

Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)

Diana Rodríguez*, Magali Espitia*, Yenith E. Caicedo*, Yubely E. Córdoba*, Yolima Baena*¹ y Claudia E. Mora*²

Resumen

El presente artículo sintetiza los resultados de diferentes ensayos de caracterización fisicoquímica y farmacotécnica del almidón de arracacha amarilla (*Arracacia xanthorrhiza*). La determinación del tamaño de partícula, realizada por microscopía óptica, muestra una distribución log-normal comprendida entre 5 y 35 μm ; la forma, evaluada mediante microscopía electrónica de barrido, es poliédrica irregular; el rango de temperatura de gelatinización, determinado mediante calorimetría diferencial de barrido, está comprendido entre 49 y 55°C; el contenido de amilosa, cuantificado mediante colorimetría, es cercano al 18%; el comportamiento frente a la humedad relativa lo clasifica como un material moderadamente higroscópico y sus propiedades farmacotécnicas demuestran una baja voluminosidad, flujo pobre y buen desempeño bajo compresión.

Palabras clave: Arracacha – Almidón – Propiedades fisicoquímicas.

Summary

Characterization of some physicochemical and pharmaceutical properties of starch obtained from yellow Peruvian parrot (*Arracacia xanthorrhiza*)

The physicochemical and pharmaceutical properties of starch obtained from yellow Peruvian parrot (*Arracacia xanthorrhiza*) were investigated. Particle size determinations were done by optical microscopy, showing a log-normal distribution with sizes between 5 and 35 μm ; scanning electron microscopy investigations showed irregular granules; the gelatinization behavior was investigated using differential scanning calorimetry (DSC) and showed a range of temperatures between 49 and 55 °C; the amylose content, was made by a colorimetric method and was near 18%; the moisture sorption pattern revealed the starch of Peruvian parrot as a moderate higroscopy material and pharmaceutical properties showed a low bulkiness, poor flow and a good compressibility behavior.

Key words: Peruvian parrot – Starch – Physicochemical properties.

Introducción

En los últimos años, uno de los enfoques de las investigaciones en estudios de materiales ha

sido la evaluación de la aplicación de posibles materias primas, obtenidas a partir de recursos

Recibido para evaluación: octubre 10 de 2005
Aceptado para publicación: noviembre 10 de 2005

* Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Farmacia, A.A. 25479, Bogotá, Colombia.

*¹ E-mail: ybaena@unal.edu.co

*² E-mail: cemorah@unal.edu.co

naturales, para ser empleadas como excipientes en productos farmacéuticos.

Dentro de este contexto se encuentra el almidón, una de las materias primas de origen natural más utilizadas, puesto que ofrece un amplio rango de beneficios físicos, químicos y organolépticos, aplicables a diferentes clases de productos, así como costos más bajos que las alternativas sintéticas comunes (1). Existen actualmente en el mercado diferentes fuentes comerciales de almidón, entre las que se destacan el maíz, el trigo, el arroz, la tapioca, la papa y el sorgo, siendo el de maíz el más barato y abundante (2). Además de las fuentes tradicionales, anteriormente mencionadas, se tienen fuentes alternativas de almidón menos comunes y estudiadas, como lo es la arracacha, tubérculo ampliamente disponible en varias regiones de Colombia y motivo del presente estudio.

El presente trabajo pretende caracterizar algunas de las propiedades fisicoquímicas del almidón de arracacha, con el objeto de brindar un mayor conocimiento acerca de este material y así disponer de herramientas para evaluar, en trabajos posteriores, su posible aplicación como excipiente en el campo farmacéutico.

Parte experimental

Materiales

El presente estudio fue desarrollado con tres lotes de almidón extraídos de forma independiente de tubérculos de arracacha amarilla (*Arracacia xanthorrhiza*), siguiendo el procedimiento empleado por Rodríguez y Espitia (3) logrando rendimientos del 8 al 12% y humedades comprendidas entre el 7 y el 10%. Los lotes del almidón cumplieron las especificaciones de calidad microbiológica y fisicoquímica exigidas para el almidón de uso tópico, según la USP 27

(4). Los patrones de amilosa y amilopectina empleados fueron adquiridos en Sigma Chemicals y Fluka A.G., respectivamente.

