVR

Almidones de papas	Temperatura de empaste °C	Viscosidad final (RVU)	Viscosidad pico (RVU)	Inestabilidad del gel (RVU)
Ruckii	59.50 f	97.67 e	140.00 e	63.00 d
Locka	59.95 d	100.33 d	125.00 f	59.67 e
Ocucuri Morado	60.02 c	101.00 d	150.33 c	70.33 c
Ccompis	61.01 b	119.67 b	168.67 b	75.00 b
Yana Lomo	62.12 a	139.00 a	178.68 a	82.67 a
Yana imilla	59.82 e	115.00 c	145.00 d	70.66 c

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ($p < 0.05$)
RVU: unidades de viscosidad relativa

La temperatura de empaste en los almidones de papas nativas osciló de 59.50°C a 62.12 °C; esta temperatura difiere con lo reportado por Zhu & Hao, (2018), que presenta valores de 62.5 a 65.5 °C con respecto a la temperatura de empaste para la variedad de papa Mauri, mientras Singh et al., (2006) reportó una temperatura de empaste de 61.7 °C en el almidón de papa que concuerda con lo obtenido; por otro lado se muestra que las propiedades de empaste de los almidones de papa alcanzaron temperaturas de 69.6 a 72.0 °C (Zhu & Hao, 2018), observando que los almidones de papas nativas amargas presentan temperaturas de empaste menores a los almidones de papas nativas dulces, que puede atribuirse al contenido de amilosa presente en la molécula de almidón, al tamaño, forma del gránulo y la fuente biológica (Alvis et al., 2008).

La viscosidad de pico en los almidones nativos presentó diferencias significativas; esto se explica por la relación existente entre el contenido de amilosa/amilopectina presente en las seis variedades de estudio de papa nativa. La viscosidad máxima del almidón nativo de papa fue de 178.68 RVU en la variedad Yana Lomo seguido por la variedad Ccompis, encontrando valores semejantes para el almidón de papa de 119 RVU (Alvis et al., 2008), de 149.50 RVU a 198.33 RVU (Thais-Paes et al., 2015), que es influido por el contenido de amilosa y disminuyendo la viscosidad de pico

debido al contenido de lípidos y fosfolípidos (Jane et al., 1999).

Los índices de inestabilidad osciló de 59.67 a 82.67 RVU, estas diferencias se deben al contenido y estructura interna de la amilopectina en el almidón nativo (Zhu & Hao, 2018), considerando que el almidón es el polímero que se solubiliza en el medio acuoso y permite conseguir una estabilidad viscoelástica cuando la solución es sometida a diferentes temperaturas (Wang et al., 2003).

Conclusiones

El estudio muestra que existen diferencias con respecto al rendimiento y composición proximal y propiedades térmicas entre los almidones procedentes de papas nativas de la región Puno que se debe a la relación de amilosa/amilopectina. Los almidones de las seis variedades de papas nativas presentan formas circulares, ovaladas y elípticas. Además al realizar el análisis por calorimetría diferencial de barrido (DCS), se encontró que la temperatura inicial osciló de 55.00°C a 59.07°C, mientras que la temperatura final fluctuó en un rango de 65.81°C a 69.50°C y la entalpía de gelatinización presentó valores de 13.0 a 16.53 J/g. Así mismo, para el análisis de viscosidad rápida se encontró temperaturas de empaste que fluctuaron en un rango de 59.50°C a 62.12 °C, viscosidad pico osciló entre 125.00 a 178.68 RVU, en cuanto a la inestabilidad del gel osciló de 59.67 a 82.67 RVU en almidones de variedades de papas nativas.

