

## Color y contenido de $\beta$ -carotenos en boniatos, crudos y cocidos, durante su almacenamiento en Uruguay

Zaccari Fernanda<sup>1</sup>, Galletta Giovanni<sup>2</sup>, Soto Beatriz<sup>1</sup>, Las Roxana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo Disciplinario Poscosecha. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Garzón 780. CP12900. Sayago. Montevideo. Correo electrónico: fzaccari@fagro.edu.uy

<sup>2</sup>Unidad de Tecnología de los Alimentos.

Recibido: 28/12/10 Aceptado: 30/3/11

### Resumen

En Uruguay el boniato (*Ipomoea batata*, Lam.) es una de las hortalizas de uso común en la alimentación de la población. En estos últimos diez años ha habido un cambio en las variedades disponibles en el mercado con diferentes características agronómicas, de conservación y calidad, siendo de interés revalorizar la producción local desde el punto de vista nutricional. El objetivo de este trabajo fue estudiar la evolución del peso específico, sólidos solubles totales, color de pulpa ( $L^*$ , hue, Cromo), contenido de materia seca y  $\beta$ -carotenos en pulpa cruda y cocida de cinco cultivares de boniatos. Los materiales genéticos evaluados en cuatro momentos de la conservación (abril, junio, julio y setiembre) fueron INIAArapey, Beauregard, INIAE9227, MoradaCRS y MoradaBlanco. Los cultivares INIAE9227 y Beauregard, con pulpa anaranjada, cocidos, tuvieron el mayor contenido de  $\beta$ -carotenos en el período estudiado (12,17 y 8,59 mg/100 g peso fresco respectivamente). Los otros cultivares cocidos, con valores que oscilan entre 0,20 a 0,34 mg  $\beta$ -carotenos /100 g peso fresco, no se diferenciaron entre sí. Se encontró una alta correlación ( $r=0,89$ ) en las muestras cocidas entre el tono de color anaranjado y el contenido de  $\beta$ -carotenos. El consumo de 100 g de pulpa cocida de INIAE9227 y Beauregard estaría aportando al menos el 80% del requerimiento diario de  $\beta$ -carotenos de un adulto y 1,7 a 2,5 veces el requerimiento diario de un niño.

Palabras clave:  $\beta$ -carotenos, *Ipomoea batata*, pulpa cocida, postcosecha

### Summary

## Color and $\beta$ -carotene Content in Sweet Potatoes, Raw and Cooked, Stored in Uruguay

In Uruguay, the sweet potato (*Ipomoea batata*, Lam.) is a commonly used vegetable in the diet of the population. In the last ten years there has been a change in the varieties available in the market with different agronomic, conservation and quality characteristics, being of interest to revalue the local production from the nutritional point of view. The aim of this work was to study the evolution of specific gravity, total soluble solids, pulp color ( $L^*$ , Hue, Chroma), dry matter and  $\beta$ -carotene in raw and cooked pulp of five cultivars of sweet potatoes. The genetic material evaluated in four moments of conservation (April, June, July and September) were INIAArapey, Beauregard, INIAE9227, MoradaCRS and MoradaBlanco. INIAE9227 and Beauregard varieties (orange pulp), when cooked, had the highest content of  $\beta$ -carotene during the study period (12.17 and 8.59 mg/100 g fresh weight respectively). The other cultivars, with values ranging from 0.20 to 0.34 mg  $\beta$ -carotene/100 g fresh weight, did not differ among themselves when cooked. There was high correlation ( $r = 0.89$ ) in cooked samples between orange tone and content of  $\beta$ -carotene. An intake of 100 g of cooked orange pulp cultivars, Beauregard and INIAE9227, would provide at least 80% of the daily requirement of  $\beta$ -carotene of an adult and 1.7 to 2.5 times the daily requirement of a child.