Métodos

Las propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha evaluadas en el presente trabajo incluyen: El tamaño y la distribución de los tamaños de partícula por el método microscópico, evaluando 1000 partículas de cada lote con un microscopio óptico de luz ordinaria (5); la morfología de los gránulos se determinó utilizando microscopio de barrido electrónico FEI Quanta 200, recubriendo la muestra con oro-paladio de acuerdo a la metodología seguida por Caicedo y Córdoba (6); el rango de temperatura de gelatinización por el método de calorimetría diferencial de barrido (DSC) siguiendo el procedimiento empleado por Zuluaga (7); el contenido de amilosa siguiendo el método colorimétrico reportado por Chrastil (8); el comportamiento del material frente a dos ambientes de humedad relativa controlada, logrados en cámaras que contenían soluciones saturadas de sales a una temperatura de $18^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (nitrito de sodio 70.4% \pm 0.5% y sulfato de sodio 98.0% \pm 0.1%); la densidad verdadera utilizando el equipo Micromeritics Accupye 1330; las densidades aparente y apisonada en el equipo Tap Density Vankel Ti-044 trabajando con 500 golpes y 100 mL de muestra; la fluidez por el método estático empleando el equipo Pharma Test D- 63512 Hainburg Tipo PTG ER 1 Serie 9086 con 100 mL de muestra, boquilla de salida de 11 mm y velocidad 15 r.p.m.; y el comportamiento bajo compresión por el método sugerido por Kaplan y Wolf (9) empleando una prensa hidráulica Caever Modelo C y comprimiendo a una tonelada de presión. Para la desintegración de los lingotes se empleó un equipo Vanderkamp.

Adicionalmente, a partir de algunos de los resultados obtenidos y empleando el cálculo matemático correspondiente, se determinaron la porosidad, la superficie específica y las volúmenes aparente y apisonada del material, así como los índices de Hausner y de Carr (10).

Todos los métodos empleados fueron estandarizados en estudios previos y el diseño experimental utilizado garantiza la evaluación de tres lotes de almidón, al igual que la aplicación de criterios de repetibilidad dentro de cada uno de los lotes. Los resultados fueron trabajados estadísticamente aplicando ANOVA lo que permitió establecer, con un nivel de confianza del 95%, la no detección de diferencia estadísticamente significativa entre los lotes. Asimismo, se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk el ajuste de la distribución de tamaños de partícula a la normalidad (3,6).

Resultados y discusión

Tamaño y distribución de tamaño de partícula: El diámetro volumen-superficie (dvs) de las partículas de almidón de arracacha es de $16,38 \mu\text{m}$ y la distribución de tamaños de partícula que se encuentra entre 5 y $35 \mu\text{m}$ (Figura 1), muestra ajuste a la normalidad con respecto al logaritmo de los tamaños. El 50% de las partículas presenta tamaños inferiores a $10,6 \mu\text{m}$ y el 90% menores a $18,4 \mu\text{m}$. Los resultados obtenidos son comparables con los reportados en la literatura (11).

Superficie específica: Empleando la relación matemática reportada por Martin *et al.* (5), se calculó una superficie específica de $2651,28 \text{ cm}^2/\text{g}$ para este almidón, similar a la obtenida para el almidón de maíz ($2632,65 \text{ cm}^2/\text{g}$), evaluada en nuestros laboratorios (3).

Morfología de las partículas: Como se observa en la Figura 2, los gránulos de almidón de

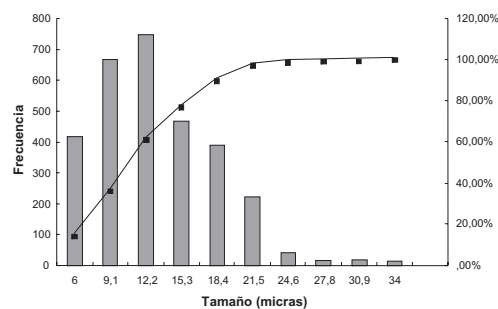


Figura 1. Distribución de tamaño de partícula del almidón de arracacha amarilla.

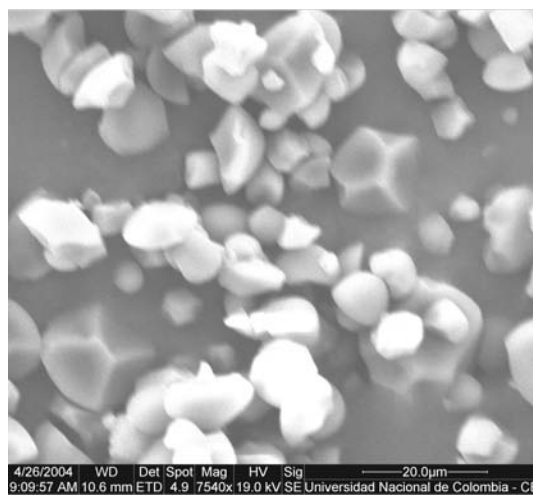


Figura 2. Microfotografías del almidón de arracacha tomadas en el microscopio de barrido electrónico (1000x).

arracacha son irregulares, con superficie estriada y de forma globular y poliédrica.

