

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FUNCIONAL DE ALMIDONES DE DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS ANDINAS

FUNCTIONAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF STARCHES OF DIFFERENT VARIETIES OF ANDEAN POTATOES

Gremasqui, I. de los A.; N. E. Domínguez; S. R. Calliope; N. Sammán

RESUMEN

Las papas andinas son originarias de América del Sur y base de la alimentación de las poblaciones del altiplano y valles de alturas. La biodiversidad de las papas andinas está en peligro porque los productores solo pueden comercializar las variedades que presentan alto rendimiento agronómico. El objetivo del trabajo fue encontrar una aplicación industrial mediante el estudio de las propiedades funcionales de sus almidones. Se extrajo almidón de 23 variedades genéticas o 23 genotipos y se realizó el estudio de las características morfológicas de tamaño y forma y el análisis de las propiedades funcionales de Índice de absorción de agua (IAA), Índice de solubilidad en agua (ISA), Turbidez y Sinéresis. Los resultados indicaron alto contenido de amilosa (25-38 g/100g almidón), valores de IAA normales (2,5-5,0%), la transmitancia fue superior al 30% (geles transparentes) y solo una de las variedades presentó baja sinéresis (<6%). El análisis de cluster determinó 4 grupos, uno de ellos estuvo caracterizado por elevado IAA y se pueden recomendar para la elaboración de snack, bebidas y papillas, otro con alto contenido de amilosa y amilopectina, recomendado para productos extruidos, fritos y de panificación respectivamente, y el grupo con elevado porcentaje de sinéresis para alimentos que requieran apariencia fresca en refrigeración.

Palabras clave: papa andina, almidones, propiedades funcionales.

SUMMARY

Andean potatoes are originated in South America and basis of the population's diet of the altiplano and height valleys. The biodiversity of the Andean potatoes is in danger because the producers can only sell varieties which show high agronomic performance. The objective of this work was to find an industrial application through the study of the functional properties of their starches. Starch was extracted from 23 genetic varieties or 23 genotypes, and the study of the morphological characteristics of size and shape and the analysis of the functional properties of water absorption index (IAA), index of solubility in water (ISA), turbidity and syneresis were made. The results indicated high amylose content (25-38 g/100g starch), normal values of IAA (2.5-5.0%), the transmittance was superior to 30% (transparent gels) and only one of the varieties presented low sinéresis (<6%). The cluster analysis determined 4

groups, one of them was characterized by high IAA and may be recommended for the elaboration of snack, drinks and baby foods, another with high content of amylose and amylopectin, recommended for extruded products, fried and baked goods respectively, and the group with high percentage of syneresis for foods that require fresh appearance in refrigeration.

Keywords: Andean potato, starches, functional properties.

INTRODUCCIÓN

Las papas andinas son originarias de América del Sur y base de la alimentación de las poblaciones del altiplano y valles de alturas (Tapia y Fries, 2007; Arbizu y Tapia, 2013). En la provincia de Jujuy, la zona de mayor producción es la Quebrada de Humahuaca, por lo que se desarrollan sólo en altura. Entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy, el INTA y la Cooperativa de Productores de Quebrada y Valles (CAUQUEVA) se realizó un trabajo conjunto para el estudio de las papas andinas; se sembraron variedades recuperadas del noroeste argentino y conservadas en el banco de germoplasma del INTA Balcarce, durante tres campañas consecutivas.

El componente principal de los tubérculos es el almidón (Della Valle y otros, 2008). Es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa que es una molécula lineal y la amilopectina la cual es ramificada (BaduiDergal, 2006; Peñaranda Contreras y otros, 2008). El almidón nativo se encuentra en forma de gránulos integrados por capas concéntricas de amilosa y amilopectina distribuidas radialmente. Esta estructura se pierde una vez que los gránulos alcanzan la gelatinización (Hoover, 2001). Tanto la amilosa como la amilopectina y su organización molecular determinan la funcionalidad del almidón (Kaur y otros, 2002) y por consiguiente influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui Dergal, 2006).

