

CONTENIDO DE ALMIDÓN RESISTENTE EN ALIMENTOS CONSUMIDOS EN EL SURESTE DE MÉXICO.

RESISTANT STARCH IN FOODS CONSUMED IN SOUTHEASTERN MEXICO.

Román Jiménez Vera, Nicolás González Cortés, Arturo Magaña Contreras y Alma Irene Corona Cruz.¹

Fecha de recepción 13 de enero de 2011

Fecha de aceptación 14 de julio de 2011

RESUMEN

El almidón resistente (AR) ha adquirido gran importancia en nutrición ya que se ha relacionado con la reducción del índice glicémico y prevención de algunas enfermedades. En el sureste de México se consumen alimentos con alto contenido de almidón, sin embargo, no se conoce la concentración del AR. Este trabajo se desarrolló para cuantificar la concentración de AR en almidón de frutas, leguminosas y tubérculos consumidos en el sureste de México. La cuantificación de almidón total y resistente se realizó empleando métodos enzimáticos. El almidón de plátano cuadrado presentó la mayor concentración de AR (55.08%) seguido por el almidón de plátano macho (49.98%). En las leguminosas y el makal la concentración fue alrededor de 20%, en el mango, 0.69% y en la yuca, no detectable. El plátano verde, las leguminosas y el makal son fuentes abundantes de almidón resistente que pueden ser incluidas en la dieta diaria para contribuir a mejorar la salud de la población del sureste de México.

Palabras clave: AR, plátano macho, frijol, índice glicémico, tubérculos.

ABSTRACT

The resistant starch (RS) has become very important in nutrition because it has been associated with the reduction of the glycemic index and the prevention of some diseases. High-concentrated starch food is consumed in the Southeastern Mexico, however, the concentration of RS is not known. This work was developed to quantify the concentration of RS in starch of fruits, legumes and tubers consumed in the Southeastern Mexico. The quantification of total and resistant starch was carried out using enzymatic methods. The square banana starch had the highest concentration of RS (55.08%) followed by the plantain starch (49.98%). In legumes and makal the concentration was about 20%, in mango, 0.69% and in cassava, it was not detectable. Plantain, legumes and makal are abundant sources of resistant starch that can be included in the daily diet to improve the health of the population of southeastern Mexico.

Key words: RS, plantain, beans, glycemic index, root crops.

¹División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Tenosique-Estapilla, km 1, Col. Solidaridad, C.P. 86901. Tel: (934) 3422110 y 3421410.

INTRODUCCION

Desde el punto de vista nutricional el almidón es una fuente de carbohidratos de alto valor energético, sin embargo, una parte del almidón ingerido es resistente a la digestión, por lo que se conoce como almidón resistente (AR) (Langkilde *et al.*, 2002). El AR ha adquirido gran importancia en la nutrición ya que se le ha relacionado con la reducción en el consumo de calorías y el índice glicémico, estimulación de la microflora intestinal benéfica y prevención de algunas enfermedades cardiovasculares (Lehman *et al.*, 2002). El almidón resistente se clasifica en cuatro fracciones: el almidón resistente tipo 1 (AR₁), se refiere al almidón físicamente inaccesible; el almidón resistente tipo 2 (AR₂), son los gránulos nativos que no han sido sometidos al proceso de cocción; el almidón resistente tipo 3 (AR₃), es el almidón retrogradado que se forma en los alimentos que han sido cocinados y almacenados y; el almidón resistente tipo 4 (AR₄), es el almidón elaborado por métodos químicos (Sajilata *et al.*, 2006).

El almidón resistente se encuentra de forma natural en frutas (Lehman *et al.*, 2002; Bello-Pérez *et al.*, 2006), leguminosas (Vargas-Torres *et al.*, 2006) y tubérculos (Lösel y Claus, 2005). En su estado natural, el almidón está organizado en partículas conocidas como gránulos cuya morfología, composición química y estructura son características de cada especie; estos gránulos de almidón nativo son altamente resistentes a la digestión (Thompson, 2000). Entre las propiedades con mayor influencia en la presencia de AR en los gránulos de almidón se encuentra el tamaño y forma del gránulo (Freitas y Tava-

res, 2005) y la cantidad de amilosa (Magalhães *et al.*, 2005).

El almidón es una mezcla de amilosa y amilopectina, cuya proporción determina sus propiedades fisicoquímicas, como la formación de AR por retrogradación, lo que determina su potencialidad de aprovechamiento en ciertos procesos industriales (Torres *et al.*, 2005; Bello-Pérez *et al.*, 2006).