Temperatura de gelatinización: Los resultados de la temperatura de gelatinización por medio de calorimetría diferencial de barrido (DSC), para tres réplicas se presentan en la Tabla 1, Figura 3.

La temperatura de gelatinización se inicia hacia los 49°C (T_o) y finaliza hacia los 65°C (T_e). El evento endotérmico se observa hacia

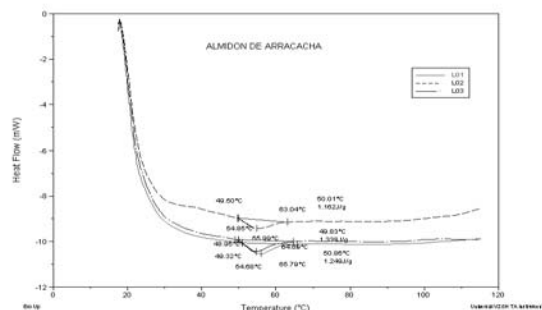


Figura 3. Termograma por DSC para el almidón de arracacha amarilla.

los 55°C (T_p). Estos resultados son coherentes con los rangos de temperatura de gelatinización reportados en la literatura para este almidón (11,12). La temperatura de gelatinización para el almidón de arracacha es menor que el presentado por otros almidones, reflejando una menor estabilidad y energía de red de su estructura cristalina, que se evidencia en la baja entalpía asociada a la gelatinización (13).

Tabla 1. Parámetros de gelatinización para el almidón de arracacha amarilla.

Parámetro	
Temperatura de inicio (T_o) (°C)	49.26 (0.57)
Temperatura del pico (T_p) (°C)	55.17 (1.29)
Temperatura de finalización (T_e) (°C)	64.51 (2.15)
Entalpía de gelatinización (ΔH) (J/g)	2.49 (7.04)

* Valores entre paréntesis Desviación Estándar Relativa correspondiente a tres determinaciones

Contenido de amilosa: La evaluación colorimétrica del contenido de amilosa en el almidón de arracacha, establecida gracias a la afinidad de esta molécula por el yodo, indica un porcentaje de 17.46 ± 0.47%. Comparativamente con lo reportado para otros almidones: 22.7% para cocoyam (13), 25.5% para papa (15), 23.6% para yuca (16), y 22.5% para tacca (17), se considera que éste es un porcentaje bajo y explica

algunas de sus propiedades fisicoquímicas. Una de ellas es su temperatura de gelatinización, en la que se obtuvo un bajo valor en comparación de otros almidones, lo que está estrechamente relacionado a su menor contenido de amilosa (18). Teniendo en cuenta que esta temperatura es dependiente de los puntos de fusión de los componentes del almidón (amilosa y amilopectina principalmente), es lógico pensar que la temperatura de gelatinización se verá influenciada tanto por las proporciones presentes de cada componente como por sus respectivas temperaturas de fusión. Es importante aclarar, que para el caso de la amilosa por ser un material amorfo (19), lo correcto es hablar de un rango de fusión y no de una temperatura puntual (5). Sin embargo, la amilosa puede presentar un mínimo grado de cristalinidad (19), que podría permitir hacer esta aproximación.

Comportamiento frente a la humedad relativa: La Figura 4 ilustra los fenómenos de sorción que presenta el almidón de arracacha al ser expuesto a dos condiciones de humedad relativa. En el ambiente de humedad del 98.0%, el almidón gana un mayor número de moléculas de agua hasta alcanzar el equilibrio (18,32 ± 0.43%) y lo realiza a una mayor velocidad (0.55 g/día) si se le compara con el comportamiento observado para el ambiente del 70.4% (porcentaje de agua ganado: 7.04 ± 0.11%; velocidad de sorción: 0.34 g/día), debido a que a mayor humedad del ambiente, mayor es la presión de vapor (Tabla 1).

Teniendo en cuenta este comportamiento y de acuerdo con la escala de clasificación de higroscopicidad de los materiales reportada por Callahan y Cleary (20) el almidón de arracacha es catalogado como moderadamente higroscópico (clase III).