Key words:  $\beta$ -carotene, *Ipomoea batata*, cooked pulp, postharvest

## Introducción

Los boniatos (*Ipomoea batata*, L.) son hortalizas habituales en la alimentación de la población en Uruguay, llegando a consumirse anualmente 5,1 kg/persona (INE, 2008). A nivel nacional se desarrollan programas de mejoramiento genético de cultivares de boniatos, liberándose en 1998 el cultivar INIAArapey de ciclo corto (90-100 días), con alta brotación, corta conservación (3 a 4 meses) y buena aceptación por el consumidor (Vilaró y Rodríguez, 1999; Vicente y Spina, 2003; Vicente *et al.*, 2006; Vilaró *et al.*, 2007). El cultivar INIAArapey, luego de cuatro meses de almacenamiento, pierde sus cualidades organolépticas especialmente por deterioro de la textura y del sabor de la pulpa (CAMM, 2007; MGAP y CAMM, 2010). A su vez, se ha buscado revertir el proceso de deterioro de la calidad de los clones de Morada INTA, que a nivel de producción han perdido características de calidad en piel y pulpa (veteados violetas), al mismo tiempo que se han liberado nuevos cultivares de pulpa anaranjada (Carballo *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2009). La selección en estos cultivares ha sido por rendimiento comercial y de conservación, por atributos de la piel, pulpa y cualidades organolépticas (Carballo *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2009), no disponiendo de datos nacionales que las caractericen nutricionalmente. Uno de los atributos de calidad de la pulpa es el color, relevante no solo por el rol que tienen en la aceptación por parte de los consumidores (Simon, 1997), sino además porque la mayoría de dichos pigmentos brindan beneficios en la salud (Krinsky y Johnson, 2005). Las nuevas variedades que se están incorporando en el mercado nacional tienen un intenso color anaranjado o amarillo (crema) (Rodríguez *et al.*, 2009), que pueden estar determinando un alto contenido de carotenoides (Woolfe, 1992; Rodríguez-Amaya, 1999a; Zaccari *et al.*, 2007). Los carotenoides son pigmentos naturales de color amarillo, naranja a rojo que dan el color a muchas frutas y hortalizas (Rodríguez-Amaya, 1999a). Uno de los carotenos más estudiados son los  $\beta$ -carotenos y  $\alpha$ -carotenos, principales fuentes de pro Vitamina A y que además tienen reconocida capacidad antioxidantes (Kiokias y Gordon, 2004; Krinsky y Johnson, 2005). Es en este sentido que los carotenoides permiten, directa o indirectamente, un incremento de reacciones de inmunidad y están relacionados a disminución del riesgo de enfermedades degenerativas como el cáncer, pérdida de visión nocturna y enfermedades cardiovasculares (Krinsky y Johnson, 2005; Tan *et al.*, 2008). Así mismo, no todos los vegetales son consumidos crudos y la forma de preparación de los alimentos vegetales puede modificar la disponibilidad de los nutrien-

tes. Particularmente los carotenoides por su alta estructura conjugada son susceptibles a la degradación por efecto de la luz, la oxidación, la alta temperatura, pH ácidos e incluso alcalinos y en presencia de metales iónicos (Rodríguez-Amaya, 1999b). A su vez, en periodos prolongados bajo condiciones no adecuadas de almacenamiento pueden inducir a la brotación y/o descomposición de la pulpa determinando cambios composicionales (Woolfe, 1992; Rodríguez-Amaya *et al.*, 2008). Debido a que los boniatos consumidos provienen de un período de conservación, y son elaborados en alguna forma de preparación y cocción, es de interés caracterizar las posibles modificaciones de algunas de las variables de calidad en dichas condiciones.

El objetivo de este trabajo fue estudiar en cinco cultivares de boniatos, producidos y consumidos en Uruguay, la evolución del peso específico, sólidos solubles totales, color de pulpa ( $L^*$ ,  $^{\circ}$ hue, Cromo), contenido de materia seca y contenido de  $\beta$ -carotenos totales, en pulpa cruda y cocida, durante el período de conservación (abril-setiembre).

## Materiales y métodos

### Material vegetal

Los materiales genéticos de boniatos estudiados fueron los cultivares INIAArapey, Beauregard, INIAE9227, obtenidos de estudios comparativos de cultivares en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Las Brujas), y Morada-CRS y MoradaBlanco cosechados en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía. Las evaluaciones se realizaron en cuatro momentos de la conservación: al finalizar del período de «cicatrización o curado» (abril), y en junio, julio y setiembre. Las condiciones de conservación simulaban las utilizadas por productores, sin estricto control de la temperatura y humedad relativa ambiente.

Los boniatos enteros y crudos se lavaron, se pesaron en una balanza ( $\pm 1$  g, EEW-EUA) midiendo el volumen de los mismos utilizando el principio de Arquímedes. Se calculó el peso específico como:  $\gamma = \text{peso/volumen}$ . Los resultados se expresaron en  $\text{g/cm}^3$  (García y Pacheco Delahaye, 2008).

