

Uso de almidón de apio (*Arracacha xanthorrhiza* B.) en colados de durazno (*Prunus persica* L.)

Jilber Liendo¹, Brunilda Perdomo¹ y Nora Techeira^{1*}

¹Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

RESUMEN

Se realizó la extracción de almidón de apio (*Arracacha xanthorrhiza* Bancr.) para caracterizarlo en su composición química, propiedades físicas y reológicas, y utilizarlo como agente espesante en colados de durazno (*Prunus persica* L.). La metodología estuvo dividida en dos partes; en primer lugar se realizó la extracción del almidón, se determinó su rendimiento y pureza, composición química, pH, acidez titulable, actividad de agua, color y las propiedades reológicas. Luego se elaboraron los colados de durazno utilizando almidón de apio como espesante y éstos fueron evaluados en su composición química, propiedades físicas, estabilidad y características sensoriales. Los resultados obtenidos indican que el almidón extraído tuvo un bajo rendimiento (6,12%), pero alto grado de pureza (94,9% de almidón), con un contenido de amilosa de 22,9%. Además, presentó una alta capacidad de absorción de agua, poder de hinchamiento y solubilidad, baja temperatura de gelatinización y alta viscosidad en calentamiento. En la formulación de los colados se incorporó 0,75% de almidón como agente espesante, resultando en un producto con una humedad de 72,4%; 0,13% de cenizas; 0,45% de proteínas; 0,20% de grasa; 0,98% de fibra y 24,6% de azúcares, siendo ampliamente aceptado por niños con edades comprendidas entre 5 y 6 años. En conclusión, el uso de 0,75% de almidón de apio puede ser utilizado en la elaboración de este tipo de productos.

Palabras clave: almidón, apio, colados.

Use of Peruvian carrot (*Arracacha xanthorrhiza* B.) starch in peach (*Prunus persica* L.) compotes

ABSTRACT

Extraction of Peruvian carrot (*Arracacha xanthorrhiza* Bancr.) starch was carried out in order to characterize its chemical composition, physical and rheological properties, and used it as a thickener in peach (*Prunus persica* L.) compotes. Methodology was split in two parts; first the extraction of starch was made, and its yield and purity, proximal composition, amylose content, pH, acidity, water activity, color, and rheological properties were determined. After that, the peach compotes were made using the Peruvian carrot starch as thickener, and their chemical composition, physical properties, and sensorial characteristics were evaluated. Results indicate a low yield (6.12%) of the extracted starch, but a high grade of purity (94.9% of starch), with an amylose content of 22.9%. It also showed a high capacity of water absorption, swelling power, solubility, low gelatinization temperature, and high viscosity in heating. In the formulation of baby food, 0.75% of starch was incorporated, obtaining a product with 72.4% of humidity, 0.13% of ash, 0.45% of protein, 0.2% of fat, 0.98% of fiber, and 24.6% of sugars. The product was widely approved by children with ages between 5 and 6 years old. In conclusion, of 0.75% of Peruvian carrot native starch can be used in the preparation of these products.

Key words: starch, Peruvian carrot, baby food.

*Autor de correspondencia: Nora Techeira

E-mail: noratecheirap@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

El almidón es un carbohidrato de reserva presente en grandes cantidades en raíces y tubérculos, cereales, semillas y leguminosas, bajo la forma de gránulos parcialmente cristalinos, cuya forma y tamaño varía según el origen botánico (García y Walter, 1999). En los cereales, como el maíz, el trigo y el arroz, se encuentra en concentraciones que oscilan entre 30 y 80%; en las semillas de algunos frijoles, chícharos o habas se encuentra entre 25 a 50%, y en las raíces y tubérculos, tales como yuca, batata, papa, ñame y apio, el almidón representa un 60 a 90% del peso seco (Bello-Pérez *et al.*, 2002a, Jayakody *et al.*, 2004). Según Gujska *et al.* (1994) y Díaz y Carreras (1999), los almidones presentan gran importancia a nivel industrial, ya que éstos pueden ser utilizados como materia prima para la fabricación de numerosos productos, tales como glucosa, alcohol metílico, alcohol etílico, sorbitol y ácido láctico, por lo que pueden ser considerados como fuente de abastecimiento para la obtención de sustancias orgánicas, en la industria alimenticia, textil, papelería, farmacéutica y de los plásticos.

Las raíces y tubérculos muestran una gran potencialidad para el desarrollo de nuevos productos, ya sea bajo la forma de harinas o como fuente alternativa de almidones comerciales, debido a que presentan ciertas propiedades funcionales deseables, entre las cuales destaca su capacidad para desarrollar altos valores de viscosidad y su baja tendencia a la retrogradación (Alves *et al.*, 2002; Lu *et al.*, 2004). Sin embargo, según la FAO (1991), los responsables de las políticas agrícolas y los investigadores han prestado muy poca atención a las raíces y tubérculos, ya que la mayoría de sus esfuerzos se han centrado en los cultivos más comerciales o en los cereales más conocidos.

En vista de que algunos estudios han demostrado que, por diversas causas, existe un déficit en la ingesta de fibra y compuestos antioxidantes en los niños (Cariaga y Soto, 1994), se hace necesario desarrollar productos alimenticios de buena calidad nutricional y a bajo costo, utilizando materia prima nacional. Uno de los productos principalmente consumido por los niños son los colados o compotas que, según la norma 2005 de Covenin (1994), se entienden como aquellos productos preparados a base de materia prima alimenticia de calidad, aprobada por la autoridad competente, destinada al consumo infantil, cuya textura debe ser firme y uniforme y de tamaño de partículas que no requieren la masticación. Esta norma indica que los alimentos colados y picados deberán presentarse listos para su consumo y que la esterilidad requerida para su preservación debe obtenerse solo por tratamiento térmico antes o después del envasado; además todos los ingredientes que se utilicen deben ser aptos para su procesamiento, limpios, de óptima calidad e inocuos.

El producto elaborado de acuerdo a una correcta práctica de fabricación no debe contener residuos de plaguicidas y en caso de ser técnicamente inevitable, deberá estar dentro del rango establecido. No está permitido el uso de sustancias conservadoras, sabores artificiales, ni de glutamato monosódico y el almacenamiento del producto terminado debe realizarse bajo condiciones que eviten su contaminación (Codex, 1981).

