

## Evaluación de la yuca como materia prima no convencional para la industria alimentaria

Violeta T. Pardio Sedas<sup>1</sup> y Krzysztof N. Waliszewski Kubiak<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Se describe brevemente la composición química promedio de la yuca cultivada en diversas regiones de México, siendo el componente más importante el almidón, que permite el aprovechamiento de un recurso natural como materia prima no convencional para la industria alimentaria en la elaboración de productos tales como, dextrinas, jarabes glucosados y fructosados. Como ingrediente, el almidón de yuca se utiliza en la producción de alimentos para bebés, embutidos, salsas y mayonesas. Los almidones modificados se emplean principalmente en panadería en la producción de pies, rellenos y productos congelados, ya que por sus características físico-químicas imparten estabilidad y proporcionan un producto final que se mantiene fresco y de excelente textura.

**SUMMARY.** Cassava evaluation as a no conventional resource for food industry. Mean results of the chemical composition of cassava cultivated in the different regions of Mexico are presented and the most important ingredient is starch which permits that this natural resource is employed as a no-conventional ingredient in food industry, for dextrins, glucose and fructose syrups production. Cassava starch is used for baby foods, salsa and mayonnaise manufacture. Because of its physico-chemical properties, modified starches are employed in bakery for pies, refills and frozen foodstuffs production and have been considered as stabilizers, yielding a final product which is maintained fresh and of excellent texture.

### INTRODUCCION

A pesar de aún permanecer olvidada por científicos y políticos de nuestro país, la yuca (*Manihot esculenta*) ocupa, de acuerdo a los datos proporcionados por la FAO, el cuarto lugar en producción de alimentos en los países en vías de desarrollo, después del arroz, el trigo y el maíz. Representa el alimento básico para 500 millones de personas en el mundo, suministrando el 50% de sus necesidades energéticas, según Okezie y Kosikowski (1).

De Brujin y Fresco (2), señalan que las principales ventajas del cultivo de la yuca que han motivado el interés en su estudio son las siguientes:

1. Se cultiva en tierras poco fértiles y con poca precipitación pluvial como última alternativa en el ciclo de cultivos.
2. Presenta uno de los mayores rendimientos en materia seca por hectárea por año en comparación con otros cultivos tradicionales.

3. Requiere un mínimo de fuerza laboral para su cultivo.
4. El costo de la producción de una unidad de energía metabolizable es uno de los más bajos.

Al mismo tiempo, la yuca presenta características físico-químicas y nutricionales que la convierten en una materia prima no convencional de gran importancia para la industria alimentaria. Los valores que se presentan a continuación han sido obtenidos a través de los estudios realizados por los autores y que han originado la línea de investigación para el aprovechamiento industrial de este recurso.

### COMPOSICION QUIMICA DE LA YUCA

*Contenido de humedad y técnicas de almacenamiento.* En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de 24 estudios realizados por Waliszewski y Pardío (3) en la yuca cultivada en diversas regiones del país. Como se puede apreciar, la yuca se caracteriza por un elevado contenido de humedad que oscila de 58 hasta 68%, lo cual trae como consecuencia la rápida descomposición del tubérculo durante su almacenamiento, de ahí que el período entre la cosecha y su industrialización deba ser de un máximo de cuatro días. La prolongación de la vida