### Preparación de las muestras

Se seleccionaron de una muestra inicial de 3 kg por material genético, 10 boniatos sin defectos visibles y de calidad comercial según Barboza *et al.* (2002). En cada boniato se cortaron en la zona central-ecuatorial, verifican-

do que no existieran alteraciones visibles en la pulpa, dos rodajas de 2 cm de espesor. A los cilindros obtenidos se les quitó la cáscara y se prepararon prismas de 2 cm x 2 cm x 0,5 cm. Inmediatamente después del corte se realizó la cocción en microondas (LG, MB-483MCD, Korea) durante 6 min, de 150 g de boniatos agregando 100 mL de agua. La temperatura de los boniatos cocidos fue de 50 a 55 °C medida con un termómetro de pulpa digital (Yidu, China), escala -50 a 125 ± 0,1 °C. Las muestras crudas y cocidas se guardaron en freezer a -20 °C hasta realizar análisis químico.

Se determinó el contenido de materia seca de las muestras en estufa (Blue.M., EUA) con ventilación cenital a 105 °C hasta peso constante. Los datos son expresados como porcentaje de materia seca.

El color de la pulpa fue medido por colorimetría, mediante el sistema CIE-Lab utilizando un colorímetro (Minolta CR-10, Japón). Se midieron las variables L\* (Luminosidad, 0 = negro a 100 = blanco), a\* (-a = verde, a = rojo) y b\* (-b = amarillo, b = azul). Se calculó la saturación del color (Croma) y el tono (°hue) con las siguientes ecuaciones: °hue =  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$  y Croma =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ . Las mediciones se registraron de acuerdo a Martí (2003).

Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro manual (ATAGO ATC-1E, Japón) escala 0 a 32 ± 0,2 °Brix, auto compensado por temperatura, en el jugo de la pulpa cruda extraído por compresión mediante un prensa ajo doméstico. Los valores se expresaron en °Brix.

La extracción y cuantificación de β-carotenos totales fueron realizadas por triplicado en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos de la Facultad de Agronomía de acuerdo a Szpylka y DeVeris (2005) con modificaciones. Las muestras crudas y cocidas se sacaron del freezer y antes de descongelarse totalmente se picaron con una multiprocesadora doméstica (Philips-HR7621, China). De cada muestra picada se tomaron 3 g de pulpa de boniato a los que se agregó 25 mL de solución de extracción, y se agitó durante 20 minutos a 500 rpm. La solución de extracción fue Tetrahidrofurano: Metanol (THF:MeOH) en una relación 1:1 (v/v), con 1% (m/v) de Butil-hidroxitolueno (BHT) como antioxidante. Al finalizar la agitación el líquido obtenido se filtró y el sólido residual fue sucesivamente extraído de forma análoga a lo descrito anteriormente con THF:MeOH, hasta pérdida de color. El contenido de β-carotenos en se cuantificó mediante la técnica de cromatografía líquida (HPLC, Spectral Series P100, Thermo Separations Products, EUA), usando una columna C30 (YMC Carotenoid S-5, Waters, EUA), termostatazada a 30 °C, estándar β-caroteno tipo II

(Sigma-Aldrich, 95%), utilizando una fase móvil compuesta de etanol:metanol:tetrahidrofurano (75:20:5 v/v/v), con flujo de 0,5 mL/min. La detección se realizó utilizando un detector UV-visible en una longitud de onda de 450 nm. Los resultados se expresaron en mg de β-carotenos /100 g peso fresco.

### Análisis estadístico

El diseño experimental consistió en un diseño completo al azar con tres repeticiones por material genético para cada momento de la conservación. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) dentro de cada momento de conservación y dentro de cada material genético, y para la comparación de medias se utilizó el test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Además, se realizó un análisis de la relación entre el tono (°hue) y el contenido de β-carotenos totales de la pulpa de boniato cruda y cocida, mediante el cálculo de coeficiente de correlación de Pearson ( $P \leq 0,05$ ). A su vez para la variable contenido de β-carotenos totales dentro de cada material genético se comparó el efecto de la forma de preparación mediante el test de Student pareado ( $P \leq 0,05$ ). Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa InfoStat.