Densidad, voluminosidad, porosidad y fluidez: De acuerdo con los valores reportados en la Tabla 2 es posible catalogar al almidón de

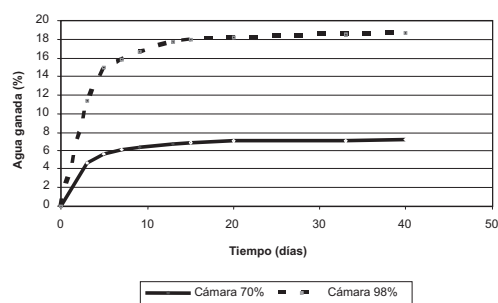


Figura 4. Comportamiento del almidón de arracacha amarilla frente a la humedad.

arracacha como un material de baja voluminosidad, que presenta una porosidad total de 56.7%, comparado con otros materiales evaluados en nuestros laboratorios como el almidón de maíz, que tiene una voluminosidad de 2.25 ± 0.014 mL/g y una porosidad de 70.04% (3). Este comportamiento, es el resultado de la eficiente acomodación de las partículas del almidón de arracacha debido a que el logaritmo de la distribución de tamaños presenta un comportamiento normal.

Los resultados de fluidez, expresados en función del ángulo de reposo, indican que es un material de flujo difícil y tendencia a la cohesividad, lo que se corrobora con los valores de Índice de Carr (flujo pobre) y de Índice de Hausner (flujo regular). El comportamiento observado en esta propiedad, es el resultado de la combinación

de diferentes factores entre los que se destacan el tamaño de partícula, la distribución de tamaños de partícula, la forma irregular, la humedad del almidón, la densidad de las partículas y la cohesividad entre ellas, siendo el efecto de esta última el predominante, lo que se corrobora con la diferencia observada entre los valores de densidad aparente y apisonada.

Comportamiento bajo compresión: Los resultados reportados en la Tabla 3 indican que el almidón de arracacha es un material poco compresible, lo que se explica por su baja voluminosidad. No presenta problemas de laminación, de dificultad de expulsión de los lingotes de las cavidades de las matrices o de adherencia a los punzones y tiene un bajo tiempo de desintegración, lo que le ofrece ventajas respecto a otros materiales empleados en la industria farmacéutica para la elaboración de tabletas.

De acuerdo con los resultados presentados es posible disponer de información acerca de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha amarilla que sirven de base para la evaluación de su posible aplicación como excipiente en las industrias farmacéutica, cosmética y/o alimentaria. Entre ellas tenemos su bajo contenido de amilosa y por ende, alto de amilopectina que le podrían conferir buenas propiedades como agente aglutinante, su reducido tiempo de desintegración refleja una posible capacidad para actuar como

Tabla 2. Algunas propiedades farmacotécnicas del almidón de arracacha amarilla.

Densidad			Porosidad total (%)	Voluminosidad		Ángulo de reposo	Índice de Hausner	Índice de Carr
Aparente (g/mL)	Apisonada (g/mL)	Verdadera (g/mL)		Aparente (mL/g)	Aparente Apisonada (mL/g)			
0.59 (0.43)	0.78 (6.42)	1.38 (0.26)	56.72 (0.33)	1.67 (0.43)	1.29 (7.86)	41.57 (6.88)	1.35	24.00

* Valores entre paréntesis Desviación Estándar Relativa correspondiente a 18 determinaciones para densidad aparente y apisonada, porosidad, voluminosidad aparente y apisonada y ángulo de reposo. Tres determinaciones para densidad verdadera.

Tabla 3. Evaluación del comportamiento bajo compresión del almidón de arracacha.

Parámetro evaluado	Especificación*	Resultado
Peso de lingotes (g)	Peso requerido para llenar una matriz de 12.7 mm de profundidad y 13 mm de diámetro. Cara del punzón plana.	1.37 (0.83)
Relación de volúmenes	Relación del volumen inicial de la matriz y el volumen del material comprimido.	2.6 : 1
Adherencia	Positivo o negativo según se presente o no adherencia a los punzones.	Negativo
Laminación	Positivo o negativo según se presente o no laminación en el material comprimido.	Negativo
Dificultad de expulsión	Clasificada como negativa, ligera [1], moderada [2] o severa [3] dependiendo de la resistencia presentada por parte del material comprimido para ser expulsado de la matriz.	Negativo
Desintegración	Si el comprimido permanece intacto después de 30 minutos se designa como (30+).	4 minutos

* Kaplan y Wolf (9).

desintegrante y su baja voluminosidad y comportamiento de fluidez permite considerarlo como posible diluyente. Este tipo de estudios se continúan en nuestros laboratorios y serán temas de publicaciones futuras.