Durante la gelatinización las moléculas de almidón se separan mientras los granos

absorben agua y se hinchan. A medida que absorbe agua, la viscosidad se incrementa hasta un punto donde el estado granular del almidón se pierde, se produce una masa amorfa y junto con el agua termina formando un gel (Alavi, 2003; Lamberti y otros, 2004). Durante el almacenamiento en frío, la reorganización de las moléculas en el gel dan como resultado la exudación de agua, proceso conocido como sinéresis (Sodhi y Singh, 2005). La temperatura de gelatinización, la energía necesaria para que ocurra este proceso y la cinética de sinéresis son propiedades fundamentales de los almidones. Además la claridad del gel es un indicativo del grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con la tendencia a la retrogradación de los almidones. En general, las pastas de almidón de papa son claras o transparentes (Singh y Singh, 2001).

Por lo tanto para incrementar y mantener la producción de las papas andinas y así conservar la biodiversidad, el objetivo de este trabajo fue estudiar las propiedades tecnofuncionales de los almidones de cada variedad genética para sugerir posibles aplicaciones tecnológicas en la industria alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Papas andinas

Se trabajó con 23 variedades genéticas de papas andinas sembradas en la localidad de Hornillos, Maimará en campos del IPAF NOA a 2500 metros sobre el nivel del mar. Las variedades genéticas fueron provistas por el Banco de Germoplasma del INTA Balcarce y la codificación utilizada es la que utiliza generalmente el citado Banco.

Extracción del almidón de papa

Se aplicó el método de Singh y Singh (2001) que consistió en maceración por 24 horas en bisulfito de sodio (1,2 g/l), filtración en tela y decantación durante 24 h. Se filtró y lavó con una alícuota de alcohol. Se secó a 30°C hasta peso constante.

Características morfológicas del gránulo de almidón

Para la caracterización micrográfica se empleó un microscopio óptico (Olympus CX 41 RF). Se preparó suspensiones de 0,025g/5ml. Se llevó a portaobjeto. Las imágenes se tomaron a 40X de aumento. Se determinó forma y birrefringencia.

Relación amilosa/amilopectina

Se determinó el contenido de amilosa total y aparente por el método colorimétrico de Juliano y otros (1981). El contenido de amilopectina se determinó por diferencia. Se dispersó el almidón en Hidróxido de Sodio 1N. Se llevó a volumen con agua destilada (5ml). La concentración de amilosa se determinó por espectrofotometría (620nm) utilizando solución de Iodo (0,2 g de Iodo en Iodato de Potasio 2g/l) frente a patrones con concentración de amilosa conocida.

Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (ISA)

Se determinaron usando el método de Reddy y otros (2015). Se pesó 0,1 g de la muestra, se agregó 10 mL de agua destilada y se calentó en un baño de agua a 60°C durante 30 minutos con mezclado constante. Las muestras se centrifugaron a 1600 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se separó, se secó y se pesó. Los cálculos se llevaron a cabo con las siguientes ecuaciones:

$$\% IAA = \frac{P_{GEL}}{P_M - P_{AS}} * 100 \quad \% ISA = \frac{P_{AS}}{P_M} * 2 * 100$$

P_M: Peso de la muestra [g]

P_{AS}: Peso del almidón solubilizado [g]

P_{gel}: Peso de almidón + agua [g]

Turbidez

La turbidez de los 5 almidones seleccionados (representantes de cada uno de

los grupos) se determinó por el método propuesto por Singh y Singh (2001). Se preparó una suspensión acuosa de 0,12g/6ml, se calentó en baño de agua hirviendo durante 1 h con agitación constante. Las muestras a temperatura ambiente se almacenaron durante 6 días a 4°C en refrigerador. La turbidez se determinó cada 24 h midiendo transmitancia a 640 nm con un fotocolorímetro (Andali Digital).

Sinéresis

Se determinó por el método modificado de Sodhi y Singh (2005). Se preparó una suspensión de almidón 1g/20ml. Se calentó a 90°C durante 30 min, seguido por enfriamiento rápido a temperatura ambiente. Las muestras se almacenaron durante 7, 14, 21 y 28 días a 4°C. Se centrifugó a 5000 rpm durante 15 min. La sinéresis se midió como % de agua liberada respecto al peso de almidón seco.