1 Laboratorio de Control de Agua y Alimentos. Dirección General de Salud Ambiental. Secretaría de Salud. Veracruz.

2 Centro de Graduados. Instituto Tecnológico de Veracruz

de anaquel se puede lograr mediante la aplicación de diversas técnicas de almacenamiento, tales como el uso de bolsas de polietileno aplicando al tubérculo micostáticos en forma de asperción, o bien, la técnica del encerado. Otra técnica consiste en el enterramiento de la raíz en el suelo cubierta con tierra de humedad controlada de 60-70%. Algunos métodos están enfocados a la congelación o al enfriamiento mencionados por Balgopalan et al., Rickard y Coursey y por Wheatly (3,4,5). Sin embargo, ninguna de éstas reúnen las características de bajo costo y alta eficiencia, por lo que la única solución viable consiste en la deshidratación de la raíz para lograr su estabilidad en el almacenamiento hasta su industrialización final. Para ello se debe disminuir el contenido de humedad por debajo de 13% mediante la aplicación de diversos métodos convencionales de secado, tales como el secado solar en el suelo de rebanadas de yuca, el secado solar en charolas, el secado industrial en forma de pellet, el cual es posteriormente molido para obtener la harina de yuca como se describe en Balagopalan et al., Wheatly Chávez et al. y por McFarlane (4,6,7,8).

TABLA 1  
COMPOSICION QUIMICA DE LA RAIZ FRESCA,  
LA HARINA INTEGRAL Y LA HARINA SIN CASCA-  
RA (g/ 100g)

Compuesto	A	B	C
Materia seca	36.4±4.2	88.9±0.9	89.1±0.8
Almidón	29.0±3.0	72.1±5.1	77.5±5.0
Glucosa	0.6±0.02	1.2±0.05	1.3±0.05
Cenizas	2.5±0.6	5.8±1.3	3.9±0.7
Proteína Total	1.1±0.1	2.6±0.2	2.3±0.1
Fibra total	2.2±0.1	4.9±0.3	1.7±0.1
Lípidos	1.0±0.05	2.3±0.1	2.4±0.1

- A Yuca fresca  
B Harina de yuca integral  
C Harina de yuca sin cáscara

*Almidones.* Por lo que respecta a los sólidos, su principal componente es el almidón que representa el 87% del total. En la Tabla 2 se presentan los valores comparativos de las propiedades físico-químicas del almidón de la yuca comparadas con las de otros cereales y tubérculos (4,9,10). El contenido de la fracción de amilosa varía de 16 a 18% indicando que se encuentra en forma no-cristalina, mientras que la amilopectina varía entre 82 a 84%. Los almidones de la yuca se gelatinizan a temperaturas que oscilan entre 60-70° C; estos límites de gelatinización del almidón de la yuca, comparados con los observados en otros cultivos, se ubican entre los de la papa y el maíz. El elevado contenido de almidón de la yuca le confiere un alto valor industrial, ya que se facilita el proceso de purificación del mismo debido al bajo contenido de otros

nutrimentos. Según Gevaudan et al (11), esto permite obtención de un almidón de características óptimas en color y de bajo costo.

TABLA 2  
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE ALGUNOS  
ALMIDONES

Propiedad	Yuca	Trigo	Maíz	Papa	Arroz
Amilosa (%)	16-18	26	28	23	18
Amilopectina (%)	82-84	74	72	77	82
Temp. de gelatinización (°C)	60-70	53-65	62-70	58-66	61-78
Fuerza de expansión	21	21	24	20	19
Peso molecular (g/mol)	215000	130000	276000	210000	325000
Diam. del granulo (µm)	6-36	2-38	21-96	15-100	3-9

*Fracción proteica.* La fracción proteica de la yuca se caracteriza por el contenido de casi todos los aminoácidos esenciales en una proporción adecuada, siendo su limitante su bajo porcentaje de metionina. La adición de metionina sintética o proteínas ricas en este aminoácido, ayudan a elevar el valor nutricional de la proteína de yuca (12). La pequeña cantidad de proteína presente en la yuca limita su uso en la alimentación humana y animal, por lo que es indispensable su suplementación con otros recursos ricos en proteína, como lo señalan Montaldo y Stevenson y Jackson (13,14). En algunos países de América Latina, se ha intentado mejorar el valor nutricional de la yuca mediante la producción de harinas compuestas de yuca con harinas de oleaginosas, leguminosas y nueces molidas, que han sido utilizadas a su vez en la elaboración de productos como panes, galletas, pastas y bebidas, balanceados para proporcionar hasta un 15% de proteína en su formulación. Solamente pocos investigadores han estudiado las propiedades físico-químicas del almidón y harina de la yuca en relación a su calidad panificadora, observándose que el almidón de la yuca gelatiniza en proporción superior al almidón de trigo en el pan e imparte una mejor estructura a la migaja (15,16,17).