Con el fin de diversificar el uso de las raíces y tubérculos en la elaboración de alimentos de importancia nutricional, se propuso como objetivo la utilización de almidón de apio (*Arracacha xanthorrhiza* Bancr.), como agente espesante en colados de durazno (*Prunus persica* L.), dirigidos a la población infantil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

La materia prima utilizada para la obtención del almidón fue un lote de 20 kg de raíces de apio adquirido aleatoriamente en el mercado municipal de la ciudad de Maracay, estado Aragua, y un lote de 20 kg de duraznos, también seleccionado aleatoriamente para la elaboración del colado.

Obtención de almidones de apio

La extracción del almidón a partir de las raíces de apio se realizó según la metodología de Pérez *et al.* (1998) que se presenta en la Figura 1.

Características físicas del almidón de apio

Se realizaron determinaciones de pH según la metodología de la AOAC (2000), color según metodología descrita en el Hunter Lab Manual (2001) y Giese (1995), haciendo uso del colorímetro Macbeth Color Eye 2445, estandarizado con una placa blanca con valores de $L = 92,29$, $a = -0,80$ y $b = 0,95$ y viscosidad aparente según Bello-Pérez *et al.* (2002b), utilizando fuerzas de corte de 6, 12, 30 y 60 rpm, y aguja N° 3, a una temperatura de 25°C. Asimismo, la estabilidad de la viscosidad en el tiempo se midió durante 30 min utilizando una aguja N° 3 a 30 rpm a 25°C, según Bello-Pérez *et al.* (2002b).

Composición química del almidón de apio

Se determinó el contenido de humedad, cenizas y proteína cruda según AOAC (1990), almidón disponible de acuerdo a Holm *et al.* (1986), amilosa según Juliano (1971), utilizando la curva patrón elaborada por Techeira

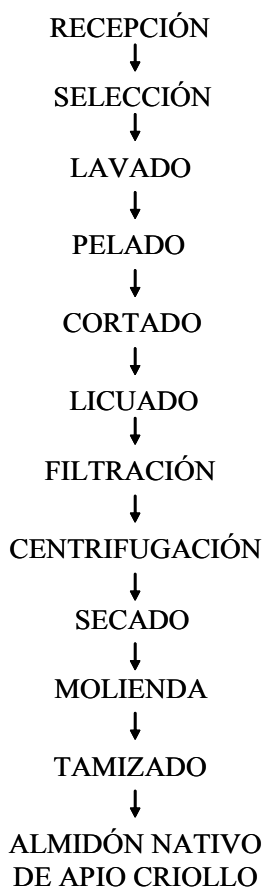


Figura 1. Esquema tecnológico empleado en la extracción de almidón nativo de apio criollo

y Matos (2006), amilopectina por diferencia con respecto al valor obtenido de amilosa y fibra dietética total según AOAC (1997).

Propiedades reológicas del almidón de apio

La absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento se determinaron según la metodología de Anderson (1982), en un rango de temperatura entre 60 y 90°C. La solubilidad en agua fría se obtuvo según la metodología descrita por Eastman y Moore (1984), modificada por Bello-Pérez *et al.* (2002b).

Los amilogramas fueron realizados en la empresa Alfonso Rivas & CIA C.A. utilizando el visco amilógrafo Brabender, siguiendo la metodología descrita por AACC (2000). Se trabajó con suspensiones de almidón al 5%.

Elaboración de los colados de durazno

Para la elaboración de los colados se siguió la metodología propuesta por Pacheco (2004), según el esquema de la Figura 2.

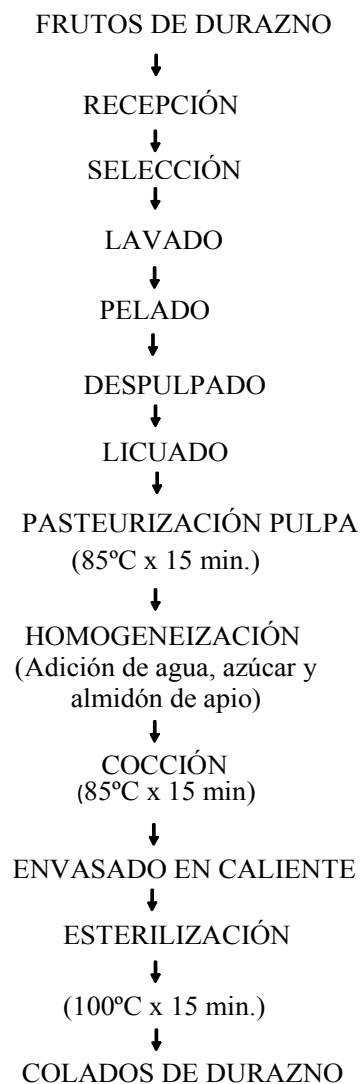


Figura 2. Esquema tecnológico empleado para la elaboración de colados de durazno, utilizando almidón nativo de apio criollo como agente espesante.

Formulación y elaboración de los colados de durazno.

En busca de la formulación apropiada para la obtención de los colados de durazno se efectuaron una serie de pruebas preliminares empleando la formulación base planteada por Salazar (2008), modificando la concentración de cada uno de los ingredientes presentes en este tipo de productos. Las diferentes formulaciones evaluadas se muestran en el Cuadro 1, seleccionado la formulación N° 4 por que presentó las mejores características sensoriales, de viscosidad y consistencia, siendo la proporción de almidón determinante en las características finales, ya que concentraciones superiores a 0,75% generaron un producto altamente viscoso y elástico.

Cuadro 1. Formulaciones evaluadas para la obtención de los colados de durazno.

Componentes (%)	Formulación			
	1	2	3	4
Pulpa de durazno	60	60	60	60
Agua	20,75	19,75	21	21,25
Azúcar	18	18	18	18
Acido cítrico	0,25	0,25	-	-
Almidón	1	2	1	0,75

Análisis físicos de los colados de durazno

La viscosidad se determinó según la metodología recomendada por la norma 977 de Covenin (1983), utilizando un viscosímetro Brookfield, con aguja N° 4 y velocidad de 30 rpm, a una temperatura de 25°C. Para pH se siguió la metodología propuesta en la norma 1315 de Covenin (1979). Sólidos solubles se determinaron haciendo uso de un refractómetro Abbe, según la norma 924 de Covenin (1983), y los resultados expresados en °Brix.