Análisis Estadístico

Para el estudio de las semejanzas y diferencias de caracteres cuantitativos de las variables de índice de absorción de agua, contenido de amilosa y amilopectina y porcentaje de sinéresis de los almidones se emplearon técnicas del análisis multivariado, análisis de Cluster, aplicando el software estadístico Infostat versión 2012. Ello permitió identificar, agrupar y seleccionar almidones de papa con cualidades similares para la industria alimentaria. (Di Rienzo y col., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas del gránulo

En la figura 1 se observan tres genotipos característicos con tamaño de gránulos grande, mediano y pequeño. El genotipo 25 muestra gránulos pequeños y de forma redonda, mientras que los genotipos de tamaño mediano, como el 1, se encuentra entre la forma redonda-ovoide. Finalmente el genotipo 3 muestra gránulos de mayor tamaño y de forma ovoide. La relación entre el tamaño de gránulo y su forma (gránulos pequeños con forma circular y gránulos de mayor tamaño con

forma elíptica u ovoide) coinciden con lo informado por (Hoover, 2002) para variedades

de papas y (Mishra y Rai, 2006) para variedades de papas y maíz.

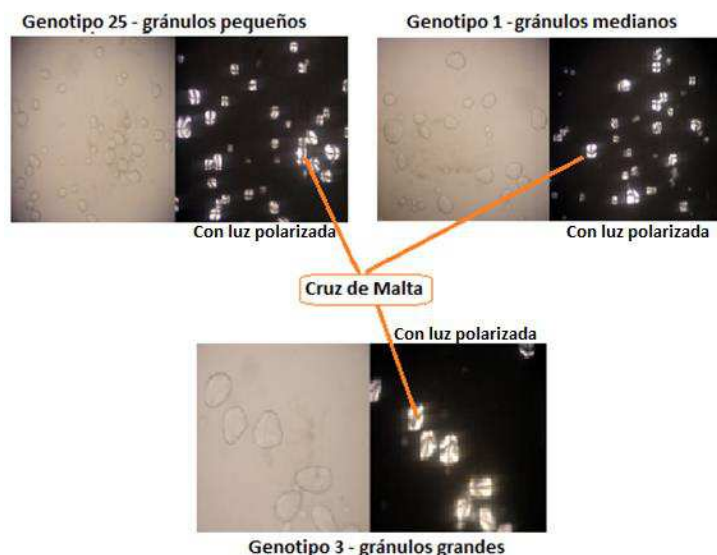


Figura 1. Fotografías de gránulos de almidón de papas andinas (40X)

También se observa que la cruz de malta se ubica en el centro para gránulos pequeños y es excéntrica en gránulos grandes elípticos u ovoides concordando con lo citado por Kaur y otros (2002) para tres cultivares de papas. Se comprueba también que los gránulos se encuentran en forma nativa, en la cual amilosa y amilopectina se disponen en una estructura cristalina, organizada radialmente birrefringente (Fennema, 2000).

Relación amilosa/amilopectina

En la figura 2 se observa que el contenido de amilosa para los distintos genotipos

estudiados, se encuentran en un rango de 18,20 a 37,55 g/ 100g almidón. Las diferencias observadas se deben a las condiciones climáticas, el tipo de suelo, genotipo y la distribución del tamaño del granulo (Singh Sodhi y Singh, 2003). El genotipo 62 presenta el mayor contenido de amilosa siendo susceptible a la retrogradación y en consecuencia a presentar sinéresis, mientras que el genotipo 42 al presentar un menor contenido de amilosa, es fácilmente dispersado pudiendo ser utilizado en sistemas viscosos (cremas, salsas).

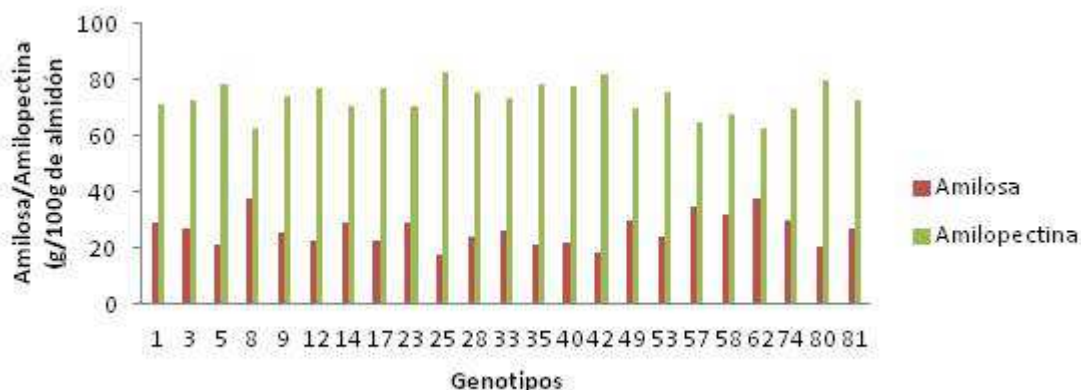


Figura 2. Relación Amilosa/Amilopectina del almidón de papa andina

Índice de absorción de agua (IAA) e Índice de solubilidad (ISA)