*Otros nutrimentos.* Lamentablemente hasta hoy se sabe poco sobre las características químicas de la grasa y de la fibra contenidas en la yuca. La fracción mineral es baja, siendo sus principales componente el K, Ca, Mg y P de acuerdo con lo publicado por Bradbury y Holloway (18).

*Componentes antinutricios.* La yuca se caracteriza por la presencia de ciertos componentes antinutricionales, entre los cuales los más importantes son dos glicósidos: linamarina y lotustralina (4,19,20). Estos compuestos se encuentran distribuidos en toda la planta incluyendo la raíz y su concentración puede variar de 15 a 400 ppm expresados como ácido cianhídrico (HCN) por kilogramo de materia fresca. El sabor

característico de estos glicósidos es amargo, por lo que a veces se clasifica a la raíz como dulce o amarga dependiendo del contenido de los mismos; aunque cabe mencionar que dicha clasificación es arbitraria, ya que existen otros compuestos que también influyen en el sabor final del tubérculo. Estos glicósidos son degradados por las enzimas linamarasas presentes en la misma planta cuando las raíces y las hojas son preparadas para su consumo (21) o por tratamiento térmico generando ácido cianhídrico. Debido a la toxicidad de este último para la salud, es indispensable detoxificar a la yuca antes de consumirla, lo cual se puede lograr mediante el calentamiento, ya que el punto de ebullición del ácido es de 21°C. La eliminación de los glicósidos se puede lograr también mediante el secado, el remojo en agua por 24-48 horas que permite la hidrólisis de casi la totalidad de estos compuestos y por la ebullición en agua durante 10-15 minutos de acuerdo con Balagopalan et al., Kay y con Wood (4,20,22).

#### PERSPECTIVAS DE USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

En la gran mayoría de los países productores la yuca se consume en forma fresca. La industrialización está enfocada al secado o a la producción de almidón. Debido a que el tubérculo se caracteriza por una baja cantidad de proteína y de aminoácidos libres, lo cual es muy favorable para su procesamiento, se facilita la extracción del almidón con agua y permite obtener un producto de alta pureza y con un color muy blanco, según De Brujin y Fresco y Cock (2,23).

El almidón se considera como ingrediente principal de los alimentos y responsable especialmente de la textura del producto final. Comparando con los almidones provenientes de otros recursos, el almidón de la yuca se caracteriza por presentar una textura cohesiva muy extensa, con alta transparencia, buena estabilidad y con un costo bajo y competitivo (24). La temperatura de gelatinización del almidón de yuca, próxima a la del maíz, corresponde a una viscosidad tal que éste puede ser aprovechado como espesante en productos como sopas cremosas, salsas, rellenos para pie y pudines. Los principales países productores del almidón de yuca, tales como Tailandia, Brasil e Indonesia, no lo procesan para obtener sus derivados, sino únicamente realizan un tratamiento térmico suave para pregelatinizar el almidón, aglomerarlo y obtener el producto en forma de perlas o de pellet (2).

Existen diferentes técnicas de modificación química del almidón que pueden ser aplicadas en el almidón de la yuca y que permiten obtener un producto de propiedades más específicas y con un valor agregado. En la forma pregelatinizada, el almidón de la yuca se utiliza en la elaboración de alimentos para bebés y que ha sido comercializado por Gerber®, como ingrediente en la producción de algunos embutidos, así como aglutinante de las proteínas de la leche y en alimentos extruidos y pastas (1,4). También se puede emplear en la elaboración de algunos refrescos como estabilizante de compuestos suspen-

didos, en la producción de azúcar glass para panadería y para algunas salsas muy espesas. El alimento más popular basado en el almidón pregelatinizado de yuca es «Instant Pudding», por lo que la reconocida marca de postres Minute Rice® de la Kraft General Food Corporation lo emplea con este propósito.