En el sureste de México se consumen algunas frutas como el mango y el plátano verdes en estado preclimaterico, frutos con la cáscara totalmente verde, con textura rígida y actividad metabólica baja (Barrera *et al.*, 2010). Se ha encontrado que en este estado de madurez presentan cantidades apreciables de almidón. De igual manera el consumo de leguminosas como el frijol ib (*Phaseolus lunatus* L.) (Novelo-Cen y Betancur-Ancona, 2005; Marrugo *et al.*, 2012) y el x'pelón (*Vigna unguiculata* L. Walp) (Delgado *et al.*, 2010; García *et al.*, 2010) son fuentes amiláceas importantes en la región, así como los tubérculos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz; Novelo-Cen y Betancur-Ancona, 2005; Martínez-Bustos *et al.*, 2005; Hernández-Medina *et al.*, 2008) y makal (*Xanthosoma yucatanensis* Standl) (Hernández-Medina *et al.*, 2008). Sin embargo, se desconoce la cantidad de almidón resistente que estas fuentes pueden aportar a la alimentación. Por lo anterior este trabajo se desarrolló para cuantificar la concentración de almidón resistente en almidones de frutas, leguminosas y tubérculos cultivados en el sureste de México.

MATERIALES Y METODOS

Fuentes de almidón.

Se utilizaron frutos verdes de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla), plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) y mango mangloba (*Mangifera indica* L.) en estado preclimático (Barrera *et al.*, 2010), colectados en plantaciones localizadas en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, en Tenosique, Tabasco. Las leguminosas fueron frijol x'pelón (*Vigna unguiculata* L. Walp) y frijol ib o de leche (*Phaseolus lunatus* L.). Los granos secos de frijol x'pelón se obtuvieron de plantaciones de traspatio del municipio de Kanasín, del estado de Yucatán y los de frijol ib del municipio de Calkiní, Campeche. Los tubérculos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fueron cosechados en Tenosique, Tabasco, mientras que el makal (*Xanthosoma yucatanensis* Standl) se obtuvo de plantaciones de Kanasín, Yucatán.

Elaboración de harinas.

Se elaboró harina de plátano, mango, yuca (Vieria *et al.*, 2000), se eliminó la cáscara y se cortó en cubos de aproximadamente 5 mm por lado. Se secó en estufa a 55°C durante 24 h, se trituró en molino (Ciclotek®) y tamizó en malla 80 (0.177 mm). Para las leguminosas, los granos previamente seleccionados fueron molidos hasta obtener harina.

Extracción de almidón.

Para la extracción de almidón en frutas y tubérculos (De la Torre-Gutiérrez *et al.*, 2007) se utilizó una solución de bisulfito de sodio (Sigma) al 1% en relación 10:1 con la harina. Se agitó durante una hora con agitador magnético a 400 rpm. Se tamizó en malla 80 y malla 100 (0.147 mm). El producto tamiza-

do se mantuvo en reposo durante una hora y se eliminó el sobrenadante por sifoneo. Se realizaron tres lavados a relación 1:3 con agua destilada y se secó a 55° C durante 24 h, se molió y se tamizó en malla 80. Para las leguminosas (Betancur-Ancona *et al.*, 2001) la harina se suspendió en agua en una relación de 1:6 (p v⁻¹), se ajustó el pH a 11 con NaOH 1N y se agitó durante una hora a 400 rpm. La harina fue molida en un molino de discos dos veces. Se tamizó en malla 80 y 100, se realizaron tres lavados y se tamizó nuevamente por las mallas 80 y 100. El almidón se lavó tres veces con agua destilada (1:4) y se secó a 55° C durante 24 h.

Cuantificación de almidón.

La cantidad de almidón total se determinó siguiendo la metodología enzimática (Goñi *et al.* 1997), que consistió en la hidrólisis total de la molécula, después de una dispersión en hidróxido de potasio (KOH). El almidón resistente fue obtenido por un método enzimático (Goñi *et al.* 1996), que determina la cantidad de almidón indigerible (el cual comprende parte de AR₁ más el AR₂ y AR₃).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los almidones aislados de plátanos presentaron el mayor contenido de AR y de almidón total obtenido en frutas, leguminosas y tubérculos; el plátano cuadrado presentó la mayor concentración, seguido por el almidón de plátano macho. (Cuadro 1). Sin embargo, estos valores representan concentraciones intermedias ya que en plátano se han reportado concentraciones desde 19.05% hasta 84.61% en Musa AAA-

