

Recovery and characterization of Lucuma seed starch (*Pouteria lucuma*) with potential industrial application

Erick Alvarez-Yanamango¹, Gerald Chumpitaz Huanqui¹ y Fredy Huayta¹.

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú, erick.alvarez@pucp.pe, gerald.chumpitaz@pucp.edu.pe, fhuayta@pucp.edu.pe

Abstract— Today starches have multiple industrial applications and have gained value as the raw material for the production of biodegradable packaging. Despite having been extracted from innumerable plant sources such as potatoes, corn, cassava, wheat, rice, quinoa, banana, etc., The search for new low-cost sources continues to be important, seeking not to limit access to these traditional sources, which are the basis of alimentation in developing countries. For this reason, the objective of this research was to take advantage of the lucuma seed as a source for the isolation of starch, whose physicochemical and functional characterization would allow us to know its performance and its potential industrial application. For the isolation of the native starch, a sequence of physical operations using pilot equipment will be used, while the characterization tests included by physicochemical tests (% total starch, % humidity, % ash, water activity, % acidity, and pH) and functional properties: solubility index (ISA), swelling power (HP), water absorption capacity (CAA) and clarity of the paste. The results found that the total starch present in the lucuma seed is 83.97%. The functional properties show an ISA (15.55%), CAA (23.61 g of water / g of starch), HP (27.98 g of water / g of starch), and clarity of the paste of 18.67%, demonstrating the potential for possible uses in various industrial food processes.

Keywords—*Pouteria lucuma, Native starch, Seed, agroindustrial waste*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.587>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Recuperación y caracterización del almidón de semilla de Lúcumá (*Pouteria lucuma*) con potencial aplicación industrial.

Recovery and characterization of Lucuma seed starch (*Pouteria lucuma*) with potential industrial application.

Erick Alvarez-Yanamango¹, Gerald Chumpitaz Huanqui¹ y Fredy Huayta¹.

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú, erick.alvarez@pucp.pe, gerald.chumpitaz@pucp.edu.pe, fhuayta@pucp.edu.pe

Resumen— Hoy en día, los almidones tienen múltiples aplicaciones industriales y han ganado valor como materia prima para la producción de envases biodegradables. A pesar de haber sido extraído de innumerables fuentes vegetales como papas, maíz, yuca, trigo, arroz, quinua, plátano, etc. La búsqueda de nuevas fuentes de bajo costo sigue siendo importante, buscando no limitar el acceso a estas fuentes tradicionales, que son la base de la alimentación en los países en desarrollo. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue aprovechar la semilla de lúcumá como fuente para el aislamiento del almidón, cuya caracterización fisicoquímica y funcional nos permitiría conocer su rendimiento y su potencial aplicación industrial. Para el aislamiento del almidón nativo, se utilizará una secuencia de operaciones físicas utilizando equipo piloto, mientras que las pruebas de caracterización incluidas por pruebas fisicoquímicas (% de almidón total, % de humedad, % de cenizas, actividad de agua, % de acidez y pH) y funcional propiedades: índice de solubilidad (ISA), poder de hinchamiento (HP), capacidad de absorción de agua (CAA) y claridad de la pasta. Los resultados encontraron que el almidón total presente en la semilla de lúcumá es 83.97%. Las propiedades funcionales muestran un ISA (15.55%), CAA (23.61 g de agua / g de almidón), HP (27.98 g de agua / g de almidón) y una claridad de la pasta del 18.67%, lo que demuestra el potencial para posibles usos en diversos procesos alimentarios industriales.

Palabras Claves— *Pouteria lucuma*, Almidón nativo, Semilla, residuos agroindustriales.

Abstract— Today starches have multiple industrial applications and have gained value as the raw material for the production of biodegradable packaging. Despite having been extracted from innumerable plant sources such as potatoes, corn, cassava, wheat, rice, quinoa, banana, etc., The search for new low-cost sources continues to be important, seeking not to limit access to these traditional sources, which are the basis of alimentation in developing countries. For this reason, the objective of this research was to take advantage of the lucuma seed as a source for the isolation of starch, whose physicochemical and functional characterization would allow us to know its performance and its potential industrial application. For the isolation of the native starch, a sequence of physical operations using pilot equipment will be used, while the characterization tests included by physicochemical tests (% total

starch, % humidity, % ash, water activity, % acidity, and pH) and functional properties: solubility index (ISA), swelling power (HP), water absorption capacity (CAA) and clarity of the paste. The results found that the total starch present in the lucuma seed is 83.97%. The functional properties show an ISA (15.55%), CAA (23.61 g of water / g of starch), HP (27.98 g of water / g of starch), and clarity of the paste of 18.67%, demonstrating the potential for possible uses in various industrial food processes.

Keywords—*Pouteria lucuma*, Native starch, seed, agroindustrial waste.