## Resultados y discusión

### Peso específico

El peso específico es una propiedad de las sustancias que podría caracterizar la pulpa de los cultivares de boniato en relación a su estado de deshidratación y/o cambios metabólicos en similitud con la papa. En papa el peso específico es utilizado como una variable de calidad para la industria por encontrarse relacionado el contenido de la materia seca, y los procesos de degradación de almidón con el aumento de azúcares reductores que determinan colores no deseados en las papas procesadas (Singh y Kaur, 2009). Las raíces de boniato pueden perder 5% a 7% del peso inicial por deshidratación, sin visualizarse arrugamiento, ablandamiento o reducción de la turgencia en la piel (Ress *et al.*, 2003; Wills *et al.*, 2007). A su vez, las pérdidas de peso son consecuencia de la deshidratación, respiración de las raíces y/o un efecto de agentes externos como pudriciones o daños por insectos (Ress *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2009). En el período de almacenamiento es esperable la pérdida de peso de los boniatos y metabolización del almidón a azúcares simples, que podrían estar determinando reducción del peso específico de las raíces. Sin

embargo, como se observa en el Cuadro 1, los cultivares INIA Arapey, INIA E9227 y Morada Blanco mantuvieron el peso específico de los boniatos en el tiempo de conservación evaluado, lo que sugiere que no habría cambios internos de las raíces asociados a esta variable durante la conservación. Las raíces para esta evaluación fueron además seleccionadas en el momento de realizar el corte para la cocción no observándose deterioro interno en la pulpa. Estos resultados no coinciden con lo observado en controles de calidad realizados en el Mercado Modelo de Montevideo. En boniatos INIA Arapey con cinco a seis meses de almacenamiento se determinaron pérdidas de peso sin observar sintomatología de deshidratación, pulpa cavernosa con ahuecamientos, boniatos que flotan en el agua, o pérdida de sabor y textura (CAMM, 2007; MGAP y CAMM, 2010).

Por otro lado, los cultivares de boniatos evaluados durante el almacenamiento presentaron similares valores de peso específico dentro de cada momento de evaluación, sólo diferenciándose del resto de los cultivares INIA E9227 en el mes de junio y Beauregard en setiembre. Los valores más altos de peso específico obtenidos en el cultivar Beauregard al final de la conservación podrían explicarse por una composición mayor de compuestos de mayor densidad como ser los granúlos de almidón (Singh y Kaur, 2009). Asimismo, una acumulación de almidón puede estar asociada a una menor tasa de degradación de carbohidratos, explicando en parte una menor tasa de brotación y mayor potencial de conservación frente al cultivar INIA Arapey (Woolfe, 1992; Vicente y Spina, 2003).

#### Contenido de materia seca

La materia seca en los boniatos crudos está compuesta en un 80% a 90% de carbohidratos, casi en su totalidad almidón (60 a 70%) siendo el resto de la materia seca constituyentes de la pared celular como pectinas, hemicelulosa y celulosa (Woolfe, 1992). El rango en contenido de materia seca obtenida en los materiales genéticos crudos fue desde 17,2% a 40,7% en todo el periodo, coincidentes estos resultados con los reportados por Huang *et al.* (1999), Ress *et al.* (2003), y Tairo *et al.* (2008) en más de 100 cultivares comerciales evaluados. Los cultivares INIA Arapey e INIAE9227, en el período evaluado, mantuvieron el contenido de materia seca durante todo el período de conservación. A su vez el cultivar INIA E9227 presentó el mayor contenido promedio de materia seca (34,2%) en relación al promedio del resto de los cultivares (25,3%). En el Cuadro 2 se observa en los tres primeros meses de conservación, que el cultivar Morada CRS contiene 24% a 55% menos materia seca que los demás cultivares, sin embargo estas diferencias no se presentaron en los meses posteriores. El momento con el mayor contenido de materia seca para la pulpa cruda en cada cultivar se registró en distintos tiempos de conservación, con una tendencia a aumentar hacia el último periodo de la misma (julio y setiembre) en los cultivares Beauregard y Morada CRS. En estudios nacionales, en los primeros meses luego de cosecha (abril y mayo), se han obtenido similares resultados en pulpa cruda en los cultivares INIA Arapey (25,2% y 23,5%), Beauregard (24,9%) e INIA E9227 (28,3%) (Zaccari *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2009). A su vez Carballo *et al.* (2005), en evaluaciones realizadas en julio obtuvieron para los cultivares INIA Arapey, INIAE9227 y Beauregard, 30,6%, 28,5% y 27,2% de materia seca respectivamente.

El incremento del contenido de materia seca al final del período de conservación puede deberse a la pérdida de agua por deshidratación y la actividad metabólica que promueve la brotación (Picha, 1986). Características del espesor la piel y del periderma de cada cultivar podrían estar contribuyendo diferencialmente a la tasa de deshidratación de los cultivares (Vicente y Spina, 2003; Vicente *et al.*, 2006).