Nanicão, 84.81% en *Musa AAB-Terra* y 95% en *Musa acuminata* var. nandigobe (Lehman *et al.*, 2002; Freitas y Tavares 2005; Bello-Pérez *et al.*, 2006). El plátano cuadrado es una fuente importante de almidón, ya que entre el 70 y 80% del fruto es almidón, del cual el 55% es almidón resistente. El almidón de plátano es una fuente natural de almidón resistente distribuido ampliamente en el sureste mexicano. Se ha reportado que para obtener concentraciones similares de almidón resistente a las encontradas en plátano se ha recurrido a la mutación genética, mientras que en el plátano el AR se encuentra de forma natural (De la Torre-Gutiérrez *et al.*, 2007; Pacheco-Delahaye y Testa, 2005). El contenido de AR en los alimentos, así como la velocidad y el nivel de digestión del almidón, tienen un efecto positivo en la salud. La fuente botánica de la cual proceden es uno de los factores que influyen en la concentración de AR (Parada y Rosowski, 2008).

En las leguminosas y el makal, la concentración de almidón resistente estuvo alrededor del 20%. Aunque el contenido fue menor que en el almidón de plátano, al compa-

rar con otras fuentes amiláceas como el maíz, cuyo contenido de AR es de 1.1-2.9% (Méndez-Montealvo *et al.*, 2005), se puede apreciar que también las leguminosas y el makal son fuentes importantes de AR. En frijol x'pelón maduro se han reportado concentraciones de almidón resistente de 12.90 ± 0.85 y en verde, de $13.71 \pm 0.007\%$, lo que indica que en esta leguminosa la variación por el estado de madurez no es significativa (Salgado *et al.*, 2005). Empleando hidrólisis ácida parcial, se ha logrado aumentar la cantidad de almidón resistente en tubérculos, como el camote, en un rango de 5.4-22.7% (Shing *et al.*, 2004).

Las fuentes con menor cantidad de almidón resistente fueron el mango y la yuca. Estos resultados coinciden con los reportados para el mango, donde se obtuvo una concentración de AR de 2.7% (Bello-Pérez *et al.*, 2006). La ausencia de AR en yuca se relaciona con las concentraciones de fibra dietética reportadas para este almidón, ya que el almidón resistente contribuye a la concentración final de fibra dietética (García *et al.*, 2008). Se han reportado va-

Cuadro 1. Contenido de almidón total y resistente en variedades de frutas, leguminosas y tubérculos del sureste de México.

Fuente amilácea	Almidón total (%)	Almidón resistente (%)
Plátano cuadrado	94.48 \pm 0.95	55.08 \pm 0.63
Plátano macho	96.92 \pm 1.79	49.98 \pm 1.15
Mango mangloba	94.68 \pm 1.51	0.69 \pm 0.41
Frijol x'pelón	98.05 \pm 1.41	20.09 \pm 0.89
Frijol ib	97.00 \pm 0.33	23.95 \pm 1.20
Makal	96.72 \pm 0.72	24.31 \pm 0.14
Yuca	94.64 \pm 0.96	0

lores entre cero y 1.7% de fibra dietética total (Granito *et al.*, 2003; Blanco-Meltzer *et al.*, 2004; Novelo-Cen y Betancur-Ancona, 2005). Estos valores muestran que la yuca no es una fuente importante de almidón resistente y que sus usos deben orientarse hacia la elaboración de alimentos altamente digeribles.

En cuanto a los gránulos, se ha reportado que los de forma esférica presentan mayor resistencia a la digestión que los de forma poliédrica (Freitas y Tavares, 2005). Se encontró que en el caso del almidón de plátanos y mango, aunque la forma de los gránulos es similar, el tamaño correlacionó de manera directa con la concentración de almidón resistente; en almidón de plátanos donde el tamaño de los gránulos fue mayor, se obtuvo una mayor concentración de almidón resistente, mientras que en el mango, la cantidad de AR fue mínima (Cuadro 2). En el almidón de yuca, donde no se obtuvo almidón resistente, el rango fue de 8-17 μm y la forma de semicírculo interrumpido, lo que confirma

que a menor tamaño y forma irregular, menor cantidad de almidón resistente.

Finalmente, el contenido de amilosa es importante para la producción de AR (Cuadro 3), ya que los almidones con un alto contenido poseen mayor capacidad de retrogradación, y por tanto, mayor potencial de formar AR (Bello-Pérez *et al.*, 2006).