I. INTRODUCCIÓN

La lúcumá (*Pouteria lúcumá*) es fruto originario del Perú y es, en la actualidad, un producto bandera de exportación que se viene posicionando en países de la región. Debido a su demanda internacional, se evidencia el aumento de su producción en los valles de Lima Provincia, y que se ha extendido por diferentes regiones del país, como Ayacucho, La Libertad, Lambayeque, Cajamarca, Cuzco y Huancavelica. Las especies más utilizadas a nivel comercial y tradicional son de la variedad de seda y palo [1].

Tradicionalmente la lúcumá es empleada en el Perú tanto para consumo fresco como a nivel industrial, en cuyos procesos se aprovecha exclusivamente su pulpa para su transformación en harina y pulpa congelada, que permite su posterior aplicación en la elaboración de helados, mermeladas, yogures, pastas, papillas, batido de leche, tortas, raviolos, bombones, pudines, galletas, licor de lúcumá, comidas y conservas [2]. No obstante, el aumento de la demanda del fruto y sus derivados trae consigo la generación de residuos que no siempre terminan siendo mitigados correctamente. Se ha aproximado que anualmente se genera alrededor de 50000 Toneladas, de los cuales al menos el 10% es semilla [3].

Por otro lado, existen numerosos estudios donde se aprovecha las semillas de otros frutos (residuos) para la recuperación del almidón, un biopolímero que se encuentra conformando el endospermo de la semilla. El almidón es un

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.5:9>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

polisacárido de amplias aplicaciones industriales como en la modificación de la textura y consistencia de alimentos como estabilizantes, espesante y gelificante, en la elaboración de papel como adhesivo y como componente estructural en el desarrollo de empaques biodegradables o compostables [4] por lo que es necesario buscar nuevas fuentes de extracción de almidones nativos que presenten ciertas propiedades específicas que toleren distintos tratamientos industriales [5,6].

La extracción del almidón nativo proveniente de diferentes fuentes, puede proveer materias primas con propiedades especiales para usos específicos en la industria, y son favorables si provienen de residuos agroindustriales, ya que no solo son de bajo costo, con alto impacto positivo al medio ambiente, sino, que también contribuye a reducir el consumo de otras fuentes alimenticias como la papa, yuca y maíz; pero que resulta importante determinar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, ya que se toman en cuenta para poder direccionar su uso en el desarrollo de alimentos y otras aplicaciones industriales. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue aprovechar la semilla de lúcuma como materia prima para el aislamiento y caracterización fisicoquímica y funcional de su almidón nativo con el propósito de definir su posible aplicación industrial.

II. METODOLOGÍA

2.1 Material

Se utilizó semillas de lúcuma de seda, las cuales fueron acopiadas de la Hacienda Parodi ubicada en el KM 55 de la panamericana Sur, distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima.

2.2 Procesamiento de las semillas para el aislamiento del almidón nativo.

El procesamiento de las semillas de lúcuma se realizó en la planta piloto del Laboratorio de Procesos Industriales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde se siguió la secuencia de operaciones detalladas en la Fig. 1.

En primer lugar las semillas fueron sanitizadas mediante lavado y desinfección con hipoclorito de sodio a 200 ppm, para luego escurrirse y secarse parcialmente en un secador de bandeja de tipo lecho fijo, lo que facilitaría el retiro del pericarpio de semilla (fracción rígida). Posteriormente, se dejó remojando el endospermo en una solución de meta bisulfito al 0.15 % w/v durante 24 horas para ablandar los tejidos y proceder a realizar el aislamiento del almidón nativo.

Con la semilla hidratada se le sometió a una molienda húmeda utilizando un procesador para sólidos alimenticios, el producto de ésta fue filtrado utilizando un sistema de filtración con porosidad de 150 y 75 μm para separar principalmente las fibras y otros sólidos no amiláceos. Se dejó decantar, y al precipitado se le realizó una secuencia de lavados con agua desionizada, para luego centrifugarlo y de esta manera recuperar el almidón nativo. Finalmente, se secó en un secador

de tipo lecho fijo a 40°C, y luego fue molido en un molino de martillos con malla de 75 μm obteniendo finalmente el almidón nativo (Fig. 2).

Fig. 1 Acondicionamiento de la semilla de Lúcuma (*Pouteria lúcuma*).