La figura 3 muestra las propiedades funcionales de los almidones IAA y ISA, las cuales se ven afectadas por el contenido de amilosa y el tamaño del granulo (Kaur y otros, 2002). Los genotipos 33 y 74 presentan mayor valor de IAA, efecto relacionado con su menor contenido de amilosa, ya que la amilopectina presenta mayor absorción de agua. Por otro lado el menor IAA del genotipo 42, a pesar de su bajo contenido en amilosa, se explica en el

tamaño pequeño de gránulos, lo que obliga a una mayor compactación de la amilosa y amilopectina impidiendo la absorción de agua.

Se puede apreciar que los ISA de los genotipos 12, 17, 40, 42, 57, 74 y 80 son elevados debido al alto contenido en amilopectina posibilitando la absorción de agua y la mayor lixiviación de los componentes solubles aumentando el ISA (Kumoro y otros, 2012).

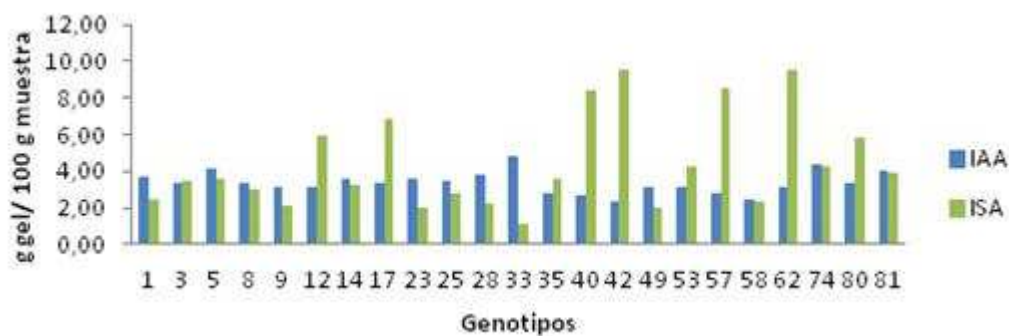


Figura 3. Índice de Absorción de Agua (IAA) e Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de almidones de papa andinas

Turbidez

La turbidez de los geles de almidón también está relacionada con su contenido de amilosa. En la figura 4 se puede observar que en los 5 genotipos estudiados (representantes de cada uno de los grupos) porcentaje de

transmitancia (%T) inicial es mayor al 30% por lo tanto estos geles son claros y transparentes pudiendo ser utilizados en procesos tales como preparación de mermeladas, gelatinas y productos de confitería (Hernández y otros, 2008).

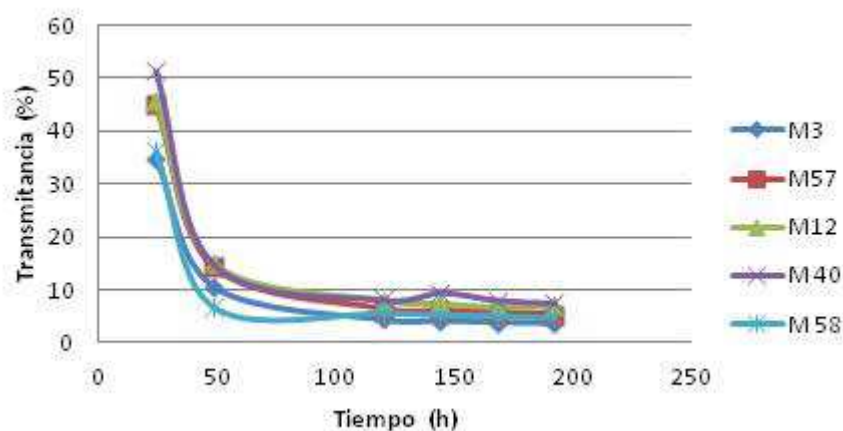


Figura 4. Transmitancia de los almidones de los 5 genotipos estudiados

Debido a su bajo contenido en amilosa y alto IAA son fácilmente dispersados por lo que aumenta su claridad (Betancur y Novelo, 2005). El almidón del genotipo 40 muestra el mayor %T, debido posiblemente a su menor contenido de amilosa. La transmitancia de las pastas de todos los almidones estudiados disminuyó progresivamente durante el almacenamiento, esta disminución fue más pronunciada durante las primeras 48 horas.