Composición química de los colados de durazno

El contenido de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y fibra dietética total se determinó siguiendo la metodología N° 985.29 recomendada por la AOAC (1990), almidón según el método de Mc Cready *et al.* (1950) y azúcares reductores y totales de acuerdo a la metodología de la N° 923.09 de la AOAC (1995).

Evaluación sensorial de los colados de durazno

El objetivo de esta prueba fue determinar el grado de aceptación de los colados por parte de los niños, puesto que el producto va dirigido a este sector de la población. Para cumplir con tal fin la evaluación se realizó en el preescolar bolivariano Antonia Esteller, ubicado en el municipio Girardot del estado Aragua, con 52 niños de edades comprendidas entre 3 y 6 años a los cuales se le suministró una ración del producto. La evaluación se realizó por medio de una prueba de aceptación utilizando una escala facial, para facilitar a los niños el entendimiento de la herramienta aplicada. El niño o niña seleccionaba entre un dibujo de carita feliz o triste que indicaba “Me gusta mucho” o “Me desagrada mucho”, respectivamente.

Cuadro 2. Rendimiento y pureza, expresados en porcentaje en base seca, y contenido de humedad de las distintas extracciones de almidón de apio.

Extracciones	Rendimiento (%)	Almidón (%)	Humedad (%)
1	5,86	96,00	10,55
2	6,00	90,27	10,00
3	5,33	96,13	10,27
4	7,32	97,16	10,29
Media	6,12±0,59	94,89±2,31	10,27±0,14

Análisis estadístico

Los resultados de los análisis físicos y químicos realizados por triplicado a una muestra del colado comercial y a una muestra del colado experimental (n = 10), fueron analizados a través del método de estadística inferencial, haciendo uso del estadístico t de Student, con el fin de rechazar o aceptar la hipótesis nula de que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la muestra de colado comercial y la muestra del colado en estudio, a un 95% de confianza. Los datos fueron calculados haciendo uso del paquete estadístico Statistix (Analytical Software, 2003). En lo que respecta a los resultados de la evaluación sensorial, estos fueron analizados con una prueba binomial unilateral de una sola cola (Wiedenhöfer, 1993), con el fin de determinar si los colados eran aceptados por los niños.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y pureza del almidón de apio

En el Cuadro 2 se muestran los resultados correspondientes al rendimiento, pureza y contenido de humedad de los almidones obtenidos a partir de diferentes extracciones, encontrándose valores promedio de 6,12; 94,89 y 10,27%, respectivamente. Para el porcentaje de humedad y el contenido de almidón los resultados son similares a los encontrados por Pérez *et al.* (1999) en almidones de apio nativo (97,87% de almidón y 14% de humedad), y a los obtenidos por Araujo *et al.* (2004) en su estudio de la caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. (94,8% de almidón y 12,83% de humedad), sin embargo, el rendimiento obtenido es inferior al obtenido por Pérez y Pacheco (2005) con almidón nativo de *Ipomea batatas* Lam, el cual fue 11,5%.

Caracterización física y composición química del almidón nativo de apio criollo

El Cuadro 3 presenta la composición química del almidón de apio realizada a un “pool” obtenido por la unión de las cuatro extracciones. Se determinó un contenido de humedad promedio de 10,61%, con 95,38 g de almidón; 1,48 g de proteínas; 0,25 g de cenizas y 1,66 g de fibra dietética por cada 100 g de muestra seca, lo cual

Cuadro 3. Características físicas y composición química en base seca del almidón de apio.

Característica	Promedio
Humedad (g/100 g)	10,61±0,54
Ceniza (g/100 g)	0,11±0,01
Proteína (g/100 g) (Nx6,25)	1,48±0,13
Almidón (g/100 g)	95,4±1,09
Fibra dietética (g/100 g)	1,66±0,04
Amilosa (g/100 g almidón)	22,9±0,24
Amilopectina (g/100 g almidón)	77,1±0,24
pH	6,8±0,00
Acidez titulable (mL NaOH/100 g)	5,00±1,00
Actividad de agua (aw)	0,405±0,005
Color†	
L	91,27±0,06
a	-0,04±0,00
b	2,62±0,06
ΔE	2,10

† L = luminosidad, a y b = coordenadas de cromaticidad;
 ΔE: magnitud de diferencia de color respecto a placa estándar;
 $\Delta E^2 = \Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2$

indica el alto grado de pureza del almidón obtenido. Estos valores fueron similares a los reportados por Alvis *et al.* (2008), Bello-Pérez *et al.* (2002b) y Pérez *et al.* (1999), quienes caracterizaron almidones nativos de ñame, almidón modificado de plátano (*Musa AAB*) y almidón nativo de apio, respectivamente.

En cuanto al contenido de amilosa (22,86 g/100 g almidón seco), éste se encuentra dentro del rango determinado para los almidones nativos de raíces y tubérculos (10 a 38%) (Whistler y BeMiller, 1997; Thomas y Atwell, 1999; Hoover, 2001) y coincide con los valores obtenidos por Moorthy (2002) en almidones nativos de tubérculos tropicales y Defloor *et al.* (1998), en almidones nativos de yuca (*Manihot esculenta* C.). No obstante, los valores obtenidos en este estudio fueron superiores al presentado por Rodríguez *et al.* (2005), de 17,46% de amilosa en almidón nativo de apio. Thomas y Atwell (1999) indicaron, que dependiendo de la cantidad de amilosa, la textura y viscosidad de la pasta de almidón pueden modificarse en el enfriamiento, siendo los almidones de papa (20% de amilosa), maíz y trigo (25% de amilosa), usualmente formadores de geles, por lo cual podría inferirse que el almidón nativo de apio con un contenido de amilosa similar (22,86%), sea capaz de formar geles firmes en el enfriamiento.

Los valores de pH (6,8) y actividad de agua (0,405) fueron diferentes a los obtenidos por Pérez *et al.*

(1999) en almidones nativos de apio, quienes reportaron valores de 5,6 y 0,602 respectivamente. Sin embargo, según Woolfe (1992), el valor de pH obtenido para el almidón nativo de apio en estudio se encuentra dentro del rango permitido para almidones nativos comerciales.