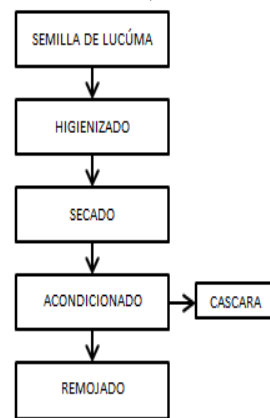
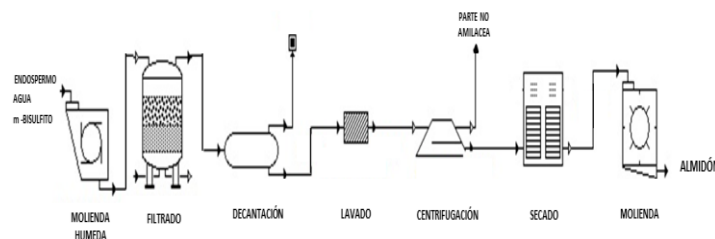


Fig. 2 Diagrama de flujo del proceso de extracción de almidón nativo de la semilla de lúcuma.



2.3 Evaluación de las características fisicoquímicas del almidón nativo.

El almidón nativo obtenido fue sometido a las siguientes pruebas:

Medición de pH: Mediante el método potenciométrico [7] usando un potenciómetro Crison (Basic 20, España) previamente calibrado con buffer 4 y 7.

Determinación de la acidez expresada en ácido sulfúrico: Mediante el método de titulación [8], utilizando una solución de NaOH (0.1 N) como agente titulante y fenolftaleína como indicador.

Medición de la actividad de agua: Mediante medición directa, usando un equipo analizador de actividad de agua Novasina (LabSwift-aw, España).

Determinación de la humedad: Mediante el método gravimétrico indirecto por desecación [9], utilizando una estufa Memmert (UN30, Alemania) a una temperatura de 130°C por 3 horas o hasta determinar peso constante.

Determinación de cenizas: Mediante el método gravimétrico por incineración [10], utilizando una mufla Thermconcept (KLE 05/11, Alemania) a 550 °C por un tiempo

no menor de 2 horas o hasta evidenciar cenizas blancas o grisáceas.

Determinación del contenido de almidón total: El contenido de almidón en las muestras se determinó usando el kit de ensayo de almidón total de Megazyme International Ireland Limited (2015). Se pesó 100 mg de la muestra en un tubo de centrifuga, el cual se suspendió con 5mL de etanol (80% v/v) y se incubó a 80-85 °C por 5 min, seguidamente, se centrifugó a 3000 rpm para luego descartar el sobrenadante. Posteriormente, mediante agitación constante se añadió 2mL de KOH a 2M mezclándose durante 20 min, manteniendo los tubos en baño maría invertido. Se adicionó 8mL del Buffer Acetato de Sodio 1.2M (pH 3.8) a cada tubo en constante agitación; inmediatamente se colocó 0.1 mL de α -amilasa y 0.1mL de amiloglucosidasa, mezclándose con ayuda de un vortex. Se llevó a incubación a 50°C por 30 min. Luego se transfirió cuantitativamente el contenido a una fiola de 100 mL y se ajustó el volumen con agua destilada. Se centrifugó una alícuota a 3000 rpm por 10 min. Posteriormente, se transfirieron una alícuota de 0.1 mL a tubos de ensayo, añadiendo 3.0 mL de reagente GOPOD a cada tubo (incluyendo los controles de D-Glucosa y reagente blanco), incubando los tubos a 50°C por 20 min. Finalmente, la absorbancia se leyó a 510 nm para cada muestra, mientras que el control de D-glucosa se leyó contra el blanco reactivo.

2.4 Evaluación de las propiedades funcionales del almidón nativo.

Medición del índice de solubilidad (ISA), poder de hinchamiento (HP) y capacidad de absorción de agua (CAA): Se utilizó 25 mL de una suspensión de almidón al 2 % (w/v) en un tubo de centrifuga sumergidos en un baño termostático de agua, manteniendo la temperatura a 60, 70, 80 y 90 °C durante 30 min con agitación constante. Posteriormente se enfrió hasta temperatura ambiente y se centrifugó a 3500 rpm durante 15 min. El sobrenadante se decantó y se transfirió cuidadosamente a un crisol pesado previamente, para su secado en estufa Memmert a 120°C hasta peso constante. La pasta (gránulos hinchados) se pesó y se utilizó para los cálculos correspondientes:

$$ISA = \frac{\text{Peso del material soluble (g)}}{\text{Peso de la almidón (g)}} \times 100$$

$$HP = \frac{\text{Peso de la pasta (g)}}{\text{Peso del almidón (g)} - \text{Peso del material soluble (g)}}$$

$$CAA = \frac{\text{Peso de la pasta (g)}}{\text{Peso del almidón (g)}}$$

Medición de la claridad de la pasta de almidón: Se realizaron suspensiones de almidón de 1.0 – 5.0 % en tubos de centrifuga colocándose en un baño termostático de agua a 100°C durante 30 min, agitándose cada 5 min, posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente. A partir de estas suspensiones se medirá el % de transmitancia (% T) a 650 nm usando un espectrofotómetro UV-Vis.

2.5 Análisis estadístico.

Todas las mediciones y análisis se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron como media y desviaciones estándar, para lo cual se usó el MS Excel (2016).