El almidón con mayor contenido de amilosa fue el de mango; sin embargo, se obtuvo una baja concentración de almidón resistente. Este resultado se explica debido a que el contenido de amilosa está relacionado con la presencia de AR₃, almidón retrogradado que se forma después de un tratamiento térmico (Blanco-Meltzer 2004). Cuanto más bajo es el porcentaje de amilosa, el almidón gelatinizado es más estable y resistente a la pérdida de agua por retrogradación, es decir la reorganización de la amilosa y amilopectina en una estructura cristalina, lo que origina una baja formación de AR (Torres *et al.*, 2005).

Cuadro 2. Forma y tamaño de los gránulos de almidón nativo en diversas fuentes.

Fuente amilácea	Forma	Promedio (μm)	Intervalo (μm)	Referencias
Plátano cuadrado	Oval, alargada	24.61	8-68	De la Torre-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007
Plátano macho	Oval, alargada	NR	20-50	Bello-Pérez <i>et al.</i> , 2000
Mango	Oval, alargada	15.80	6.5-20.7	Kaur <i>et al.</i> , 2004
Frijol x'pelón	Oval, lisa	17.90	11.8-26.7	Betancur <i>et al.</i> , 2001; Salgado <i>et al.</i> , 2005
Frijol ib	Oval, esférica	23.60	12-45	Betancur <i>et al.</i> , 2001
Makal	Esférica	12.4	8-20	Torruco-Uco <i>et al.</i> , 2004
Yuca	Semiesfera	NR	8-17	González y Pérez, 2003

NR = No reportado.

Cuadro 1. Contenido de almidón total y resistente en variedades de frutas, leguminosas y tubérculos del sureste de México.

Fuente amilácea	Amilosa (%)	Referencias
Plátano cuadrado	22.16	De la Torre-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007
Plátano macho	34.9	González-Soto <i>et al.</i> , 2006.
Mango	37.1	González-Soto <i>et al.</i> , 2006
Frijol x'pelón	32.7	Betancur <i>et al.</i> , 2001
Frijol ib	32.4	Novelo-Cen y Betancur-Ancona, 2005
Makal	23.56	Toruco-Uco <i>et al.</i> , 2004
Yuca	17.3	Novelo-Cen y Betancur-Ancona, 2005

CONCLUSIONES

El almidón de plátano cuadrado presentó la mayor concentración de almidón resistente (55.08%) seguido por el almidón de plátano macho (49.98%). En las leguminosas y el makal la concentración fue alrededor de 20% y en el mango, 0.69% y en la yuca, no detectable. El plátano verde, las leguminosas y el makal son fuentes abundantes de almidón resistente que pueden ser incluidas en la dieta para contribuir a mejorar la salud de la población del sureste de México al aprovechar los beneficios que proporciona el consumo de almidón resistente.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, J.; Arrazola G. y Cayón G. 2010. Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en dos sistemas de producción. *Acta Agronómica*. 59(1):20-29.
- Bello-Pérez, L., Sáyago-Ayerdi S.; Villagómez-Méndez J. y Montiel-Salas L. 2000. Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. *Agrociencia*. 34:553-560.
- Bello-Pérez, L.; González-Soto R.; Sánchez-Rivero M.; Gutiérrez-Meraz F. y Vargas-Torres A. 2006. Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidón resistente. *Agrociencia*. 40:441-448.
- Betancur-Ancona, D.; Chel-Guerrero L.; Camelo-Matos R. and Dávila-Ortiz G. 2001. Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch*. 53:219-226.
- Blanco-Metzler, A.; Tovar J. y Fernández-Piedra M. 2004. Caracterización nutricional de los carbohidratos y composición centesimal de raíces y tubérculos tropicales cocidos, cultivados en Costa Rica. *ALAN*. 54(3):322-327.
- De la Torre-Gutiérrez, L.; Torruco-Uco J.; Castellanos-Ruelas A.; Chel-Guerrero L. and Betancur-Ancona D. 2007. Isolation and structure investigations of square banana (*Musa balbisiana*). *Starch*. 59(7):326-333.
- Delgado, R.; Cabrera E.; Gamez F. y Navarro L. 2010. Efecto del tipo de labranza sobre el suministro del agua y el crecimiento del frijol tuyo en un suelo molisol de Venezuela. *Agronomía Trop*. 60(2):177-191.
- Freitas, M. and Tavares D. 2005. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa AAA-Nanicão e Musa AAB-Terra*). *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 25(2): 217-222.
- García, O.; Infante R. y Rivera C. 2008. Hacia una definición de fibra alimentaria. *An Venez Nutr*. 21(1):25-30.
- García, O.; Infante B. and Rivera C. 2010. Comparison of dietary fiber values between two varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. WALP) of Venezuela, using chemical and enzymatic gravimetric methods. *Rev Chil Nutr*. 37(4):455-460.
- Granito, M.; Torres A. y Guerra M. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*. 28(7):372-379.
- Goñi, I.; García-Díaz L.; Mañas E. and Saura-Calixto F. 1996. Analysis of resistant starch: A method for foods and products. *Food Chem*. 56(4):445-449.
- Goñi, I.; García-Díaz L. and Saura-Calixto F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr. Res*. 17:427-437.
- González, P. y Pérez S. 2003. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) pregelatinizados y calentados en microondas. *Acta Científica Venezolana*. 54(2).
- González-Soto, R.; Sánchez-Hernández L.; Solorza-Feria J.; Núñez-Santiago C.; Flores-Huicochea E. and Bello-Pérez L. 2006. Resistant starch production from non-conventional starch sources by extrusion. *Food Sci Tech Int*. 12(1):5-11.
- Hernández-Medina, M.; Torruco-Uco J.; Chel-Guerrero L. y Betancur-Ancona D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 28(3):718-726.
- Kaur, M.; Narpinder S.; Kawaljit S. and Harmeet S. 2004. Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separate from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera indica* L.). *Food Chem*. 85:131-140.
- Langkilde, A.; Champ M. and Andersson H. 2002. Effects of high-resistant-starch banana flour (RS2) on in vitro fermentation and the small-bowel excretion of energy, nutrients, and sterols: an ileostomy study. *Am J Clin Nutr*. 75:104-111.
- Lehman, U.; Jacobasch G. and Schmiedl D. 2002. Characterization of resistant starch type III from banana (*Musa acuminata*). *J. Agric. Food Chem*. 50: 5236-5240.
- Lösel, D and Claus R. 2005. Dose-dependent effects of resistant potato starch in the diet on intestinal ska-