**Cuadro 1.** Peso específico (g/cm<sup>3</sup>) en cinco cultivares de boniatos crudos almacenados durante seis meses.

Material genético	Abril	Junio	Julio	Setiembre
	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )			
INIAArapey	1,12 ±0,07aA	1,40 ±0,18 aA	1,24 ±0,09 bA	1,19 ±0,05 bA
Beauregard	1,00 ±0,27 aB	1,11 ±0,11 aB	1,09 ±0,06 bB	1,69 ±0,24 aA
INIAE9227	1,03 ±0,27 aA	1,51 ±0,25 aA	1,45 ±0,02 aA	1,24 ±0,28 bA
MoradaCRS	1,30 ±0,15 aAB	1,58 ±0,29 aA	1,14 ±0,02 bB	1,16 ±0,02 bAB
MoradaBlanco	1,26 ±0,51 aA	1,58 ±0,18 aA	1,13 ±0,12 bA	1,11 ±0,06 bA

Media ± DEM. Medias seguidas de igual letra minúscula dentro de cada momento de almacenamiento o igual letra mayúscula dentro de cada material genético, no se diferencian estadísticamente entre sí (Tukey ≤0,05).

**Cuadro 2.** Contenido de materia seca (%) en cinco cultivares de boniatos, crudos y cocidos, almacenados durante seis meses.

Material genético	Abril	Junio	Julio	Setiembre
	<i>Crudo</i>			
INIAArapey	24,4 ±0,36 abB	24,6 ±1,97 bcB	26,4 ±0,23 bcB	29,3 ±0,06 bA
Beauregard	22,5 ±1,02 abB	24,9 ±0,67 bcB	40,7 ±0,50 aA	25,8 ±2,55 bcB
INIAE9227	31,4 ±8,78 aA	32,9 ±6,42 abA	32,3 ±6,14 bA	40,3 ±0,94 aA
MoradaCRS	17,2 ±4,57 bc	19,5 ±2,39 cCB	31,5 ±0,27 bA	25,1 ±0,27 cAB
MoradaBlanco	26,8 ±3,15 abB	36,4 ±0,32 aA	22,5 ±0,08 cCB	21,2 ±0,97 dC
<i>Cocido</i>				
INIAArapey	23,4 ±0,05 cA	22,5 ±0,80 bA	31,8 ±8,65 aA	32,7 ±0,46 bA
Beauregard	20,9 ±2,92 cC	20,7 ±1,26 bC	36,2 ±1,99 aB	42,7 ±0,68 aA
INIAE9227	29,8 ±4,02 bA	33,3 ±7,07 aA	28,7 ±0,15 abA	27,4 ±0,40 cA
MoradaCRS	34,9 ±0,52 abA	33,8 ±2,16 aA	29,8 ±1,30 abA	22,8 ±3,00 dB
MoradaBlanco	39,6 ±0,73 aA	34,9 ±0,89 aB	20,4 ±0,52 bC	15,7 ±1,52 eD

Media ±DEM. En cada forma de preparación, medias seguidas de igual letra minúscula dentro de cada momento de almacenamiento, y medias seguidas de igual letra mayúscula dentro de cada material genético, no se diferencian estadísticamente entre sí (Tukey  $\leq 0,05$ ).

Por otro lado, en el contenido de materia seca en la pulpa de boniatos cocidos se observaron menores diferencias entre los cultivares evaluados en los meses de junio y julio. La diferencia mayor entre cultivares para esta variable se observó al final de la conservación, probablemente debido a las diferencias fisiológicas propias de cada material genético. Los cultivares INIAArapey, INIAE9227 y Morada CRS, mantuvieron el mismo contenido de materia seca en la pulpa cocida durante todo el período de conservación. La forma de cocción modifica la estructura del almidón en sus propiedades intrínsecas de viscosidad como en la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática, a la vez que cambia la estructura de la pared celular (Woolfe, 1992; Carballo *et al.*, 2005). El comportamiento en la retención de agua de cocción, hidrólisis del almidón y/o dilución y pérdida de azúcares, puede ser distintos en los diferentes materiales ge-

néticos y períodos de almacenamiento, explicando en parte los resultados obtenidos en pulpa cocida.