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Propiedades fisicoquímicas

De la extracción del almidón nativo se obtuvo un rendimiento del 18.0 % y en la Tabla I se muestra la composición fisicoquímica del almidón aislado de la semilla de lúcuma.

El contenido de humedad obtenido fue de 9.42 %, valor que se encuentra dentro del rango de humedad (6 % y 16 %) para almidones [11]. En esta línea, algunos autores consideran favorable que este tipo de producto presente menor contenido de humedad para un buen almacenamiento y disminuir la posibilidad de crecimiento microbiano y prolongar la vida útil, lo que se confirma con el valor de actividad de agua (Aw) de 0.455 que presenta el almidón nativo de la semilla de lúcuma [12, 13, 14].

Tabla I. Composición fisicoquímica del almidón de la semilla de Lúcuma.

Parámetros	Media	D.S
pH	6.70	0.00
Aw	0.455	0.007
Acidez (%)	0.093	0.001
Cenizas (%)	0.074	0.008
Humedad (%)	9.428	0.132
Almidón total (%)	83.978	1.490

El contenido de cenizas de los almidones representa la cantidad de minerales y sales remanentes que resultaron como producto de la extracción y del contenido de minerales de la materia prima de origen [15]. El contenido de cenizas resultó un valor de 0.074 %, el cual difiere con distintas fuentes de almidón nativo como de papa (0.43 %) [16], almidón de amaranto (1.14 ± 0.01 %) [17], almidón de maíz (0.09 % - 0.22 %) [18], almidones de yuca, trigo y arroz (0.10 % - 0.30 %) [19] y almidón de semilla de lúcuma (0.20 %) [1]. En relación a ello, diversos estudios señalan múltiples factores que incurren con el aumento del contenido de cenizas, por ejemplo, el método de extracción del almidón, la fuente de origen, en el caso de tubérculos está ligado al estado de madurez que incide

sobre el contenido de fósforo [20]. Es así, que el bajo contenido de ceniza obtenido para el almidón nativo de la semilla de lúcuma puede indicar una alta pureza del almidón [21, 22].

En cuanto a la acidez del almidón, este presentó una acidez de 0.093 %, y un valor de pH de 6.70 el cual se encuentra dentro del rango de pH de almidón no fermentado, lo cual garantiza que es un valor cercano a la neutralidad y de esta manera puede mezclarse con otros alimentos [23, 24].

En la Tabla II se muestran los resultados de contenido de almidón total de la semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*) y de otras fuentes nativas, donde se evidencia que el almidón recuperado de la semilla de lúcuma presenta un valor de 83.97 \pm 1.49 % superando a otras fuentes de almidón.

Tabla II. Comparación de valores del almidón total (%) de distintas fuentes.

Fuente almidón	Almidón Total (%)
<i>Pouteria lucuma</i> *	83.97 \pm 1.49
<i>Artocarpus adonotisimus</i> [25]	89.14
<i>Musa cavendishii</i> [26]	73.42
<i>Musa paradisiaca</i> [26]	68.13
<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott [14]	72.23
<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) Schott [14]	68.50
<i>Dioscorea alata</i> [6]	96.0 \pm 0.85
<i>Phaseolus lunatus</i> [27]	98.43
<i>Manihot esculenta</i> Crantz [28]	94.47

*Presente estudio

3.2 Propiedades funcionales

El poder de hinchamiento, la capacidad de absorción de agua y el índice de solubilidad del almidón aislado de la semilla de lúcuma demuestran estar directamente correlacionado con el incremento de la temperatura de preparación del gel. En la Tabla III y en la Fig. 3, se muestran los resultados del índice de solubilidad en agua del almidón nativo de la semilla de lúcuma. El índice de solubilidad aumenta a medida que se incrementa la temperatura de la solución de almidón, obteniéndose un rango de solubilidad de 6.029 % - 15.551 % a 60 °C y 90 °C respectivamente. Este máximo valor es similar a lo encontrado en el almidón de maíz (15.8 %) y superior al valor encontrado en el almidón de ñame (5%) [27, 29]. Sin embargo, este valor es inferior en comparación con el almidón nativo de la semilla de palta, (19.7 %) [30]. Estas variaciones pueden explicarse por las diferencias estructurales en los gránulos de las distintas fuentes de almidón y sus diferentes cantidades de amilosa que se liberan del interior del gránulo de almidón cuando este último comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua. Asimismo, el aumento en la solubilidad del almidón puede atribuirse a una mayor solubilización de sus polímeros a partir de gránulos con rigidez más débil, cuando se someten a incrementos de temperatura [31], haciendo esto