El atributo color, evento psicofísico de gran relevancia en la calidad de los productos alimenticios, que determina la aceptabilidad de los mismos por el consumidor (Giese, 1995), fue determinado en el almidón nativo de apio criollo en estudio, a través de los parámetros L, a, b y ΔE, para los cuales se obtuvieron valores de 91,27; -0,04; 2,62 y 2,10, respectivamente. En cuanto al índice de luminosidad (L) (91,27), éste indica una marcada tendencia hacia el color blanco, característico en productos como los almidones, mientras que el valor de ΔE (2,10), que determina la magnitud de la diferencia de color existente entre la muestra de almidón nativo de apio respecto a la placa estándar blanca, fue similar al presentado por Pérez y Pacheco (2005) en almidón de *Ipomoea batatas* Lam, igual a 2,97.

Viscosidad aparente

En la Figura 3a se observa que el almidón de apio disminuye su viscosidad a medida que aumenta la fuerza de corte, ya que para valores de 6, 12, 30 y 60 rpm, muestra viscosidades de 400, 175, 90 y 50 cps respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Pérez *et al.* (1999) y Bello-Pérez *et al.* (2002b) para almidones nativos de apio criollo y plátano, quienes indican que la mayoría de los almidones nativos presentan baja resistencia a las fuerzas de corte, reduciendo su uso a nivel industrial en productos que requieren de agitación constante.

No obstante, al observar el comportamiento de la viscosidad por un período de 30 min (Figura 3b), se puede notar que la suspensión de almidón de apio es capaz de mantener su viscosidad estable a lo largo del tiempo, con valores comprendidos entre 60 y 80 cps., dándole a este tipo de almidón la facilidad para ser utilizado en la industria como agente estabilizante y espesante, en alimentos que durante su procesamiento sean sometidos a agitación o tratamientos mecánicos.

Absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento

La Figura 4 muestra los valores de absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento obtenidos para el almidón de apio. En cuanto a la capacidad de absorción de agua se observa que el mayor valor se obtuvo a los 80°C (47,87 g agua /g almidón seco); sin embargo, a temperaturas superiores, el almidón fue disminuyendo su capacidad de absorción de agua, ya que el incremento progresivo de la temperatura ocasiona el fraccionamiento del gránulo.

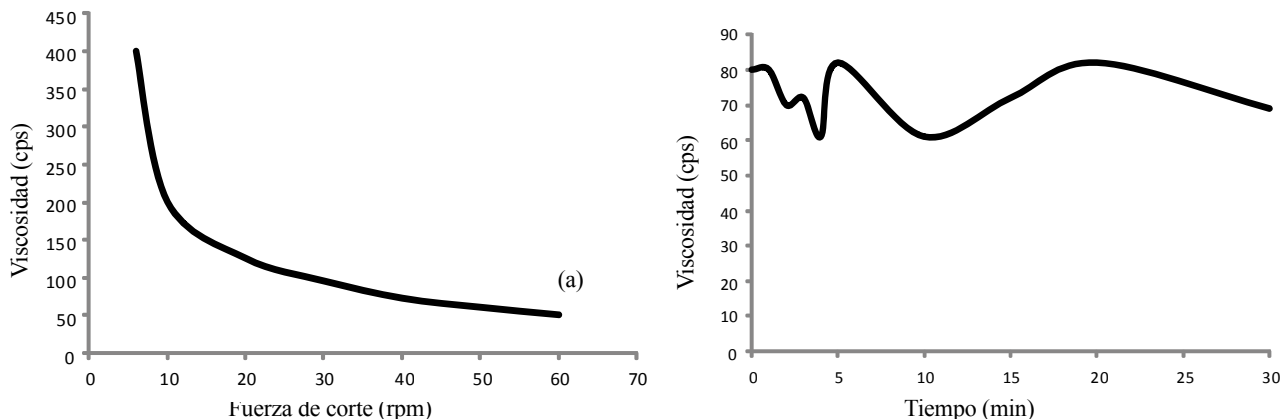


Figura 3. (a) Viscosidad obtenida a diferentes fuerzas de corte para el almidón de apio, expresada en centipoise (cps). (b) Estabilidad de la viscosidad del almidón de apio en el tiempo.

La capacidad de absorción de agua está determinada por el tamaño de los gránulos, las fuerzas de enlace intragranulares y la presencia de lípidos formando complejos insolubles con las moléculas de amilosa (Gebre y Schmidt, 1996). Rincón *et al.* (2007) expresan que el incremento en la temperatura provoca el debilitamiento de las fuerzas de enlaces presentes en las regiones amorfas, el desdoblamiento de las dobles hélices en las regiones cristalinas y el rompimiento de las estructuras de amilosa y amilopectina, con lo cual se va generando un desorden de la estructura del gránulo, que permite más fácilmente el ingreso de agua al mismo.

En lo que se refiere a la solubilidad del almidón de apio, se puede apreciar que ésta también aumentó a medida que se incrementó la temperatura; este compor-

tamiento es comparable al presentado por Pérez *et al.* (1999) y Lawal (2003) en almidones nativos de apio y ocumo, respectivamente. Se observa que a temperaturas superiores a 75°C, la solubilidad del almidón en estudio disminuye ligeramente. Cabe destacar, que el valor de solubilidad obtenido a la temperatura de 90°C (60%), fue superior al reportado por Pérez *et al.* (1999) en almidón nativo de apio criollo (35%) a la misma temperatura. La capacidad de solubilización del gránulo está determinada principalmente por su composición química y más directamente con el contenido de amilosa (Bello, 1999). No obstante, la temperatura también afecta la solubilidad, ya que un incremento de la primera trae como consecuencia la pérdida del orden intragranular y la ruptura de los gránulos, con la consecuente exudación de las moléculas

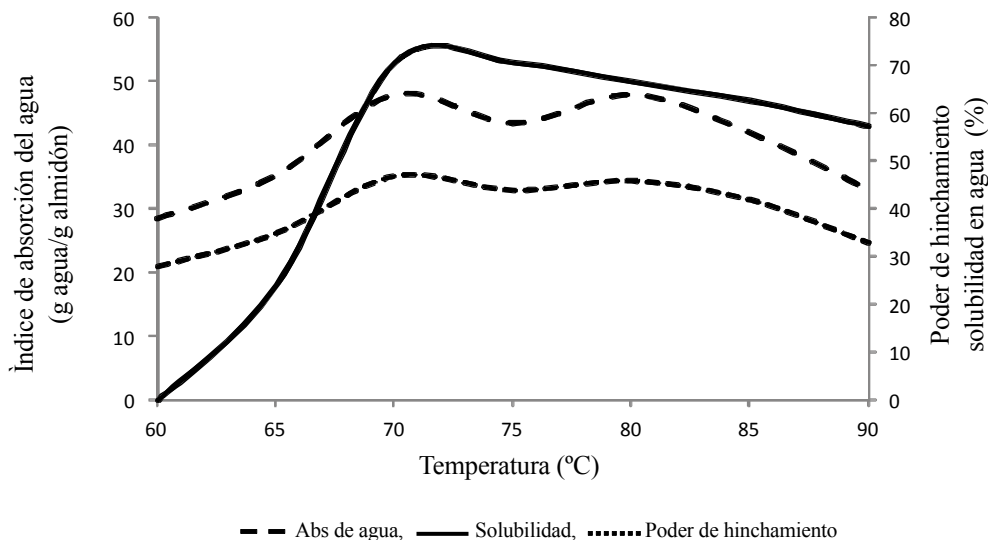


Figura 4. Propiedades reológicas del almidón de apio.