De acuerdo con Bagalopan et al. y Cock (4,23), la modificación del almidón de yuca permite la obtención de diversos productos:

1. Almidón tratado con ácidos, en el cual se disminuye la viscosidad pero aumenta la fuerza del gel y la transparencia de suspensión en agua. Este almidón tiene un uso extenso en la confección y la producción de pasteles.
2. Almidón oxidado con solución alcalina de hipoclorito, el producto final tiene poca fuerza como gelatinizante pero es mucho más transparente. Este tipo de almidón tiene aplicación principalmente en la producción de dulces transparentes y es empleado en los postres de la marca Jello®, así como ingrediente para cubrir superficies de algunos alimentos, como los empanizados.
3. Los almidones pueden ser modificados mediante enlaces de entrecruzamiento, obteniéndose un producto muy transparente y resistente al ácido. Su principal uso se encuentra en la industria panadera en la producción de pies, rellenos y salsa ayudando en la estabilidad final del producto.
4. Los almidones pueden ser modificados también por acetilación o por hidroxiacetilación, aumentando de esta manera su transparencia y la estabilidad en temperaturas muy bajas. Esto se utiliza en panadería en productos congelados como pies y pizzas.
5. Los almidones pueden ser modificados mediante la introducción de grupos iónicos, principalmente los fosfatos. Los ésteres fosfóricos del almidón de yuca son muy estables e inhiben el proceso de la retrogradación del almidón, ofreciendo de esta manera un producto final más fresco y con buena textura. Estos ésteres son también excelentes emulsificantes del aceite en agua, por lo que son utilizados principalmente en la elaboración de mayonesas.

El almidón de yuca se considera como una materia prima muy importante en la elaboración de varios productos de degradación del almidón, como dextrinas de pesos moleculares diferentes y jarabes glucosados o fructosados. El empleo de las amilasas bacterianas termoestables permite controlar el proceso con mucha mayor velocidad y obtener un producto final con las características deseadas. De acuerdo a la experiencia, se puede recomendar el uso de las enzimas de la compañía Solvay Enzyme Inc. (anteriormente Miles) y con un incremento gradual de la temperatura se pueden establecer las condiciones de hidrólisis de hasta 33% del almidón en un reactor y con una eficiencia del 92% de rendimiento de glucosa, aumentándose el rendimiento global del proceso

(25). El constante aumento en la producción y demanda de jarabes con alto contenido de fructosa en base del almidón de maíz, representa para los productores de yuca una gran oportunidad para emplear este tubérculo en la producción del jarabe. Actualmente las pruebas no han pasado del nivel de laboratorio, pero los resultados indican las ventajas que presenta la yuca sobre el maíz en este tipo de proceso. El almidón de yuca en forma integral o purificada tiene una gran potencialidad en la obtención de diferentes productos por vía fermentativa, tales como alcohol etílico, ácido láctico, acetona y butanol, así como las biomásas de hongos y levaduras para propósitos de alimentación humana y animal.