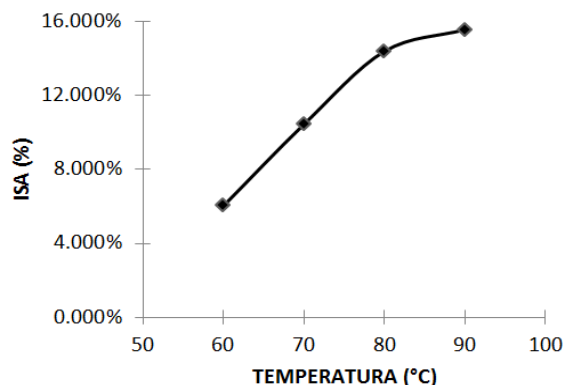
favorable para aplicarse en sistemas alimentarios que requieran tratamientos térmicos elevados como los productos horneados, enlatados, productos de confitería.

Tabla III. Índice de solubilidad en agua (ISA), capacidad de absorción de agua y poder de hinchamiento (HP).

T (°C)	ISA (%)	CAA (g de agua / g de almidón)	HP (g de agua / g de almidón)
60	6.029 \pm 0.001 ^a	8.266 \pm 0.025 ^a	8.80 \pm 0.030 ^a
70	10.428 \pm 0.002 ^b	15.705 \pm 0.009 ^b	17.53 \pm 0.056 ^b
80	14.376 \pm 0.002 ^c	19.608 \pm 0.023 ^c	22.95 \pm 0.047 ^c
90	15.551 \pm 0.001 ^d	23.618 \pm 0.021 ^d	27.98 \pm 0.039 ^d

* Promedio de al menos 3 repeticiones. Los valores de una misma propiedad que compartan la misma letra no son estadísticamente significativos (p<0.05).

Figura 3. Índice de solubilidad en función de la temperatura del almidón nativo de la semilla de Lúcuma.



El poder de hinchamiento (HP) del almidón extraído de la semilla de lúcuma, se incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a elevadas temperaturas se atenúa progresivamente las fuerzas de enlace dentro del gránulo, lo que implica que el poder de hinchamiento se incrementa comenzando con un mínimo de 8.801 g de agua / g de almidón a una temperatura de 55°C hasta un máximo de 27.98 g de agua / g de almidón a una temperatura de 90°C. Sin embargo, en contraste con otras fuentes de almidón nativo, encontramos diferencias significativas entre el ñame, maíz, baby lima bean [27, 29] y en diferentes cultivares de papa [32]. Estas diferencias pueden deberse a la disposición y cantidad de amilosa dentro de los gránulos de almidón. Por lo que los almidones con mayor poder de hinchamiento pueden ser utilizados en el desarrollo de alimentos que requieren retención de agua, como por ejemplo los productos cárnicos, las mermeladas, compotas, jaleas, etc.

La capacidad de absorción de agua (CAA) también se incrementa con el aumento de la temperatura debido a que los

gránulos de almidón se hidratan y se hinchan, tal como se muestra en la tabla III. El máximo valor alcanzado de CAA fue de 23.618 g agua/g de almidón a una temperatura de 90°C, valor próximo a 25.0 g agua/g de almidón de la semilla de palta [30]. Esta diferencia puede deberse al tamaño del gránulo de almidón y por otro lado a las diferentes fuentes botánicas, de donde varía su composición, su morfología, su estructura molecular, su contenido de amilosa y amilopectina [33, 34].

Figura 4. Poder de Hinchamiento en función de la temperatura del almidón nativo de la semilla de lúcuma.

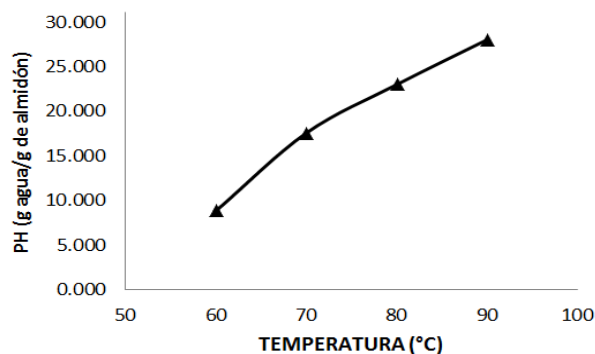
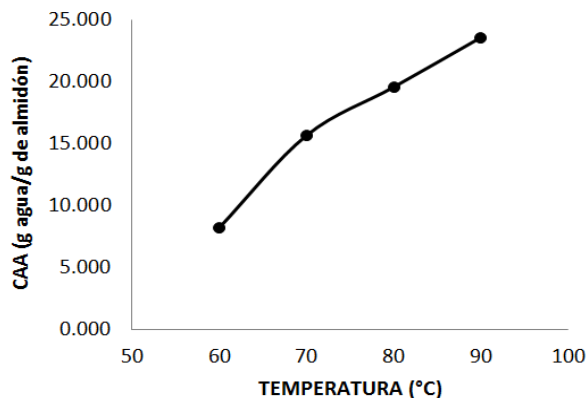


Figura 5. Capacidad de absorción de agua en función de la temperatura del almidón de la semilla de lúcuma.