- tole formation and adipose tissue accumulation in the pig. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med.* 52(5): 209-212.
- Magalhães, S.; Pinheiro F.; Barbosa G. y Souza L. 2005. Aspectos físico-químicos e fisiológicos do amido resistente. *B. CEPBP, Curitiba.* 23(1):109-122.
- Martínez-Bustos, F.; López-Soto M.; Zazueta-Morales J. y Morales-Sánchez E. 2005. Preparación y propiedades de almidones pregelatinizados de yuca (*Manihot esculenta*. Crantz) y jícama (*Pachyrhizus erosus*) usando calentamiento óhmico. *Agrociencia.* 39:275-283.
- Marrugo, Y.; Montero P.; Torregroza E. y Duran M. 2012. Potencial nutricional de tres cultivares de frijol Zaragoza (*Phaseolus lunatus* L.) y estimación de su digestibilidad "in vitro". *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 29:314-326.
- Méndez-Montealvo, G.; Solorza-Feria J.; Velásquez M.; Gómez-Montiel G.; Paredes-López O. y Bello-Pérez L. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia.* 39:267-274.
- Novelo-Cen, L. and Betancur-Ancona D. 2005. Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta*. *Starch.* 57(9):431-441.
- Pacheco-Delahaye, E y Testa G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia.* 30(5):300-305.
- Parada J. y Rozowski J. 2008. Relación entre la respuesta glicémica del almidón y su estado microestructural. *Rev Chil Nutr.* 35(2):1-13.
- Sajilata, M.; Singhal R. and Kulkarni P. 2006. Resistant starch-A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 5:1-17.
- Salgado, S.; Melo-Filho A. and Andrade S. 2005. Modification of the concentration of resistant starch in macassar bean (*Vigna unguiculata* L. Walp) hydrothermal process and freezing. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 25(2):259-264.
- Shing, S.; Byun J.; Hwa-Park K. and Wha-Moon T. 2004. Effect of partial acid hydrolysis and heat-moisture treatment on formation of resistant tuber starch. *Cereal Chem.* 81(2):194-198.
- Thompson, D. 2000. Strategies for the manufacture of resistant starch. *Trends in Food Science & Technology.* 11(7):245-253.
- Torres, P.; Rodríguez J. y Rojas O. 2005. Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. *Livestock Research for Rural Development.* 17(7).
- Torruco-Uco, J.; Chel-Guerrero L. and Betancur-Ancona D. (2006). Isolation and molecular characterization of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) Starch. *Starch.* 58(6):300-307.
- Vargas-Torres, A.; Osorio-Díaz P.; Agama-Acevedo E.; Morales-Franco L. y Bello-Pérez L. (2006). Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia.* 31(12):881-884.
- Vieria, R.; Lajolo M. F.; Ciacco C. and Cordenunsi B. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch.* 52(2-3):63-68.