Agradecimientos

A la División de Investigación de la Sede Bogotá (DIB), por la financiación del presente trabajo. A los Departamentos de Farmacia y de Ingeniería Química y al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos –ICTA– de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, por facilitar los equipos e instalaciones requeridos para el presente estudio.

Bibliografía

1. J. Pasapane, Speciality starches for personal care, *Cosmetics & Toiletries*, **79**, 114, (1999).
2. R.P. Ellis, M.P. Cochrane, M.F.B. Dale, C.M. Duffus, I.M. Morrison, D.M. Prentice, J.S. Swanston y S.A. Tiller, Starch production and industrial use, *J. Sci. Food Agric.*, **77**, 289 (1998).
3. D.A. Rodríguez S. y M. Espitia U, “Evaluación de las propiedades farmacotécnicas del almidón de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y su aplicación como diluyente en la elaboración de formas farmacéuticas sólidas”, Trabajo de Grado, Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, 2002.

4. USP27-NF22, "The United States Pharmacopeia", 25th edition, The United States Pharmacopeial Convention, Rockville, MD, 2001. pp. 2939.
5. A. Martín, P. Bustamante y A.H.C. Chun, "Physical Pharmacy: Physical Chemical Principles in the Pharmaceutical Sciences", 4th edition, Lea & Febiger, Philadelphia, 1993, pp. 35-36 y 426-427.
6. Y.E. Caicedo y Y.E. Córdoba, "Estudio comparativo de la capacidad aglutinante de los almidones de ñame y arracacha", Trabajo de Grado, Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, 2004.
7. M.F. Zuluaga "Evaluación de la aplicación de almidón obtenido a partir de ñame (*Dioscorea Rotundata*), en el sector farmacéutico, cosmético o alimentario", Tesis de Maestría, Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, 2005.
8. J. Chrastil, Improved colorimetric determination of amylose in starches or flours, *Carbohydrate Research*, **159**, 154 (1987).
9. L. Kaplan y E. Wolff, Compression characteristics in tableting, *Drug and Cosmetic Industry*, **88**, 594 (1961).
10. J. Wells. En: "Pharmaceutics. The Science of Dosage Form Design", Ed. por M.E. Aulton, Churchill Livingstone, London, 2002, pp. 134-136.
11. S. Santacruz, K. Koch, E. Svensson, J. Ruales y A.C. Eliasson, Three underutilised sources of starch from the andean region in Ecuador. Part I. Physico-chemical characterization, *Carbohydrate Polymers*, **49**, 63 (2002).
12. E. Pérez, W. Breene y Y. Bahnassey, Gelatinization profiles of peruvian carrot, cocoyam and potato starches as measured with the brabender viscoamylograph, rapid visco analyzer, and differential scanning calorimeter, *Starch/Stärke*, **50**, 14 (1998).
13. S.N. Moothy, Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A review. *Starch*, **54**, 559 (2002).
14. O.S. Lawal, Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidised, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*), *Starch Food Chemistry*, **87**, 205 (2004).
15. R. Hoover y D. Hadziyev, Characterisation of potato starch and its monoglyceride complexes, *Starch/Stärke*, **33**, 290 (1981).
16. I. Defloor, I. Dehing y J. Delcour, Physicochemical properties of cassava starch, *Starch/Stärke*, **50**, 58 (1998).
17. O.O. Kunle, Y.E. Ibrahim, M.O. Emeje, S. Shaba, y Y. Kunle, Extraction, physicochemical and compaction properties of tacca starch – a potential pharmaceutical excipient, *Starch/Stärke*, **55**, 319 (2003).
18. S. Varavinit, S. Shobsngob, W. Varanyanon, P. Chinachoti y O. Naivikul, Effect of content on geletanization, retrogradation and pasting properties of flours from different cultivars of Thai Rice, *Starch/Stärke*, **55**, 410 (2003).
19. R.F. Tester, J. Karkalas y X. Qi, Starch - Composition, fine structure and architecture, *Journal of Cereal Science*, **39**, 151 (2004).
20. J.C. Callahan, G.W. Cleary et al. Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, **8**, 355 (1982).