En cuanto a los resultados de claridad de la pasta del almidón nativo de la semilla de lúcuma a diferentes concentraciones sometidos a una temperatura de 100°C se muestran en la Tabla IV. Asimismo, en la Fig. 6 se puede observar un comportamiento diferente al de la temperatura, pues a medida que se incrementa la concentración del gel el porcentaje de transmitancia disminuye. El valor promedio de la claridad de la pasta (1 % m/V) fue de 18.672 % y en comparación con otras fuentes es superior a alimentos como el makal, el plátano criollo y el sagú, tal como se aprecia en la Tabla V.

Tabla IV. Transmitancia (%) de la pasta del almidón a diferentes concentraciones de m/V

T (°C)	Conc.	Transmitancia (%)	D.S
100	1 %	18.672	0.136
	2 %	8.922	0.155
	3 %	6.833	0.146
	4 %	6.326	0.205
	5 %	5.944	0.122

Figura 6. Claridad de la pasta del almidón de la semilla de lúcuma en función de la concentración % m/V.

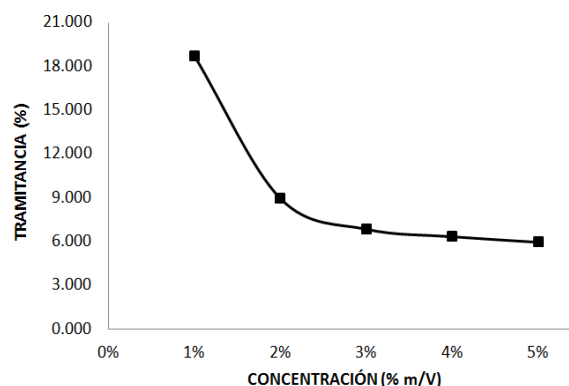


Tabla V. Comparación del almidón nativo de la semilla de lúcuma con otras fuentes de a una concentración de 1 % m/V.

Fuente de almidón	Transmitancia (%)
Semilla de Lúcuma *	18.672 ± 0.136
Makal [35]	10.94
Plátano criollo [36]	11.2
Sagú [35]	13.57
Maíz [37]	22.6
Camote [35]	24.64
Yuca [35]	51.76

*Presente estudio

Hay estudios que indican que las pastas de almidón que presentan una transmitancia menor a 40 % son consideradas opacas o turbias, mientras que aquellas con transmitancia superior a 40% son consideradas claras o transparentes [29, 38]. Asimismo, la transparencia u opacidad que pueden presentar las pastas de almidón influyen directamente sobre las características de brillantez y opacidad del color en los productos alimenticios [27]. No obstante, los almidones con bajo % de transmitancia pueden ser destinados en la elaboración de alimentos poco transparentes, por ejemplo, la mayonesa, los embutidos, los jugos de fruta o néctares, productos de panificación, etc [35]. Mientras que los almidones con altos % de transmitancia, podrían incluirse en la preparación de alimentos como mermeladas, gelatinas, y en confitería [35].

Tabla VI. Comparación de los parámetros funcionales y aplicaciones del almidón nativo de la semilla de lúcuma con otras fuentes de almidón.

Fuente de almidón		ISA (%)	CAA (g de agua/g de almidón)	HP	T** (%)	Aplicaciones
*Semilla de Lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)		15.551 ± 0.001	23.618 ± 0.021	27.98 ± 0.039	18.672 ± 0.136	Embutidos, jaleas, compotas, productos de panificación, salsas (mayonesas), néctares.
Semilla de aguacate [30] (<i>Persea americana</i> Miller)		19 - 20	22 - 24	28 - 30	-	Productos de panificación, salsas, jaleas, dulces y embutidos.
Quinoa [39] (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd)	Negra Collana	5.03 ± 0.01	4.66 ± 0.00	0.70 ± 0.00	-	Productos alimenticios
	Pasankalla Roja	4.94 ± 0.12	4.82 ± 0.13	0.74 ± 0.04	-	
	Blanca Junín	4.97 ± 0.08	4.33 ± 0.10	0.66 ± 0.03	-	
Yuca [35] (<i>Manihot esculenta</i> C.)		-	27.18	58.83	51.76	Productos cárnicos Productos de confitería
Baby lima bean [27] (<i>Phaseolus lunatus</i>)		12.3	-	19.9	-	Productos horneados. Productos enlatados.
Maíz (<i>Zea mays</i>) [27]		15.8	-	16.1	-	Ingrediente funcional en productos alimenticios
Papa [40] (<i>Solanum phureja</i>)	Pitikiña	20.2 ± 0.93	22.7 ± 0.68	28.5 ± 0.97	93,2	Rellenos para pastelería. Elaboración de caramelos.
	Anaranjado	9,92 ± 0,13	11,91 ± 0,01	N.D	23.88 ± 0.59	Aglutinantes y espesantes en productos alimenticios poco transparentes
	Blanco	9,48 ± 0,62	11,81 ± 0,15	10,41 ± 1,43	16.74 ± 0.09	
Camote [41] (<i>Ipomoea batatas</i>)	Morado	9,16 ± 0,26	11,82 ± 0,21	11,00 ± 0,77	17.70 ± 0.16	Sopas instantáneas Productos de pastelería.
	Amarilla	8.44 ± 1.48	27.73 ± 0.14	30.29 ± 0.34	-	
Mashua [42] (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	Negra	18.02 ± 1.12	28.73 ± 0.85	39.51 ± 3.61	-	Embutidos, productos enlatados, salsas, condimentos, jaleas.
Velvet bean [43] (<i>Mucuna pruriens</i>)		16.2	15.95	16.17	22.21	