de amilosa, traduciéndose en un aumento de la solubilidad (Gujka *et al.*, 1994; Araujo *et al.*, 2004).

La capacidad de hinchamiento del gránulo de almidón está determinada por la absorción de agua, y por consiguiente por la temperatura, ya que un incremento de ésta genera un aumento en el poder de hinchamiento, debido a la ruptura de los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas, que permiten una absorción irreversible y progresiva del agua (Lii *et al.*, 1995). Además, Ring (1985), Cheng *et al.* (1996), Ratnayake *et al.* (2002) y Srichuwong *et al.* (2005) señalan que el poder de hinchamiento de los almidones es una propiedad que depende del contenido y características de la amilosa y de la amilopectina, en términos de distribución de peso molecular, del grado de ramificación, de la longitud de las ramificaciones y de la conformación de las moléculas.

El almidón de apio mostró una elevada tendencia al hinchamiento, el cual se incrementó rápidamente a partir de los 60°C, obteniéndose el valor más alto a 70°C (47,3 g agua/g almidón seco) (Figura 4). Este valor fue similar al presentado por Pérez *et al.* (1999) para almidón de apio nativo a 95°C (45 g agua/g almidón seco). No obstante, después de los 70°C se produjo un descenso en los valores de poder de hinchamiento, lo cual puede ser atribuido al hecho de que las fuerzas de enlace intragranulares de este almidón son débiles y no resisten altas temperaturas, ocasionando así la fragmentación del gránulo.

Solubilidad en agua fría

El almidón de apio presentó una baja tendencia a solubilizarse en agua fría (4,10%), inferior a la reportada por Pacheco y Techeira (2009), Chen y Jane (1994) y Bello-Pérez *et al.* (2002b), en almidones nativos de

ñame (7,18%), maíz (19,7%) y plátano (22,3%), respectivamente. La baja solubilidad del almidón de apio puede atribuirse a la existencia de un mayor número de asociaciones entre las cadenas de almidón y la longitud de los polímeros que lo constituyen, lo cual dificulta la dispersión de los gránulos en agua fría. (Chen y Jane, 1994; Adebowale *et al.*, 2002).

Perfil amilográfico

Temperatura inicial de gelatinización (TIG)

El almidón de apio presentó una temperatura inicial de gelatinización de 57,5°C (Figura 5), similar a la obtenida por Pérez *et al.* (1999) (60°C), pero superior a la señalada por Rodríguez *et al.* (2005) (49,26°C) en almidones de apio criollo nativos. Santacruz *et al.* (2002), Moorthy (2002) y Rincón *et al.* (2007) afirman que estos valores son coherentes con los rangos de temperatura de gelatinización indicados en la literatura para almidones de raíces y tubérculos, lo cual demuestra la gran inestabilidad de los enlaces inter e intramoleculares de este tipo de almidones, que no requieren de gran cantidad de energía para dar inicio al proceso de gelatinización. Esta característica le da a este almidón la potencialidad para ser usado en la elaboración de productos que no requieran altas temperaturas de fabricación, como los colados, caramelos tipo chiclosos, natillas, pudines, mermeladas, etc. (Hernández *et al.*, 2008).

Viscosidad máxima

Durante el proceso de calentamiento de la suspensión, la viscosidad aumentó rápida y progresivamente, alcanzando una viscosidad máxima de 1000 UB a

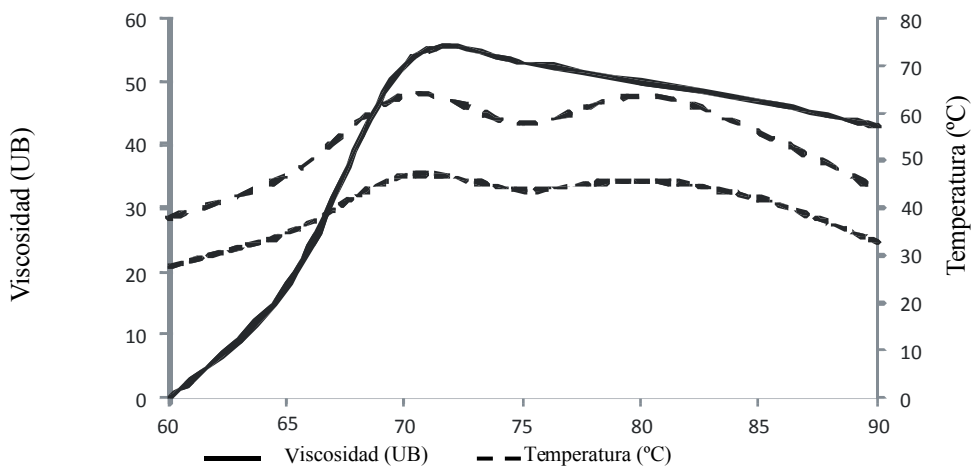


Figura 5. Perfil amilográfico del almidón nativo de apio criollo

71°C (Figura 5); observándose una caída en el valor de viscosidad por encima de esta temperatura, indicado así la baja estabilidad de la suspensión al calentamiento bajo agitación constante. Este comportamiento es característico de los almidones de raíces y tubérculos y también fue observado por Ganga y Corke (1999), Narváez *et al.* (2007) y Otegbayo *et al.* (2006) en almidones nativos de papa, maíz y ñame, respectivamente.

Retrogradación

El almidón de apio presentó una baja tendencia a la retrogradación, manteniendo su viscosidad estable durante el período de enfriamiento (Figura 5), debido posiblemente al contenido de amilosa y amilopectina, al tamaño de sus moléculas, al grado de ramificación y a la posible asociación entre el almidón y otros componentes no amiláceos (Ishiguro *et al.*, 2000; Miyazaki *et al.*, 2000). Estos resultados sugieren la posible utilización de este almidón en sistemas o formulaciones de alimentos donde se requiera el desarrollo de una rápida viscosidad y gel de consistencia estable al enfriamiento (Araujo *et al.*, 2004).

El comportamiento del almidón de apio en estudio durante el enfriamiento fue similar al reportado por Pérez y Pacheco (2005) y Jayakody *et al.* (2006) en almidones de batata y ñame, pero difiere de lo observado en suspensiones de almidones nativos de maíz y ñame evaluados por Hernández *et al.* (2004) y Pacheco y Techeira (2009), quienes observan una marcada tendencia a la retrogradación en la fase de enfriamiento.

Análisis físico del colado de durazno experimental y comercial

Al comparar las características físicas del colado de durazno en estudio con las determinadas para el colado de durazno comercial (Cuadro 4), se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los valores de viscosidad y sólidos solubles. No obstante,

los valores de pH y sólidos solubles se encuentran dentro del rango establecido por la norma 94 de Covenin (2005), la cual indica un contenido de sólidos superior a 15% y un pH inferior a 4,5. Las diferencias en los valores de viscosidad podrían atribuirse a que los colados comerciales utilizan almidones modificados como agentes espesantes y estabilizantes, los cuales muestran diferentes propiedades funcionales.

Estos resultados, al ser comparados con los valores obtenidos por Torres (1998) en colados de durazno, Mongel (2006) en colados de plátano con ñame y zanahoria y Silva y Costa (2008) en colados de cambur, muestran diferencias en cuanto al contenido de sólidos solubles (20,76; 14,97 y 22%, respectivamente) y pH (3,33; 5,60 y 4,70, respectivamente). En lo que se refiere a la viscosidad, Mongel (2006) presenta valores superiores al obtenido en el colado de durazno en estudio, los cuales fueron de 8.872 y 18.630 cps., para colados con 70 y 80% de plátano verde, respectivamente. Estas diferencias en cuanto a los valores de viscosidad y consistencia pueden ser atribuidas principalmente al contenido y tipo de almidón incorporado en los colados.

En cuanto al color, los colados de durazno en estudio y el comercial presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al parámetro L de luminosidad y a la coordenada a de cromaticidad, así como al valor de ΔE , lo cual indica la diferencia de color existente entre ambos tipos de productos, debido posiblemente a la utilización de materias primas diferentes (distintas variedades) y a que en el colado experimental no se utilizaron agentes antioxidantes (ácido cítrico o ácido ascórbico, entre otros).

Composición química del colado de durazno experimental y comercial

La composición química se muestra en el Cuadro 5, donde se puede apreciar que el colado de durazno experimental presentó un menor contenido de humedad

Cuadro 4. Análisis físico de los colados de durazno experimental y comercial

Parámetros	Colado experimental	Colado comercial
pH	4,3±0,17a‡	3,8±0,05a
Viscosidad (cps)	4.847±393,1a	7.833±288,6b
Sólidos solubles (°Brix)	27,1±0,28a	18,5±0,00b
Consistencia (cm)	7,83±0,28a	5,0±0,00a
Color †		
L	36,96±0,31a	37,77±0,21b
a	7,15±0,17a	2,11±0,12b
b	14,49±0,26a	12,2±0,22a
ΔE	57,51	55,74

†L = luminosidad, a y b = coordenadas de cromaticidad, ΔE : magnitud de diferencia de color respecto a placa estándar; $\Delta E^2 = \Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2$

‡Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (P<0,05).

(72,4%), en comparación con el colado comercial (79,7%). Estos resultados son comparables con los obtenidos por López (1996), quien elaboró colados de manzana usando como agente espesante harina de plátano verde y reportó valores entre 72,9 y 76,8%, mientras que Pacheco (2004), en su estudio de la utilización de harina de ñame (*Dioscorea alata*) en el procesamiento de colados de manzana en diferentes proporciones, mostró valores de 78,2% (3% harina de ñame) y 75,3% (5% harina de ñame).

Los resultados obtenidos para los colados de durazno en estudio en cuanto al contenido de cenizas (0,13%), proteínas (0,45%), almidón (0,50%), grasa (0,21%) y fibra dietética (0,98%) (Cuadro 5) fueron similares a los valores obtenidos para los colados comerciales, pero inferiores a los reportados por Mongel (2006) en colados de plátano verde con ñame con zanahoria. En lo que respecta al contenido de azúcares reductores y totales (Cuadro 5), se puede afirmar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el colado de durazno experimental y el colado comercial. Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de azúcares reductores, coinciden con los presentados por Bocaranda (1998) y Torres (1998) en colados elaborados con berenjena-piña y berenjena-durazno, en una proporción 1:1, los cuales fueron de 3,7 y 4,96%, respectivamente.

Análisis sensorial

En la Figura 6 se aprecian los resultados de la evaluación sensorial realizada a los colados de durazno experimentales, donde se observa una gran aceptación por parte de los niños (92,3%) ($P < 0,01$). Es importante destacar que este análisis estuvo fundamentado en el sabor del colado, ya que no fue evaluado ningún otro atributo (textura, color, consistencia, olor, entre otros).

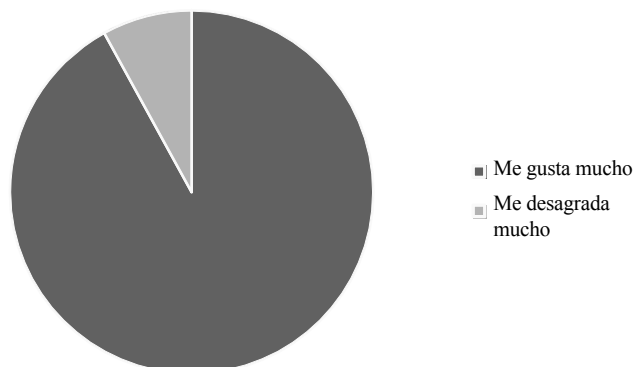


Figura 6. Evaluación sensorial

CONCLUSIONES

El almidón de apio puede ser utilizado en la elaboración de productos que no requieran altas temperaturas de fabricación, ya que este presenta fuerzas de enlace intragranulares débiles. Sin embargo, muestra gran potencialidad para ser utilizado como agente espesante en distintos productos como pudines, papillas, colados, entre otros, ya que su alta capacidad de absorción de agua, poder de hinchamiento y solubilidad son deseables para este tipo de producto. Además, el almidón de apio alcanza altos valores de viscosidad a bajas temperaturas, representando un menor gasto de energía para lograr la gelatinización del gránulo. Los colados de durazno obtenidos utilizando el almidón de apio criollo mostraron características físicas, químicas y reológicas similares al producto comercial y fueron de gran aceptación por parte de los niños, por lo cual se recomienda la utilización del almidón de apio criollo nativo en este tipo de productos, considerando que se trata de un almidón en el que no se aplicó ningún tipo de modificación química.

Cuadro 5. Características químicas del colado de durazno experimental y comercial.

Propiedad (%)	Colado experimental		Colado comercial	
	BH†	BS	BH	BS
Humedad	72,4±0,98b‡	-	79,7±0,27a	-
Cenizas	0,13±0,02	0,49±0,08	0,11±0,01	0,54±0,08
Proteína crudas	0,456±0,09	1,64±0,09	0,321±0,07	1,57±0,05
Almidón	0,50±0,01	1,83±0,03	0,48±0,02	2,36±0,05
Grasa cruda	0,219±0,18	0,79±0,68	0,226±0,24	0,97±0,98
Fibra dietética total	0,98±0,19	3,84±1,13	0,53±0,16	2,61±0,83
Azúcares reductores	3,89±0,24	14,08±0,89	3,99±0,29	19,71±1,44
Azúcares totales	24,6±2,1	89,53±7,33	18,50±3,8	91,26±3,32

† BH: base húmeda, BS: base seca

‡ Letras diferentes en una misma fila para una misma base indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,05$.

§ Proteína = N*6,25.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebowale, K.; T. Afolabi; O. Lawal. 2002. Isolation, chemical modification and physicochemical characterization of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour. *Food Chem.* 78: 305-308.
- Alves, R.; M. Grossmann; C. Ferrero; N. Zaritzky; M. Martino; M. Sierakoski. 2002. Chemical and functional characterization of products obtained from yam tubers. *Starch/Stärke* 54: 476-481.
- Alvis, A.; C. Vélez; H. Villada; M. Mendoza. 2008. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa. Determinación de la viscosidad de las pastas. *Inf. Tec.* 19: 19-28.
- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 9^{na} ed. The American Association of Cereal Chemists. St. Paul, EUA.
- Analytical Software. 2003. Statistix for Windows. Ver. 8. Analytical Software, Tallahassee, EUA.
- Anderson, R. 1982. Water absorption and solubility and amilograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.* 59: 265-269
- Araujo, C.; A. Rincón; F. Padilla. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. *Arch. Latin. Nutr.* 54: 241-244.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.
- Bello, L. 1999. Isolation and partial characterization of banana starches. *J. Agric. Food Chem.* 47: 854-857.
- Bello-Pérez, L.; L. Sánchez; E. Moreno; J. Toro. 2002a. Laboratory scale production of maltodextrins and glucosa syrup from banana starch. *Acta Cien. Ven* 53: 44-48.
- Bello-Pérez, L.; S. Contreras.; R. Romero; J. Solorza; A. Jiménez. 2002b. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca* l.) (var. Macho). *Agrociencia* 36: 169-180.
- Bocaranda, J. 1998. Utilización de la pulpa de berenjena como agente extensor en la elaboración a nivel industrial de colados de frutas. Tesis de grado. Fac. Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Cariaga, L.; D. Soto. 1994. Aspectos nutricionales de los adultos mayores. *Rev. Iberoam. Geriatria Gerontol.* 19: 51-56.
- Covenin (Comisión Venezolana de Norma Industriales). 1979. Alimentos. Norma N° 1315. Determinación de pH (Acidez iónica). Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 3p.
- Covenin (Comisión Venezolana de Norma Industriales). 1983. Frutas y productos derivados. Norma N° 924. Determinación de sólidos solubles por refractometría. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 3p.
- Covenn (Comisión Venezolana de Norma Industriales). 1983. Alimentos colados y picados, envasados para lactantes. Norma N° 977. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6p.
- Covenin (Comisión Venezolana de Norma Industriales). 1994. Alimentos colados y picados, envasados para lactantes. Norma N° 2005. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6p.
- Chen, J.; J. Jane. 1994. Preparation of granular cold-water-soluble starches prepared by alcoholic-alkaline treatment. *Cereal Chem.* 71: 618-622.
- Cheng, Y.; M. Tsai; K. Tseng. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem.* 73: 415-420.
- Codex. 1981. Norma para el Codex para Compotas (Conservas de frutas) y Jaleas. Codex STAN 79-1981. Roma, Italia.
- Defloor I., I. Dehing; J. Delcour. 1998. Physico-chemical properties of cassava starch. *Starch/Stärke* 50: 58-64.
- Díaz, M.; I. Carreras. 1999. Síntesis y caracterización del almidón oxidado para su posterior evaluación como agente aglutinante en tabletas. *Rev. Cub. Farmacéutica* 33: 98-103.
- Eastman, J.; C. Moore. 1984. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702. Washington, EUA.
- FAO. 1991. Raíces, Tubérculos, Plátanos y Bananas en la Nutrición Humana. Colección Alimentación y Nutrición Humana, N° 24. Roma, Italia. 196 p.
- Ganga, Z.; H. Corke. 1999. Physical properties of starches of Asian-adapted potato varieties. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1642-1646.

- García, A.; W. Walter. 1999. Physico chemical characterization of starch from Peruvian sweet potato selection. *Starch/Stärke* 50: 331-337.
- Gebre, T.; P. Schmidt. 1996. Some physico-chemical properties of *Dioscorea* starch from Ethiopia. *Starch/Stärke* 48: 208-212.
- Giese, J. 1995. Measuring physical properties of foods. *Food Technol.* 49: 54-63
- Gujaska E; W. Reinhard; K. Khann. 1994. Physicochemical properties of field pea, pinto and navy bean starches. *J. Food Sci.* 59: 634-637.
- Hernández-Urbe, J.; G. Pérez; G. Méndez; L. Bello-Pérez; J. Solórzano. 2004. Thermal and viscoelastic properties of starch isolated from Mexican corn hybrids. *Acta Cien. Ven.* 55: 276-287.
- Hernández, M.; J. Torruco; L. Ghel; D. Betancour. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Agrociencia* 28: 718-726.
- Holm, J.; I. Bjorck; A. Drews; N. Asp. 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Starch/Stärke* 38: 224-226.
- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Appl. Sci. Carboh. Polymers.* 45: 253-267.
- Hunter Associates Laboratory. 2001. Instruction Manual Hunter Lab. 11491. Reston, EUA. 132 p.
- Ishiguro, K.; T. Noda; K. Kitahara; O. Yamakaw. 2000. Retrogradation of sweet potato starch. *Starch/Stärke* 52: 13-17.
- Jayakody, L.; R. Hoover; Q. Liu; E. Weber. 2004. Studies on tuber and root starches. I. structure and physicochemical properties of innala (*Solenostemon rotundifolius*) starches grown in Sri Lanka. *Food Res. Int.* 38: 615-629.
- Jayakody, L.; R. Hoover; Q. Liu; E. Donner. 2006. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea sp.*). Starches grown in Sri Lanka. *Carboh. Polymers.* 69: 148-163.
- Juliano, B. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. *Cereal Sci. Today* 16: 334-360
- Lawal, O. 2003. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starches. *Food Chem.* 87: 205-218.
- Lii, C.; Y. Shao; K. Tseng. 1995. Gelations mechanism and rheological of rice starch. *Cereal Chem.* 72: 393-400.
- López, I. 1996. Utilización de la harina de plátano verde en la elaboración de colados de manzana como alternativa para niños con diarrea. Tesis de grado. Fac. Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Lu, T.; J. Chen; C. Lin; Y. Chang, Y. 2004. Properties of starches from cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) tubers planted in different seasons. *Food Chem.* 91: 69-77.
- McCready, R.; J. Guggiols; H. Silveira. 1950. Determination of starch and amylose in vegetable. *Anal. Chem.* 22(9): 1156-1158.
- Miyazaki, K.; T. Kumamoto; K. Kagoshima; O. Kumamoto. 2000. Retrogradation of sweet potato starch. *Starch/Stärke* 52: 13-17.
- Mongel, D. 2006. Estudio de las características fisicoquímicas y de estabilidad en el tiempo de colados de plátano (*Musa paradisiaca*) y de ñame (*Dioscorea alata*) con zanahoria (*Daucus carota* L.). Tesis de grado. Fac. Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Moorthy, S. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches. *Starch* 54: 559-592.
- Narváez, E.; J. Figueroa; S. Taba; E. Castaño; R. Martínez. 2007. Efecto del tamaño del granulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificio. *Rev. Fitotecnia Mex.* 30: 269-277.
- Otegbayo, B.; A. Johnson; R. Asiedu; M. Bokanga. 2006. Pasting characteristics of fresh yams (*Dioscorea spp.*) as indicators of textural quality in a major food product pounded yam. *Food Chem.* 99(4): 663-669.
- Pacheco, E. 2004. Uso de la harina de ñame (*Dioscorea spp*) en la elaboración de colados de manzana. *Rev. Chil. Nutr.* 5(2): 24-30.
- Pacheco, E.; N. Techeira. 2009. Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*Dioscorea alata*). *Interciencia* 34: 1-6.
- Pérez, E.; W. Breeme; Y. Bahanase. 1998. Gelatinization profiles of Peruvian carrot, cocoyam and potato starches as measured with the brabender, viscoamylograph, rapid viscoanalyzer and differential scanning calorimeter. *Starch/Stärke* 50: 14-16.
- Pérez, E.; R. Borneo; C. Melito; J. Tovar. 1999. Chemical, physical and morphometric properties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza* B.) starch. *Acta Cien. Ven.* 50: 240-244.
- Pérez, E.; E. Pacheco. 2005. Características químicas, físicas y reológicas de la harina y el almidón nativo aislado de *Ipomoea batatas*. *Acta Cien. Ven.* 56: 12-20.

- Ratnayake, W.; R. Hoover; T. Warkentin. 2002. Pea starch: Composition, structure and properties-a review. *Starch/Stärke* 54: 217-234.
- Rincón, A.; L. Bou; L. Aragoza; F. Padilla. 2007. Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de fruto pan (*Artocarpus altilis*). *Arch. Latin. Nutr.* 57: 287-294.
- Ring, S. 1985. Some studies on starch gelation. *Starch/Stärke* 37: 80-83.
- Rodríguez, D.; M. Espitia; Y. Caicedo; Y. Córdoba; Y. Baena; C. Mora. 2005. Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*). *Rev. Col. Cien. Quím. Farm.* 34: 140-146.
- Salazar, M. 2008. Desarrollo de una compota de zapallo con harina de maíz tostado y estudio de su tratamiento térmico. Tesis de grado. Fac. Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Universidad Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Santacruz, S.K. Koch, E. Svensson; J. Ruales; A. Eliasson. 2002. Three under-utilised sources of starch from the Andean region in Ecuador: Part I. Physico-chemical characterisation. *Carboh. Polym.* 49: 63-70.
- Silva, C.; A. Costa. 2008. Diseño de la línea de producción de compotas de banano. Fac. Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 9 p.
- Srichuwong, S.; T. Sunarti; T. Mishima; N. Isono; M. Hisamatsu. 2005. Starches from different botanical sources II. Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carboh. Polym.* 62: 25-34.
- Techeira, N.; M. Matos. 2006. Elaboración y caracterización de harinas obtenidas a partir de granos de arroz entero (*Oryza sativa* L.) de origen comercial. Tesis MSc. Fac. Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Thomas, D.; W. Atwell. 1999. Starch structure. *In Starches. Practical Guide for the Food Industry.* Eagan Press Handbook Series. Eagan Press. St Paul, EUA. pp. 1-12.
- Torres, J. 1998. Utilización de la pulpa de berenjena (*Solanum melongema*) como agente extensor en la elaboración a nivel industrial de colados de frutas. Tesis de grado. Fac. Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Wiedenhöfer, H. 1993. Pruebas no paramétricas para las ciencias agropecuarias. Muestras pequeñas. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Oficina de Estadística e Informática. Maracay, Venezuela. 75 p.
- Whistler, R.; J. Bemiller. 1997. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists.* Eagan Press. St. Paul, EUA. 151 p.
- Woolfe, J. 1992. Sweet potato an untapped food polysaccharides and their application. Marcel Dekker. New York, EUA. 43 p.