Sinéresis

En la figura 5 se puede observar que el porcentaje (%) de sinéresis fue aumentando progresivamente durante el almacenamiento a 4°C, superando el 25% en el caso del genotipo 57. Estos resultados son similares a los reportados por Singh y otros (2005) para almidones de papa de Nueva Zelanda.

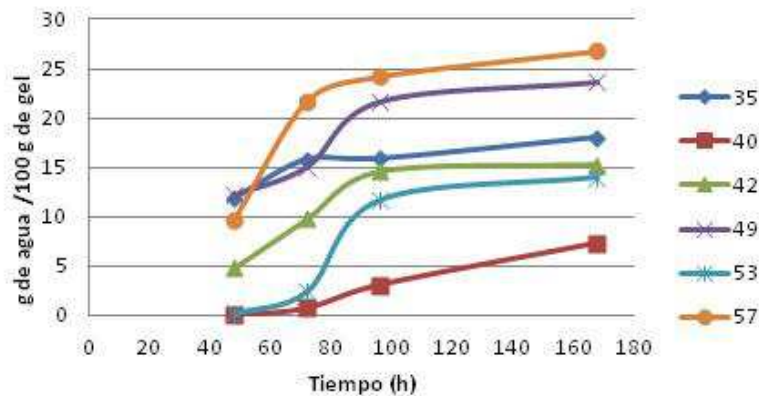


Figura 5. Sinéresis de muestras de geles de almidón

Se puede apreciar que el gel del genotipo 49 presento mayor liberación inicial de agua, debido probablemente al elevado contenido de amilosa. Podría ser utilizado en alimentos que requieren ser almacenados en refrigeración y necesitan cierta exudación de humedad para adquirir una apariencia fresca (flanes).

El más estable fue el gel del genotipo 40 que con el tiempo no liberó mucha agua debido a su menor contenido de amilosa y por lo tanto

podría utilizarse en rellenos de pasteles entre otros usos.

Análisis Estadístico

Análisis de Cluster

En la tabla 1 se muestra el análisis de Cluster en el cual se determinaron 4 grupos con características similares que podrían tener aplicaciones industriales comunes.

GRUPOS	CARACTERISTICAS	USOS PROBABLES
1	Elevado índice de absorción de agua (IAA) y bajo porcentaje de Sinéresis.	Snack, bebidas y papillas para lactantes.
2	Alto contenido de amilosa	Extruidos, fritos, postres lácteos, geles opacos.
3	Elevado porcentaje de sinéresis y bajo contenido de amilopectina	Alimentos que requieran apariencia fresca en refrigeración
4	Alto contenido de amilopectina	Industria panificadora evitando la retrogradación, haciendo que los productos tengan más estabilidad y suavidad.

Tabla 1. Grupos de almidones nativos, resultados de sus características y posibles usos

Grupo 1: lo integraron los genotipos 1, 28, 33, 74 y 81, donde el índice de absorción de agua (IAA) promedio fue de 4,15 %. Estos almidones son de buena calidad según lo propuesto por la FAO, 2007 y es deseable que posean un alto IAA (Hevia y otros, 2001).

Grupo 2: Incluye los genotipos 57 y 62, en ellos el promedio para el contenido de amilosa fue 36,24%, y por lo tanto presentan bajo índice de absorción de agua dando lugar a geles opacos.

Grupo 3: Conformados por los genotipos 3, 5, 8, 9, 14, 23, 49 y 58 de sinéresis alta, con un promedio de 33,14% y un bajo contenido de amilopectina, por lo que estos almidones presentan mayor humedad y necesitan cierta liberación de la misma.

Grupo 4: Incluye los genotipos 12, 80, 35, 53, 25, 17, 40 y 41 que presentaron alto contenido de amilopectina, con un promedio de 78,78% y bajo porcentaje de sinéresis, dando lugar a geles estables.

CONCLUSIONES

De la caracterización morfológica de los almidones extraídos se puede concluir que los gránulos son de mayor tamaño que los de cereales y son fáciles de obtener y purificar.

La mayoría de los almidones estudiados presentaron alto contenido de amilosa. Sin embargo los genotipos 5, 25, 35 y 42, contienen baja cantidad de amilosa por lo cual originan geles más firmes, con menor tendencia a la retrogradación, mayor turbiedad y baja sinéresis.