*Presente estudio

** Los valores de transmitancia son reportados a una concentración de 1 % m/V y a 650 nm

V. CONCLUSIONES

En la Tabla VI se muestra una comparación de los parámetros funcionales del almidón nativo de la semilla de lúcuma con otras fuentes vegetales, así también, se muestra las aplicaciones que tienen estos almidones en los diferentes sistemas alimentarios. En contraste con el poder de hinchamiento (HP) y la capacidad de absorción de agua (CAA), el almidón de la semilla de lúcuma es similar al de la papa [40], mashua amarilla [42] y semilla de aguacate [30], por lo que puede ser utilizado en productos que requieran retener agua. En cuanto a la claridad u opacidad del almidón, su valor es mayor al camote blanco y al morado [41], sin embargo, es inferior al 40 % [29, 38], por lo que puede ser aplicado a productos poco transparentes.

Se obtuvo un rendimiento del 18 % al extraer almidón nativo de la semilla de la lúcuma. El contenido de almidón total encontrado es de 83.97 ± 1.49 % y alcanzó a 90°C un máximo poder de hinchamiento de 27.98 ± 0.039 g agua/g almidón, una capacidad de absorción de agua de 23.618 g agua/g almidón y un índice de solubilidad del 15.551 %.

El almidón nativo de la semilla de la lúcuma representa una fuente de bajo costo para la obtención de almidón no convencional, mostrando diversas propiedades fisicoquímicas y funcionales que, en comparación con otras fuentes, sugieren que puede tener una enorme potencialidad de uso como ingrediente funcional en diversos sistemas alimenticios que requieran retener agua (compotas, jaleas, embutidos, etc) y ser poco transparentes (salsas, productos de panificación, jugos, néctares, etc).

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC-PERÚ) por el financiamiento para la ejecución del proyecto “Aprovechamiento de la semilla de Lúcumo (*Pouteria lucuma*) para la extracción del aceite funcional por CO₂ supercrítico y el aislamiento de polímeros para el desarrollo de una resina biodegradable” Contrato N° 182-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV

REFERENCIAS

- [1] Cari, M. Extracción y caracterización de almidón de las semillas de lúcumo (*Pouteria lucuma*). Tesis de pregrado. Universidad peruana unión. Juliaca. 2018.
- [2] Yahia, E. Lucuma (*Pouteria lucuma*). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 443-448. 2011.
- [3] SEPA. Serie de estadísticas de producción agraria. 2017. Disponible en http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- [4] Zhao, J., Wistler, R. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. *Food Technology*. 1994, 48(7), 104-105.
- [5] FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Database. Roma, Italy, 2001.
- [6] Salcedo, J., García, c. & Salcedo, D. Propiedades funcionales de almidones de Ñame (*Dioscorea alata*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2018, 16(2), 99-107.
- [7] A.O.A.C. (1982). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- [8] NTP. 205.039. HARINAS. Determinación de la acidez titulable. Edición N° 1.2016.
- [9] NTP 205.037. HARINAS. Determinación del contenido de humedad. Edición N° 1. 2016.
- [10] NTP 205.038. HARINAS. Determinación de cenizas. Edición N° 1. 2016.
- [11] Moorthy, S. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch*. 2002, 54(12), 559 - 592.
- [12] Espinoza, R. Estudio de las propiedades físicas y químicas del almidón de ocumo chino (*Colocasia esculenta* L.) y su comparación con las de otras almidones. Tesis de Pregrado. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 131 p. 1974.
- [13] Thomas, D. & Atwell, W. Starches. Practical Guide for the Food Industry. Eagan Press Handbook Series. St. Paul, EUA. 1999.
- [14] Palomino, C., Molina, Y. & Pérez, E. Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Rev. Fac. Agron. (UCV)*. 2010. 36 (2): 58-66.
- [15] Melian, D. Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales. Tesis de Pregrado. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 2010.
- [16] Vargas, G., Martínez, P. & Velezmoro, C. Functional properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch and its chemical modification by acetylation. *Scientia Agropecuaria*. 2016, 7(3): 223 - 230.
- [17] Manni, D., & Santiago, L. Desarrollo de biomateriales a partir de almidón de Amaranto modificado. 2do Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencias y Tecnología de Materiales. 2008.
- [18] Tovar, T. Caracterización Morfológica y térmica del almidón de Maíz (*Zea mays* L.) obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2008.
- [19] Waterschoot, J., Gomand, S., Fierens, E., & Delcour, J. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch/Stärke*. 2014, 67(1-2), 14-29.
- [20] Himeda, M., Njintang, N., Nguimbou, R., Gaiani, C., Scher, J., Facho, B. & Mbofung, C. Physicochemical, rheological and thermal properties of taro (*Colocasia esculenta*) starch harvested at different maturity stages. *Journal of Biosciences (IJB)*. 2012, 2(3), p. 14-27.
- [21] Alvani, K., Qi, X., Tester, R. & Snape, C. Physico chemical properties of potato starches. *Food Chemistry*. 2011, 125(3), 958-965.
- [22] Pérez, E., Moo, V., Estrada, R., Ortiz, A., May, L., Ríos, C., & Betancur, D. Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. *Carbohydrate Polymers*. 2014, 101(1), 920-927.
- [23] Sívoli, L. & Pérez, E. Características fisicoquímicas y funcionales del almidón de Maíz modificado químicamente. Formación de enlaces cruzados. *Revista de Tecnología de Alimentos de México*. 1996, 31, 5-9.
- [24] Pérez, E., Lares, M. & Alfaro, M. Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas del almidón extraído de la nuez del Orinoco (*Caryodendron orinocense* Karst). *Acta Científica Venezolana*. 2007, 58 (2), 52 - 56.
- [25] Noorfarahzilah, M., Hartina, U., Zainol, K. & Mamat, H. Physicochemical properties of Tarap (*Artocarpus adonatisimus*) starch. *Food Research*. 2019, 4 (3), 602 - 611.
- [26] Soto, V. Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de Plátano verde (*Musa cavendishii*) y Banana verde (*Musa paradisiaca*). *Revista Boliviana de Química*. 2010, 27(2).
- [27] Betancur, D., Chel, L., Camelo, R. & Dávila, G. Physicochemical and functional characterization of Baby Lima Bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch/Stärke*. 2001, 53, 219-226.
- [28] Pérez, E. Modificación física de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). 1996.
- [29] Meañó, N., Ciarfella, A. & Dorta A. Evaluation of chemical and functional properties of native starch of Congo yam (*Dioscorea bulbifera* L.) to predict its possible technological uses. *Saber*. 2014, 26(2), 182 - 187.
- [30] Chel, L., Barbosa, E., Martínez, A., Gonzalez, E. & Betancur, D. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016, 86.
- [31] Liu, Q.; Tarn, R.; Lynch, D.; Skjold, N. 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry* 105: 897-907.
- [32] Kaur, L., Singh, J., McCarthy, O. Singh, H. Physico-chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. *Journal of Food Engineering*. 2007, 82: 383-394.
- [33] Hoover, R. The Impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2010, 50, 835-847.
- [34] Liu, Q., Tarn, R., Lynch, D. & Skjold, N. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry*. 2007, 105, 897-907.
- [35] Hernández, M., Torruco, J., CHEL, L. y Betancur, D. Caracterización físico química de amidos de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y Tecnología de Alimentos. Campinas*. 2008, 28(3), 718-726.
- [36] Bello, L. et al. Isolation and partial characterization of banana starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, 47(3), p. 854-857.
- [37] Bello, L. Amilopectina: Caracterización molecular y funcional. Irapuato, Guanajuato, México. Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional - CINVESTAV-IPN. 1995.
- [38] Sánchez, T. y Aristizabal, J. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Italia. 2007. pp.134.
- [39] Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., y Espinoza, C. Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2015, 81(1), 44-54.
- [40] Martínez, P., Málaga, A., Betalleluz, I., Ibarz, A. y Velezmoro, C. Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 291-301.
- [41] Manzanillas, L. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (*Ipomoea batata*) para aplicaciones alimentarias. Tesis de Pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 2018, p.73.
- [42] Quispe, Y. Características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) de las variedades amarilla y negra. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional José María Arguedas. Perú. 2018, p.69.

- [43]Segura, M., López, S., Castellanos, A., Betancur, D. y Chel, L.
Physicochemical and functional characterization of *Mucuna pruriens*
depigmented starch for potential industrial applications. *International
Journal of Organic Chemistry*. 2015, Vol.5. p10.