#### REFERENCIAS

1. Okezie B.O. & F.B. Kosikowski. Cassava as a Food. CRC Critical Reviews in Food Science and Technology. 17:259-275. 1983.
2. De Brujin G.H. & L.O. Fresco. The importance of cassava in world food production. Netherland Journal of Agricultural Science. 37:21-34. 1989.
3. Waliszewski K.N. & V.T. Pardío. El uso de la yuca en la alimentación animal. Tecnología Aviepecuaria en Latinoamérica. 4(45):10-12. 1991.
4. Balagopalan C., G. Padnam, S.K. Nanda & S.N. Moorthy. Cassava in food, feeds and industry. CRC Press Inc., p.113. Boca Raton Florida, USA. 1988.
5. Rickard J.E. & D.G. Coursey. Cassava storage. I. Storage of fresh cassava roots. Trop. Sci. 23:1-9. 1981.
6. Wheatly C.C. Storage of cassava roots for human consumption. En: Cassava: Research, Production and Utilization. UNDP and CIAT Publication. Colombia, p. 673. 1985.
7. Chávez C., K. Waliszewski & M.A. García. Utilization of a High Order Kinetic Model for Modeling Drying Rate in Cassava. Program & Abstracts. 1990 Institute of Food Technologists Annual Meeting. Anaheim, California, USA. 1990.
8. McFarlane J.A. Cassava storage. II Storage of dried cassava products. Trop Sci. 24:205-209. 1982.
9. Belitz H.D. & W. Grosch. Food Chemistry. Springer Verlag, p. 245. Berlín . 1987.
10. Eggleston G., P.E. Omoaka & A.U. Arowshegbe. Flour, starch and composite breadmaking quality of various cassava clones. Journal of the Science of Food and Agriculture. 62:49-59. 1993.
11. Gevaudan A., G. Chuzel, S. Didier & J. Andrieu. Physical properties of cassava mash. International Journal of Food Science and Technology. 24:637-645. 1989.
12. Dutra de Oliveira J.E. & E.B.Z. de Menezes Salata. Methionine-fortified manioc flour to combat protein malnutrition. Nutrition Reports International. 3:291-294. 1971.
13. Montaldo A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. En: cassava as Animal Feed, Proc. Workshop. Nestel B. and Graham M. (Eds) University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, p.95-106. 1977.
14. Stevenson M.H. & N. Jackson. The nutritional value of dried cassava root meal in broiler diets. Journal of the Science of Food and Agriculture. 34:1361-1365. 1983.
15. João W. da S.J., L.G. Elías & R. Bressani. Efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el consumo de dietas a base de tubérculos y leguminosas. Arch Latinoamer Nut. 30(2):187-199. 1980.
16. João W. da S.J., L.G. Elías & R. Bressani. Valor nutritivo de dietas elaboradas a base de tubérculos y leguminosas consumidas en tres proporciones diferentes. Arch Latinoamer Nutr. 34(2):315-320. 1984.
17. Pérez F. & P. Valle Vega. Elaboración de una fritura usando como base harina de yuca. memorias del XVII Congreso nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. México, D.F. 1986.
18. Bradbury J.H. & W.D. Holloway. Chemistry of Tropical Root Crops: Significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Australian Centre for international Agricultural Research p. 76. Canberra, Australia. 1988.
19. Bourdoux P., M. Mafuta, a. Janson & A.M. Ermans. I Cassava toxicity: the role of linamarin. En: Role of cassava in the Etiology of Endemic Goitre and Cretinism, Ermna A.M., Mbulamoko N.M., Delange F., and Ahluwalia R. (Eds) IDRC-136e, p.1. Ottawa, Ontario, Canada. 1980.
20. Kay D.E. Root Crops. Tropical Development and Research Institute. p. 30. London, England. 1987.
21. Jackson F.L.C., R.T. Jackson, B.O. Delumen, F.K. Sio, L. Dinkins and A.F.H. Muhammad, Cassava (*Manihot esculenta*) in Liberia: history, geography, traditional processing and cyanogenic glycoside levels. Ecology of Food and Nutrition, 28:227-242. 1992.
22. Wood T. The isolation, properties and enzymic breakdown of linamarin from cassava. Journal of the Science of Food and Agriculture. 17:85-91. 1966.
23. Cook J.H. Cassava. New Potential for a Neglected Crop. Westview Press. p.47. Boulder, Colorado, USA. 1985.
24. Leach M.W. Gelatinization of starch. En: Starch Chemistry and Technology. vol. I. Whistler R.L. and Paschall E.F (Eds) Academic Press, p.293. New York, USA. 1965.
25. Waliszewski, K.N., M.A. García & J. De la Cruz. Kinetics of enzymic hidrolisis of cassava flour starch-optimization and modeling. Interntional Journal of Food Science and Technology 27:465-472. 1992.

Recibido: 22-04-1993

Aceptado: 16-11-1993