El análisis de Cluster permitió separar los genotipos estudiados en 4 grupos y sugerir posibles usos y aplicaciones en la industria alimentaria.

El conocimiento de las diferencias en la morfología y propiedades funcionales de los almidones de papas andinas permiten la utilización de las diferentes variedades tanto como materiales nativos aptos para desarrollar productos naturales, lo cual responde a las tendencias del mercado actual, como también para desarrollar alimentos procesados para distintas aplicaciones en la industria alimentaria.

Este conocimiento ayudará a la planifica-

ción de estrategias que contribuyan a reducir la pérdida de biodiversidad, mejorando la seguridad alimentaria y la nutrición.

BIBLIOGRAFIA

- Alavi, S. 2003. Starch research over the years. Food Research International. Vol. 36(4). 307-308.

- Arbizu, C. y Tapia, M. 2013. La Agricultura Andina. Tubérculos andinos. (Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú). http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdr_om/contenido/libro09/cap3_3.htm#autoconsulta:Febrero.2013.

- BaduiDergal, S. 2006. Química de los alimentos. 4ta Edición. Pearson Education. México D.F.

- Betancur, A. y Novelo, C. 2005. Chemical and functional properties of Phaseolus lunatus and Manihot esculenta starch blends. Starch/Starke. Vol. 57(9). 431-441.

- Della-Valle, D.; L,Bello-Perez.; R,González-Soto.; J,Solorza-Feria y G,Arámbula-Villa. 2008. Efecto del tiempo de reacción en la acetilación de almidón de plátano; Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol. 7(3). 283-291.

- Di Rienzo, J.; F,Casanoves.; M,Balzarini.; L, Gonzalez.; M,Tablada y C, Robledo. 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En:<http://www.infostat.com.ar> Consulta: Diciembre 2015.

- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícola de la FAO. Roma.

- Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. 2da Edición. Editorial Acribia. Zaragoza España.

- Hernández, M.; J, Torruco.; L, Chel y D, Betancur. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Ciencia y tecnología de Alimentos. Vol. 28(3). 718-726.

- Hevia F.R.; M, Wilckens.; M, Berti y R, Badilla. 2001. Características del almidón y contenido de proteína de quínoa (Chenopodium quinoa W.) cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillán. Agro sur. Vol.

20 (1). 42-50.

- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches. A review, *Carboh. polym.* Vol. 45(3). 253-267.

- Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carboh. Polym.* Vol. 49(4). 425-437.

- Juliano, B.; C, Perez.; A, Blakeney.; D, Castillot.; N, Kongseeree.; B, Laingnelet.; E, Lapis.; V, Murty y B, Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch/Staerke.* 33(5). 157-162.

- Kaur.L.; N, Singh y N, Singh Sodhi. 2002. Some properties of potatoes and their starches II. Morphological, thermal and rheological properties of starches". *Food Chemistry.* Vol. 79(2). 183- 192.

- Kumoro, A.C.; D.S, Retnowati y C.S, Budiayati. 2012. Water Solubility, Swelling and Gelatinization Properties of Raw and Ginger Oil Modified Gadung (*Dioscoreahispida* Dennst) Flour. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology.* Vol. 4(17). 2854-2860.

- Lamberti, M.; A, Geiselmann.;B, Conde-Petit y F, Escher. 2004. Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes. *LWT-Food Science and Technology.* Vol. 37(4). 417-427.

- Mishra, S. y Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *FoodHydrocolloids.* Vol. 20(5). 557-566.

- Peñaranda-Contreras, O.; J, Perilla-Perilla y N, Algecira-Enciso. 2008. Revisión de la modificación química del almidón con ácidos Orgánicos. *Revista Ingeniería e Investigación.* Vol. 28(3). 47-52.

- Reddy, C.K.; S, Haripriya y P.V, Vidya. 2015. Morphology, physico-chemical and functional characteristics of starches from different banana cultivars. *Journal Food Science and Technology.* Vol. 52(11). 7289 – 7296.

- Singh Sodhi, N. y Singh, N. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. *Food Chemistry.* Vol. 80(1). 99–108.

- Singh, J. y Singh, N. 2001. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. *Food Chemistry.* Vol. 75(1). 67-77.

- Singh, J.; O.J, McCarthy y H, Singh. 2005. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. *Science Direct.* Vol. 64(4). 569-581.

- Sodhi, N.S. y Singh, N. 2005. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. *Journal of Food Engineering.* Vol. 70(1). 117-127.

- Tapia, M. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú.