

Efecto del secado y tratamiento con ácido cítrico sobre la degradación de carotenoides en harinas de batata (*Ipomoea batatas* L.)¹

Effect of drying and citric acid treatment on carotenoids degradation in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flours

E. Salazar de Marcano², O. Méndez², J. González², M.J. Moreno Álvarez^{3*},
D. García Pantaleón³, D.R. Belén Camacho³, C. Medina Martínez³,
C. Ojeda Escalona³ y N. Griman⁴

²Universidad de Oriente, núcleo Anzoátegui, Departamento de Ingeniería Química Puerto La Cruz, estado Anzoátegui, Venezuela.

³Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Laboratorio de Biomoléculas, núcleo Canoabo, estado Carabobo, Venezuela.

⁴Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, núcleo Canoabo, Dirección de núcleo, estado Carabobo, Venezuela.

Resumen

La influencia del secado por convección forzada y solar fue evaluada sobre la degradación del contenido de los carotenoides totales en harinas de batata (*Ipomoea batatas* L.), acondicionadas con ácido cítrico en concentraciones de 0,50, 1,00 y 2,00% (m/v). Se utilizaron tres cultivares (USR 1; USR 3 y USR 4) provenientes de la Estación Experimental Santa Ana de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, núcleo Canoabo, estado Carabobo, Venezuela. Los tubérculos fueron procesados para obtener una harina integral. A las muestras de harinas se les evaluó el contenido de carotenoides totales, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0,05$). Las muestras de harina de batata obtenidas a partir del cultivar USR-3 secadas en estufa acondicionadas con 0,5% de ácido cítrico presentaron la menor degradación de pigmentos (6,41 mg carotenoides/100 g de harina). Se concluye que el secado por convección previa inmersión en ácido cítrico origina la menor degradación de los carotenoides en harina de batata, lo cual es favorable dado los efectos benéficos que se han atribuido al consumo de estos metabolitos.

Palabras clave: Batata, carotenoides, secado, ácido cítrico, *Ipomoea batatas*, harina.

Recibido el 25-9-2008 ● Aceptado el 23-10-09

Autor de correspondencia e-mail: morenoalvarez@cantv.net Teléfono + 58249-8083430

¹Investigación financiada por el Proyecto PEM FONACIT-UNESR 2001002271

Abstract

The influence of convection forced and solar drying on degradation of total carotenoids content in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flours conditioned with 0.50, 1.00 and 2.00% w/v of citric acid, was evaluated. Three cultivates (USR-1, USR-3 and USR-4) from "Santa Ana" Experimental Station of "Simon Rodriguez" Experimental University, Canoabo campus, Carabobo state-Venezuela, were used. The tubers were turned at whole flour. Flour samples were extracted with organic solvents for the total carotenoids content determination. Significant differences ($P>0.05$) between treatments were found. Sweet potato flour samples from USR-3 cultivate drying in stove and 0.5 % w/v of citric acid, showed the lesser pigments degradation (6.41 mg of carotenoides/100 g of flour). It can be concluded that drying by conversion with citric acid previous immersion cause the lower carotenoids degradation in sweet potato flour which is favorable because the benefit effects attributed to the consumption of these metabolites.

Key words: sweet potato, carotenoids, drying, citric acid, *Ipomoea batatas*.

Introducción

La batata (*Ipomoea batatas* L.) perteneciente a la Familia Convolvulaceae (Sangroris *et al.*, 2006), es una especie conocida también con los nombres camote, boniato y papa dulce, entre los más comunes. En Venezuela, el cultivo de batata tiene un enorme potencial de crecimiento, debido a que las condiciones de suelo y clima favorecen su producción a bajo costo. Adicionalmente, su aporte nutricional en carbohidratos, provitamina A, ácido ascórbico, ácido fólico y cantidades moderadas de proteínas puede ser aprovechado en productos elaborados para consumo humano. La transformación de este rubro agrícola en harinas estables, como alternativa alimentaria, diversificaría su uso al servir como materia prima para la elaboración de productos comerciales como sopas, tortas, pan, bizcochos, entre otros, además, se disminuirían las pérdidas postcosecha por ser un producto muy perecedero. Sin

Introduction

The sweet potato (*Ipomoea batatas* L.), Convolvulaceae family (Sangroris *et al.*, 2006), is one specie also known Ruth names of "camote", "boniato" and "sweet potato". In Venezuela, the sweet potato cultivation has a growth huge potential, because soil and climate conditions favors its low cost production. Additionally, its nutritional contribution in carbohydrates, pro-vitamin A, ascorbic acid, folic acid and moderate quantities of proteins could be beneficial in products made for human consumption. The transformation of this agricultural crop in stable flours, like feeding alternative would diversify its use function as raw material for the commercial products making like soups, cakes, bread, sponges, among others, and also those post-harvest losses would be diminished because being a very perishable product. However, it is one of foods known by

embargo, es uno de los alimentos menos conocidos por el consumidor común en cuanto a sus cualidades nutritivas. En la actualidad su producción se realiza como cultivo de subsistencia, para la alimentación animal y la producción de almidón, a pesar de que pudiera ocupar un lugar significativo en la actividad agrícola nacional y de esta manera sustituir a otros alimentos, cuya producción es más costosa y de menos valor nutritivo para el consumidor (Navas *et al.*, 1999; Sangronis *et al.*, 2006)

La mayor importancia en el consumo de la batata está asociada con su apreciable contenido de carotenoides, precursores de la vitamina A (Navas *et al.*, 1999), y antioxidantes naturales. Investigaciones recientes han demostrado que la ingestión de carotenoides previene la aparición de enfermedades como cáncer, afecciones cardíacas y cerebro-vasculares (Rao y Rao, 2007; Rodríguez-Amaya, 1999; Bengtsson *et al.*, 2008)

Los carotenoides son pigmentos ampliamente distribuidos en la naturaleza. Son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales. En los vegetales verdes se encuentran en los cloroplastos, formando parte del sistema de biosíntesis, pero son mucho más abundantes en raíces, frutas y flores (Hari *et al.*, 1994; Meléndez-Martínez *et al.*, 2004; Moreno-Álvarez *et al.*, 2006). Los carotenoides son tetraterpenos de 40 carbonos, simétricos y lineales, formados a partir de ocho unidades isoprenoides de 5 carbonos unidas de manera tal que el orden se invierte en el centro (Padrón-Pereira y Moreno-

common consumer in relation to its nutritive qualities. Nowadays, its production is made as subsistence crop, for the animal nutrition and the starch production despite it could occupy a significant place in the national agricultural activity and like that substitute to other foods with a expensive production and it has lower nutritive value to consumer (Navas *et al.*, 1999; Sangronis *et al.*, 2006)

The high importance on the sweet potato consumption is related to its appreciable carotenoids content, precursors of vitamin A (Navas *et al.*, 1999), and natural antioxidants. Recent researches have shown that carotenoids consumption prevent the disease appearance like cancer, cardiac affections and brain-vascular (Rao and Rao, 2007; Rodríguez-Amaya, 1999; Bengtsson *et al.*, 2008)

Carotenoids are widely distributed in nature. They are responsible of most of yellow, orange and red colors present in vegetable foods, and also, of orange colors of several animal foods. In green vegetables they are found in chloroplasts, taking part of the biosynthesis system, but they are much more abundant in roots, fruits and flowers (Hari *et al.*, 1994; Meléndez-Martínez *et al.*, 2004; Moreno-Álvarez *et al.*, 2006). Carotenoids are tetraterpenes of 40 carbons, symmetric and lineal ones, formed from eight units isoprenoids of 5 carbon joint such a way that the order is inverted in center (Padrón-Pereira and Moreno-Álvarez, 1999; Meléndez-Martínez *et al.*, 2004) industrial level have been used like natural colorants in juices and other foods with the purpose of

Álvarez, 1999; Meléndez-Martínez *et al.*, 2004). A nivel industrial se han utilizado como colorantes naturales en jugos y otros alimentos con la finalidad de mejorar sus propiedades sensoriales (Moreno-Álvarez *et al.*, 1999, 2003, 2006; Padrón-Pereira y Moreno-Álvarez, 1999).

En la elaboración de la harina de batata, es necesario aplicar un proceso de secado el cual puede favorecer reacciones de oxidación debido a las condiciones térmicas y por consiguiente disminución del contenido de dichos pigmentos en el producto final (Navas *et al.*, 1999). Adicionalmente, la batata como otros tubérculos experimenta un proceso de oscurecimiento enzimático, atribuido a la presencia de la polifenoloxidasas (Jiménez *et al.*, 2004). La técnica más común para evitar este efecto indeseable, es el uso de un ácido orgánico como inhibidor químico de la polifenoloxidasas (Wong, 1995). En este sentido, es necesario y de interés evaluar las mejores condiciones de operación que minimicen la destrucción de estos pigmentos naturales.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto que ejerce la aplicación del método combinado (secado e inmersión en ácido) en el proceso de elaboración de la harina de batata sobre la cuantificación de los carotenoides totales presentes en tres cultivares del tubérculo.

Material y métodos

Muestra y tratamiento de la materia prima

Los tubérculos de *Ipomoea batatas* L. se recolectaron aleatoriamente en cantidad de 20 kg de cada cultivar

mejorando sus propiedades sensoriales (Moreno-Álvarez *et al.*, 1999, 2003, 2006; Padrón-Pereira and Moreno-Álvarez, 1999).

En la elaboración de sweet potato flour, it is necessary to apply a drying process which can cause oxidation reactions because thermic conditions and consequently the decrease of content of these pigments in the final product (Navas *et al.*, 1999). Also, the sweet potato like other tubers experiment an enzymatic darkening process, attributed to polyphenol oxydase presence (Jiménez *et al.*, 2004). The more common technique to avoid this undesirable effect is the use of an organic acid like chemical inhibitor of polyphenol oxydase (Wong, 1995). It is necessary and interesting to evaluate the best operation conditions that reduce destruction of these natural pigments.

This research had as objective to evaluate the effect exerted by the application of the combined method (dried and acid immersion) in the making process of sweet potato flour on the carotenoids quantification of total carotenoids present in three cultivars of tuber.

Materials and methods

Sample and treatment of raw material

Tubers of *Ipomoea batatas* L. were at random collected (20 kg each cultivar) codified by clones USR-1, USR-3 and USR-4, in the Experimental station "Santa Ana" Universidad National Experimental "Simón Rodríguez", Canoabo municipality, Carabobo state, República Bolivariana

codificados por los clones USR-1, USR-3 y USR-4, en la Estación Experimental Santa Ana de la Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez", en el municipio Canoabo, estado Carabobo-República Bolivariana de Venezuela, pertenecientes a la cosecha de febrero del 2005. Los tubérculos de aspecto sanos y sin daños mecánicos se lavaron con abundante agua corriente hasta remover todas las impurezas propias del cultivo y finalmente se secaron con papel absorbente.

Evaluación físico-química de la materia prima en estado fresco

Los tubérculos, ocho unidades por cada cultivar con un peso promedio de $240,00 \pm 0,01$ g, se cortaron manualmente con un cuchillo de acero inoxidable en forma de rodajas hasta obtener cortes de un espesor promedio de 2 cm y de tamaño variado, las cuales fueron procesadas (una unidad por cada cultivar) para efectuar las siguientes determinaciones: pH, acidez titulable (g de ácido cítrico/100 g de muestra), humedad y sólidos solubles (medidos en °Brix utilizando un refractómetro marca B & L modelo 30103), según normas y procedimientos establecidos por la AOAC (1990). Todas las determinaciones se efectuaron por triplicado.

Tratamientos de las rodajas

Las rodajas se sometieron a un proceso de inmersión en solución de ácido cítrico al 0,50, 1,00 y 2,00 %m/v durante media hora mediante procedimiento establecido por Hernández y Moreno-Álvarez (2000). Como tratamiento control se colocaron muestras en agua destilada. Seguidamente, las muestras tratadas, fueron sometidas a un proceso de secado parcial en estu-

de Venezuela, harvested in February, 2005. Tubers of health aspect and without mechanical damages were washed with enough water until removing all the impurities of crop and finally they were dried with absorbent paper.

Physical-chemical evaluation of fresh raw material

The tubers, eight units each cultivar with an average weight of 240.00 ± 0.01 g, were manually cut a stainless steel knife into slices way until obtaining cuts of a thickness of 2cm and varied size which were processed (one unit by each cultivar) to make the following determinations: pH, titrable acidity (g of citric acid/100g sample), moisture and soluble solids (°Brix) by using a refractometer mark B & C, model 30103, according norms and procedures established by the AOAC (1990). All determinations were made by triplicate.

Slice treatments

Slices were subject to a immersion process on acid citric solution to 0.50, 1.00 and 2.00%*m/v* during half and hour according to the procedure established by Hernández and Moreno-Álvarez (2000). Samples were placed on distilled water as a control treatment. After that, samples treated were subject to a partial drying process in a forced convection stove (mark Felisa® model Fe-294 AD) to a temperature of $40 \pm 1^\circ\text{C}$, during 48h. The same number of samples was subject to solar dried in a prototype dryer designed and constructed by Tortolero (2002) which use solar energy and have an additional heater system activated by electrical resistances. In this study, only the

fa de convección forzada (marca Felisa® modelo Fe-294 AD) a una temperatura de $40 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 48h. Igual número de muestras fueron sometidas a secado solar en un secador prototipo diseñado y construido por Tortolero (2002) el cual emplea energía solar y posee un sistema adicional de calentamiento accionado por resistencias eléctricas. Para este estudio sólo se empleó el colector solar. El área total de trabajo del colector fue 3m^2 , y conductividad térmica $0,04 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1} \times \text{m} \times ^\circ\text{C}$, empleando una temperatura de trabajo mínima que alcanzada fue de 60°C con energía solar incidente promedio de $475 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-1} \times \text{día}$, el flujo de calor de diseño fue $17,568 \text{ kca}\cdot\text{h}^{-1}$ para una eficiencia térmica de 50%. La unidad de secado funciona de la siguiente manera: la radiación solar incidente atraviesa una superficie de vidrio, calienta las superficies selectivas y la masa de aire que circula por convección natural; el aumento de temperatura en el alimento colocado en alguna de las zonas del colector evapora el agua contenida en él, la cual es retirada por la corriente de aire a través de los orificios de salida hasta alcanzar una humedad aproximada de 13%. Las muestras parcialmente secas (humedad 13%) fueron molidas mediante equipo manual de muelas marca Corona® y tamizadas en un equipo marca W.S. Tyler modelo RX-812 con apertura de malla de $45 \mu\text{m}$ para obtener las harinas integrales.

Determinación de carotenoides totales de las harinas

Para la extracción y determinación de los carotenoides totales se utilizó la metodología propuesta por Hernández y Moreno-Álvarez (2000) y Belén Camacho

solar collector was used. Total collector work area was 3m^2 , and thermic conductivity $0.04 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1} \times \text{m} \times ^\circ\text{C}$, using a minimum temperature of 60°C with solar energy, average incident of $475 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-1} \times \text{day}$, the design heat flow was $17.568 \text{ kca}\cdot\text{h}^{-1}$ for a thermic efficiency of 50%. The drying unit functions as follows: the incident solar radiation go through a glass surface, heat up the selective surfaces and the air mass that circulates by natural convection; the temperature increase on the food placed in any of collector regions evaporates water on it which is retired by the air current through the output holes until reaching a moisture of 13%. Samples already dried (13% moisture) were grinded by using manual equipment mark Corona® and sieved on an equipment mark W.S. Tyler, model RX-812 with mesh opening of $45 \mu\text{m}$ to obtain the integral flours.

Total carotenoids determination in flours

For the extraction and determination of total carotenoids the methodology proposed by Hernández and Moreno-Álvarez (2000) and Belén Camacho *et al.*, (2004) was used. In all the cases a relation 5g flour:50 mL petroleum ether was maintained (mark Riedel-de-Haën, pe $40\text{-}60^\circ\text{C}$). The extraction process was in darkness, during 48 hours. The organic extract obtained was at vacuum filtered and repeated washes by using petroleum ether were accomplished until obtaining a volume of 100mL. The final extract was at vacuum concentrated with a rotaevaporator (mark Heidolph, model vv 2011) at a speed of 118rpm and at a

et al., (2004). En todos los casos se mantuvo una relación 5g de harina: 50 mL de éter de petróleo (marca Riedel-de-Haën, pe 40-60°C). El proceso de extracción fue en la oscuridad por 48 horas. El extracto orgánico obtenido se filtró al vacío y se efectuaron lavados repetidos con éter de petróleo hasta alcanzar un volumen de 100 mL. El extracto final se concentró al vacío con un rota evaporador (marca Heidolph modelo vv 2011) a una velocidad de 118rpm y a una temperatura de 40°C, hasta que obtener un volumen de 50 mL. Se colocó en embudos de separación de 500 mL cubiertos con papel de aluminio y se le agregaron 50 mL de metanol (Riedel-de-Haën pe 64-65°C) con KOH (J.T. Baker Analyzed®) al 1% (m/v). Los extractos orgánicos obtenidos se concentraron a un volumen final de 10mL y se evaluaron en un espectrofotómetro marca Agilent modelo 8453 contra un blanco de éter de petróleo, a una longitud de onda de 440 nm. La concentración de carotenoides totales se determinó mediante una curva de calibración: $Y = 14,201X + 0,038$ ($R^2 = 0,9971$), utilizando como patrón trans- β -caroteno puro (marca Sigma, C-9750). Los valores obtenidos se expresaron como mg de carotenoides totales (CT)/100 gramos muestra de harina.

Análisis estadístico

Con el fin de determinar diferencias en las evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos de los cultivares se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza y comparación de medias por Tukey ($P < 0,05$) (SAS, 1992). Para estudiar el efecto del tratamiento con inmersión con ácido cítrico, efecto del tipo de secado y cultivar evaluado, se utilizó un diseño bi-

temperature of 40°C, until obtaining a volume of 50 mL. It was placed on separation funnels of 500mL covered with aluminum paper and 50 mL of methanol were added (Riedel-de-Haën pe 64-65°C) with KOH (J.T. Baker Analyzed®) to 1% (m/v). The organic extracts obtained were concentrated to a final volume of 10mL and they were evaluated in a spectrophotometer mark Agilent, model 8453 against to a petroleum ether target, to a wave length of 440nm. The total carotenoids concentration was determined through a calibration curve: $Y = 14.201X + 0.038$ ($R^2 = 0.9971$), using as pattern trans- β -carotene pure (mark Sigma, C-9750). Values obtained were expressed as mg of total carotenoids (CT)/100 g in flour sample.

Statistical analysis

With the purpose of determining differences in the evaluations of physical and chemical parameters of cultivars, an analysis of variance to 95% reliability and means comparison by Tukey ($P < 0.05$) (SAS, 1992). To study the effect of treatment with citric acid immersion, effect of dry type and cultivar evaluated, bi-factorial design was used with two replications, being the factors considered, treatments of combined method (dried – acidification) (4 levels) and the sweet potato cultivars in study (3 levels), in relation to total carotenoids content. The results obtained were subject to analysis of variance and mean comparison by the means comparison of Tukey with a reliability level of 95%.

Results and discussion

Results of physical chemical

factorial con dos repeticiones, siendo los factores considerados, tratamientos de método combinado (secado – acidificación) (4 niveles) y los cultivares de batatas en estudio (3 niveles), en relación al contenido de carotenoides totales. Sometiendo los resultados obtenidos a análisis de varianza y comparación de medias por el método de comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presenta los resultados de la evaluación físico química de los tubérculos de batata de los diferentes cultivares estudiados. Los valores de humedad difieren entre significativamente ($P < 0,05$). Sin embargo, éstos son comparables al valor de humedad de 68,7% establecidos por INN (2001). En relación al resto de parámetros investigados, estos se encontraron dentro de los valores señalados para estos mismos cultivares muestreados en la misma localidad geográfica por Fermín-Cesin y González-Acosta., (2005).

Los resultados obtenidos del contenido de carotenoides totales (CT) expresados como mg CT/100 g de harina para los diferentes harinas integrales obtenidas de los cultivares de tubérculos de batata USR 1, USR 3 y USR 4, se presentan en el cuadro 2. Estos resultados son similares a los señalados por Fermín-Cesin y González-Acosta (2005). Se determinó que todos los tratamientos controles presentaron los menores valores de carotenoides totales a excepción del USR-1 (2,33 mg/100 g) secado al sol en el contenido de carotenoides totales independiente-

evaluation of sweet potato tubers of different cultivars studied are shown in table 1. Values of relative moisture differ among them in a significant way ($P < 0.05$). Nevertheless, these are comparable to the moisture value of 68.7% established by INN (2001). In relation to the rest of parameters, they were part of values reported for the same cultivars sampled in the same region by Fermín-Cesin and González-Acosta., (2005).

Results obtained from total carotenoids content (CT) expressed as mg CT/100 g of flour for the different integral flours obtained from cultivars of sweet potato tubers USR 1, USR 3 and USR 4, are shown in table 2. These results are similar to those reported by Fermín-Cesin and González-Acosta (2005). It was determined that all the control treatments showed the lower values of total carotenoids with exception of USR-1 (2.33 mg/100 g) sun-dried in the content of total carotenoids, no matter of drying method used and cultivar studied ($P < 0.05$). This suggests that citric acid treatment produces a protector effect on carotenoids degradation, no matter concentration. According to Meléndez-Martínez *et al.*, (2004) these results detach the protector effect of citric acid on carotenoids in dehydration process which establish a reducer environment, and therefore an anti-oxidant system in relation to the oxygen enzymes and high temperatures presence. In other vegetal sources essayed it has been suggested that the citric acid used 0.5 – 0.2% is capable of acting like anti-oxidant on pigment degradation, keeping the higher stability on time

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de los diferentes cultivares de batata (*Ipomoea batata* L.).

Table 1. Physic chemical characteristics of different sweet potato (*Ipomoea batata* L.) cultivars

Cultivar	pH	Acidez *	SS**	% Humedad
USR-1	6,20 ^a	0,22 ^a	2,00 ^a	62,61 ^a
USR-3	5,98 ^b	0,26 ^b	1,80 ^a	69,43 ^b
USR-4	6,24 ^a	0,18 ^c	1,00 ^b	73,67 ^c

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey, P<0,05)

* g de ácido cítrico/ 100 g de muestra

** Sólidos solubles expresados como °Brix

mente del método de secado utilizado y el cultivar estudiado (P<0,05). Esto sugiere que el tratamiento con ácido cítrico produce un efecto protector en la degradación de los carotenoides, independientemente de la concentración. De acuerdo a Meléndez-Martínez *et al.*, (2004) estos resultados destacan el efecto protector del ácido cítrico sobre los carotenoides en los procesos de deshidratación, el cual establece un medio reductor, y por consiguiente, un sistema antioxidante frente a la presencia de oxígeno, enzimas y altas temperaturas. En otras fuentes vegetales ensayadas se ha sugerido que el ácido cítrico usado al 0,5 – 0,2% es capaz de actuar como antioxidante sobre la degradación de los pigmentos, manteniendo así la mayor estabilidad en el tiempo (Hernández y Moreno-Álvarez, 2000; Moreno-Álvarez *et al.*, 2007). Por su parte Guadarrama., (1983), señala que la síntesis de los carotenoides puede ser acelerada con aplicaciones de ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido abscísico, encontrando incluso grandes cantidades del mismo en los estados iniciales de la senilidad de los frutos.

(Hernández and Moreno-Álvarez, 2000; Moreno-Álvarez *et al.*, 2007). Guadarrama (1983) says that the carotenoids systems could be accelerated with ascorbic acid applications, citric acid and ascorbic acid, even finding high quantities in the initial states of fruits senility.

Respect to the dried effect shown in table 2, the higher values appreciated in total carotenoids content were reached in the treatment stove-0.5% corresponding to cultivar USR-3. In agreement with studies reported by Hernández and Moreno-Álvarez., (2000) it can be concluded that the method of dehydration in stove causes lower damage in carotenoids, because the lower exposition to the store heat, and as a consequence, to the rapid decrease of water activity in comparison with solar dried, because it increases the photo-oxidant effect.

In this research it can be established that the dried method through forced convection in all the cases produced low damages (Tukey P<0.05); this result can be explained by the lower exposition to light and to

Cuadro 2. Contenido de carotenoides totales en las harinas de batatas evaluadas en relación a los procesos de secado e inmersión en diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Table 2. Total carotenoids content in the sweet potato flours evaluated in relation to drying and immersion processes in different acid citric concentrations.

Cultivar	Tratamiento		CT	Diferencias Significativas*	
	MS	CA			
USR-1	CONVECCION	0,5	4,14	F	
		1,0	3,81	F	
		2,0	2,93	F	
	SOLAR	Control	2,57	2,57	F
		0,5	2,54	2,54	F
		1,0	2,87	2,87	F
USR-3	CONVECCION	2,0	1,89	F	
		Control	2,33	2,33	F
		0,5	6,41	6,41	A
	SOLAR	1,0	6,04	6,04	B
		2,0	3,28	3,28	F
		Control	2,52	2,52	F
USR-4	CONVECCION	0,5	4,11	F	
		1,0	4,46	4,46	D
		2,0	4,26	4,26	F
	SOLAR	Control	2,69	2,69	F
		0,5	3,16	3,16	F
		1,0	5,26	5,26	C
USR-4	SOLAR	2,0	3,32	3,32	F
		Control	2,16	2,16	F
		0,5	3,66	3,66	F
		1,0	4,30	4,30	E
		2,0	2,60	2,60	F
		Control	1,86	1,86	F

MS: método de secado

CA: concentración de ácido cítrico expresado como g de ácido/100 mL de solución

CT: contenido de carotenoides totales expresados mg carotenoides /100 g de harina

*Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Con respecto al efecto del secado mostrado en el cuadro 2, se aprecia que los valores mas altos en el contenido de carotenoides totales se alcanzaron

the rapid decrease of water activity, in comparison to solar dried which produces an increase on photo-oxidant effect (Hernández and Moreno-Álvarez,

el tratamiento estufa-0,5% correspondiente al cultivar USR-3. En concordancia con los estudios de Hernández y Moreno-Álvarez., (2000) se infiere que el método de deshidratación en estufa causa menor deterioro en los carotenoides, debido a la menor exposición al calor de la estufa, y en consecuencia, a la rápida disminución de la actividad de agua en comparación con el secado solar, por cuanto éste incrementa el efecto fotooxidante.

En esta investigación se pudo establecer en todos los casos que el método de secado mediante convección forzada produjo menos deterioro (Tukey $P < 0,05$); este resultado puede deberse a la menor exposición a la luz y a la rápida disminución de la actividad de agua, en comparación del secado solar, lo cual produce incremento en el efecto fotooxidante (Hernández y Moreno-Álvarez, 2000). El tratamiento que alcanzó los menores valores de degradación de carotenoides totales fue el de la estufa-0,5%, mientras que el cultivar en el cual resultó más efectivo dicho tratamiento fue el cultivar USR-3.

El contenido de carotenoides totales determinados en esta investigación, permiten recomendar el uso de estas harinas en la alimentación, aprovechando su alto potencial como antioxidantes y que a su vez constituye una fuente de provitamina A.

Conclusiones

La degradación de carotenoides fue reducida en harina de batata acondicionada con ácido cítrico y secada en estufa. El uso de 0,5% de ácido cítrico y el secado en estufa a 40°C para la

2000). The treatment that showed the lower total carotenoids degradation values was those of stove-0.5%, whereas the cultivar in which treatment was more effective was the cultivar USR-3.

The content of total carotenoids determined in this research makes possible the recommendation for using these flours in feeding, by taking advantage of its high potential like anti-oxidants and at the same time, it constitutes a source of pro-vitamin A.

Conclusions

Carotenoids degradation was reduced in sweet potato flour conditioned with citric acid and then stove-dried. The use of 0.5% of citric acid and the store dried to 40°C for the sweet potato flour making from cultivar USR-3 showed low carotenoids degradation (6.41mg carotenoids/100g flour). The content of total carotenoids present in each sample permit to consider this product like a potential source of pro-vitamin A, possibly used in feeding programs guided to schoolchild and low economical resources populations.

End of english version

elaboración de harina de batata a partir de cultivar USR-3 presentó una menor degradación de carotenoides (6,41mg carotenoides/100g de harina). El contenido de carotenoides totales presentes en cada muestra permite considerar a este producto como una potencial fuente de provitamina A, de posible utilidad en programas de ali-

mentación en escolares y poblaciones de bajos recursos económicos.

Literatura citada

AOAC.1990. Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Análisis. 15th Ed. Wahington D.C

Belén, D., M.J Moreno-Álvarez., R. Alemán y F. Álvarez. 2004. Efecto de la temperatura de secado sobre la degradación de carotenoides en frutos de coroba (*Jessenia polycarpa* Karst). Cienc. Tecnol. Aliment.. 4 (3):206-210.

Bengtsson A, A. Namutebi, M. Larsson Almiger, U. Svanberg. 2008 Effects of various traditional processing methods on the all-trans-B carotene content of orange-fleshed sweet potato. Journal of Food Composition and Analysis. 21: 134-143.

Fermín-Cesin, O.P. y J.E. González-Acosta. 2005. Efecto del método combinado (secado-acidificación) sobre la degradación de carotenoides en la elaboración de harina de batata (*Ipomea batatas* L.).(Trabajo Especial de Grado). Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Puerto la Cruz Estado Anzoátegui. Venezuela. 126pp.

Guadarrama, A.1983. Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia punicifolia* L.). Rev. Fac. Agron. (UCV). 13: 111-128.

Hari, R., T. Patel y A.M. Martin. 1994. An overview of pigment production in biological systems: functions, biosynthesis, and applications in food industry. Food Reviews International.10(1):49-70.

Hernández, G. y M.J. Moreno-Álvarez. 2000. Efecto del secado y del ácido cítrico sobre la degradación de los carotenoides de tamarillo (*Cyphomandra betaceae* Sendth). Cienc. Tecnol. Aliment. 2 (5):228-233.

Instituto Nacional de Nutrición (INN). 2001. Tabla de alimentos para uso práctico. Serie cuadernos azules N° 54. Caracas- Venezuela.97pp.

Jiménez, ME., M.L. Zambrano y M.R. Aguilar. 2004. Estabilidad de pigmentos en frutas sometidas a tratamientos con energía de microondas. Información Tecnológica.15 (3): 61-66.

Meléndez- Martínez, AJ., I.M. Vicario y F.J. Heredia. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 54 (2): 209-215.

Moreno-Álvarez, MJ., J. Gómez., J. Mendoza y D. Belén.1999. Carotenoides totales en cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. var. Valencia). Rev. Unell. Cien. Tec. 17 (1): 92-99.

Moreno-Álvarez, MJ., V. Torrez, y D. Belén. 2003. Degradación cinética de Carotenoides obtenidos de frutos de lechosa (*Carica papaya* L.). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20 (2): 232-237.

Moreno-Álvarez, MJ.; D. Belén.; D. García y L. Mendoza. 2006. Evaluación del contenido de carotenoides totales en cáscaras de algunas variedades de naranjas venezolanas. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 23 (3):298-305.

Moreno-Álvarez, MJ., M. Pinto., D. García y D. Belén. 2007. Efecto del ácido cítrico sobre la madurez del tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Sendth). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 24 (2): 321-342.

Navas, P.B., A. Carrasquero y J. Mantilla. 1999. Avances en la caracterización química de la harina de batata (*Ipomea batatas*) var. Carolina. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16 (11):11-18.

Padrón-Pereira, C. y M.J. Moreno-Álvarez. 1999. Extracción de colorantes de cáscaras de naranjas (*Citrus sinensis* L.) por métodos no convencionales y su utilización para fortificar color en naranjadas. Rev. Unell. Cien. Tec. 17 (1): 125-140.

- Rao A.V, Rao L.G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological research*.55: 207-216.
- Rodríguez- Amaya, DB. 1999. Carotenoides y preparación de alimentos: la retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados. John Show, Inc./ OMNI Project.USA.
- SAS. 1992. Statistical Analysis Systems Institute. User's guide. SAS.Statgraphics. Versión 6.0.E .U.A.
- Sangronis, E., P. Teixeira., M. Otero., M. Guerra y G. Hidalgo. 2006. Manaca, batata y ñame: posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos etnias del Amazonas venezolano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 56 (1): 77-82.
- Tortolero, LT. 2002. Diseño de un secador solar mixto para el área de Tecnología de Alimentos (Trabajo Especial de Grado). Ingeniería de Alimentos. Universidad Simón Rodríguez Núcleo Canoabo. Venezuela. 119 pp.
- Wong, D. 1995. Química de los alimentos, mecanismos y teoría. Zaragoza-España, Editorial Acribia.