Referencias

- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Mendoza, maite rada. (2008). *Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas*.
- AOAC. (2005). *official methods of analysis* (18th ed.).
- Badui, S. (2006). *química de los alimentos* (Cuarta ed.).
- Beta, T., Corke, H., Rooney, L. W., & Taylor, J. R. N. (2001). Starch properties as affected by sorghum grain chemistry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(2), 245–251. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20010115\)81:2<245::AID-JSFA805>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20010115)81:2<245::AID-JSFA805>3.0.CO;2-S)
- Bustillos-rodríguez, J. C., Tirado-gallegos, J. M., Ordóñez-garcía, M., Zamudio-flores, P. B., Ornelas-paz, J. D. J., Acosta-muñiz, C. H., Gallegos-morales, G., Páramo-calderón, D. E., & Rios-velasco, C. (2018). Physicochemical, thermal and rheological properties of three native corn starches. *Food Science and Technology*, 2061(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.28117 OSSN>
- Chen, L., McClements, D. J., Ma, Y., Yang, T., Ren, F., Tian, Y., & Jin, Z. (2021). Analysis of porous structure of potato starch granules by low-field NMR cryoporometry and AFM. *International Journal of Biological Macromolecules*, 173, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.099>
- Donald, P., Sanchez, C., Hashim, N., & Shamsudin, R. (2020). Trends in Food Science & Technology Applications of imaging and spectroscopy techniques for non-destructive quality evaluation of potatoes and sweet potatoes: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 96(April 2019), 208–221. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.027>
- García, O., Pinzón, M., & Sánchez, L. (2012). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, manihot esculenta, variedad ica, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 11(1), 13–21. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2013.382>
- Hernández-medina, M., Torruco-ucó, J. G., Chel-guerrero, L., & Betancur-ancona, D. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. 2008(002894), 718–726.
- Hsu, C., Chen, W., Weng, Y., & Tseng, C. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00053-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00053-0)
- Jane, J., Chen, Y. Y., Lee, L. F., McPherson, A. E., Wong, K. S., Radosavljevic, M., & Kasemsuwan, T. (1999). Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. *Cereal Chemistry*, 76(5), 629–637.
- Kaur, L., Singh, N., & Sodhi, N. S. (2002). Some properties of potatoes and their starches. II. Morphological, thermal and rheological properties of starches. *Food Chemistry*, 79(2), 183–192. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00130-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00130-9)
- Liu, Q., Tarn, R., Lynch, D., & Skjold, N. M. (2007). Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry*, 105(3), 897–907. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.034>
- Marquez, M., Galicia, T., Marquez, R., Quinteros, A., Ruiz, M., Gutierrez, N., & Salmerón, O. (2015). *caracterización fisicoquímica y térmica de almidón de arroz en el desarrollo de un material de pared para su uso en microencapsulación*. 1, 122–127.
- Martínez, P., Peña, F., Bello-pérez, L. A., Núñez-santiago, C., Yee-madeira, H., &

- Velezmoro, C. (2019). Food Chemistry : X Physicochemical , functional and morphological characterization of starches isolated from three native potatoes of the Andean region. *Food Chemistry: X*, 2(November 2018). <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100030>
- Martínez, P., Peña, F., Bello-Pérez, L. A., Núñez-Santiago, C., Yee-Madeira, H., & Velezmoro, C. (2019). Physicochemical, functional and morphological characterization of starches isolated from three native potatoes of the Andean region. *Food Chemistry: X*, 2(May), 100030. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100030>
- Martins, P. C., Gutkoski, L. C., & Martins, V. G. (2018). Impact of acid hydrolysis and esterification process in rice and potato starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.170>
- Nazarian-firouzabadi, F., & Visser, R. G. F. (2017). *Starch properties as affected by sorghum grain chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.02.004>
- Noda, T., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., Suzuki, T., Hashimoto, N., Kottearachchi, N. S., Yamauchi, H., & Zaidul, I. S. M. (2008). Factors affecting the digestibility of raw and gelatinized potato starches. *Food Chemistry*, 110(2), 465–470. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.027>
- Pardo, O., Castañeda, J., & Armando, C. (2013). *Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa*. 289–295.
- Quintero, V., Lucas, J., & Alzate, E. (2012). *Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto*. 16–32.
- Sánchez-Rivera, M. M., García-Suárez, F. J. L., Velázquez Del Valle, M., Gutierrez-Meraz, F., & Bello-Pérez, L. A. (2005). Partial characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*, 62(1), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.07.005>
- Singh, J., Mccarthy, O. J., Singh, H., Moughan, P. J., & Kaur, L. (2006). Morphological , thermal and rheological characterization of starch isolated from New Zealand Kamo Kamo (Cucurbita pepo) fruit – A novel source. *Science Direct*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.05.021>
- Thais-Paes, R. ., Leonel, M., Garcia, E., Do carmo, E., & Franco, C. (2015). Crystallinity , thermal and pasting properties of starches from different potato cultivars grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.091>
- Tong, C., Ahmed, S., Pang, Y., Zhou, X., & Bao, J. (2018). Fine structure and gelatinization and pasting properties relationships among starches from pigmented potatoes. In *Food Hydrocolloids*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.036>
- Velásquez Herrera, J. D., Lucas Aguirre, J. C., & Quintero Castaño, V. D. (2017). Physical-chemical characteristics determination of potato (Solanum phureja Juz. & Bukasov) starch. *Acta Agronomica*, 66(3), 323–330. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52419>
- Wang, S., Wang, J., Wang, S., & Wang, S. (2017). Annealing improves paste viscosity and stability of starch. *Food Hydrocolloids*, 62, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.006>
- Yusuph, M., Tester, R. F., Ansell, R., & Snape, C. E. (2003). Composition and properties of starches extracted from tubers of different potato varieties grown under the same environmental conditions. *Food Chemistry*, 82(2), 283–289. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00549-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00549-6)
- Zhu, F., & Cui, R. (2020). Comparison of physicochemical properties of oca (Oxalis tuberosa), potato, and maize starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 601–607. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.028>
- Zhu, F., & Hao, C. (2018). Physicochemical properties of Maori potato starch affected by molecular structure. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.021>