#### Contenido de sólidos solubles totales (SST)

El contenido de SST obtenido en la pulpa cruda de los cultivares de boniatos evaluados fue desde a 7,6 a 18,4 °Brix. Los cultivares Morada CRS y Morada Blanco en todos los momentos de evaluación tuvieron alto contenido de SST respecto de los demás cultivares (Cuadro 3). Los cultivares INIAArapey, Beauregard e INIAE9227, si bien presentaron un menor contenido de SST al inicio de la conservación respecto de Morada CRS y Morada Blanco, estas diferencias no se observan a los seis meses de almacenamiento. En los cultivares evaluados el contenido mayor de SST se observó en el mes de junio y particularmente en INIAE9227 en julio. Estos resultados serían coin-

**Cuadro 3.** Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en cinco cultivares de boniatos crudos almacenados durante seis meses.

Material genético	Abril	Junio	Julio	Setiembre
	Sólidos solubles totales (°Brix)			
INIAArapey	8,5 ±0,8 cC	11,3 ±1,6 dA	7,6 ±0,9 cC	10,3 ±1,0 bB
Beauregard	8,9 ±0,4 cC	15,9 ±2,1 bA	11,8 ±1,2 bB	12,2 ±0,8 aB
INIAE9227	11,8 ±0,9 bC	13,7 ±0,9 cB	15,4 ±0,8 aA	13,2 ±1,2 aB
MoradaCRS	14,9 ±0,8 aB	18,4 ±0,4 aA	15,7 ±0,5 aB	13,5 ±2,0 aC
MoradaBlanco	14,5 ±1,1 aC	17,4 ±1,2 aA	15,9 ±0,7 aB	13,2 ±2,2 aD

Media ± DEM. Medias seguidas de igual letra minúscula dentro de cada momento de almacenamiento o igual letra mayúscula dentro de cada material genético, no se diferencian estadísticamente entre sí (Tukey  $\leq 0,05$ ).



cidos con los obtenidos por Zhang *et al.* (2002), quienes encontraron una reducción del almidón durante la conservación de boniatos con diferente contenido de materia seca, con aumento importante de la actividad de  $\alpha$ -amilasa en los dos primeros meses de conservación. Estos autores determinaron una alta correlación ( $r=0,80$ ,  $P=0,06$ ) entre la disminución del almidón y la actividad de  $\alpha$ -amilasa en los primeros 60 días de almacenamiento de boniatos.

Los principales componentes de los SST en boniatos son los azúcares, principalmente sacarosa y fructosa, y en menor cantidad glucosa, siendo que la maltosa se produce luego de la cocción de la pulpa (Picha, 1986). Los mono y disacáridos representan menos del 10% del total de la materia seca de los boniatos (Woolfe, 1992), e infieren una de las cualidades importantes para la aceptación en el consumo. El dulzor de los boniatos depende de la relación de los azúcares que lo componen y durante la cocción de la conversión del almidón. Además hay una fuerte correlación positiva (89% a 94%) entre el contenido de almidón y el contenido de azúcares en pulpa cruda y cocida (Lewthwaite *et al.*, 1997). Un contenido de SST más alto puede deberse a una mayor hidrólisis del almidón generada por condiciones de temperatura de conservación, cocción y/o mayor actividad enzimática (Burton, 1966; Woolfe, 1992). De acuerdo a lo anterior, los resultados obtenidos sugieren que los materiales genéticos evaluados podrían tener mejor

aceptación de consumo por su dulzor a los 3 ó 4 meses de conservación.

**Color de pulpa**

En el sistema CIELab los valores de tono anaranjado están representados en 45° hue y el amarillo (crema) en 90° hue, a la vez que la luminosidad toma valores de 0 a 100 siendo éste el color más brillante, un cromas más alto indica un color más intenso y saturado. En el color de pulpa, los cultivares INIA E9227 y Beauregard se diferenciaron con tono más anaranjado, mayor luminosidad y saturación, del resto de los materiales genéticos, seguidos del cultivar INIA Arapey. Como se puede observar en el Cuadro 4, la luminosidad y saturación del color de la pulpa cruda como cocida tendió a disminuir al avanzar el período de conservación, a la vez que el tono de color fue menos anaranjado o amarillo que en el inicio del almacenamiento. La pulpa cruda de los cultivares INIA Arapey, Beauregard e INIA E9227 logra tono más anaranjado a los tres meses de la conservación, a la vez que la pulpa cruda de los cultivares Morada CRS y Morada Blanco tuvo mayor tono amarillo. Estos resultados podrían explicarse por cambios composicionales (Rodríguez-Amaya, 1999b; Zhang *et al.*, 2002) que modifican la matriz celular produciendo un efecto de concentración de los pigmentos que colorean la pulpa de boniato.

**Cuadro 4.** Luminosidad (L\*), Tono (°hue) y Saturación (Croma) del color de pulpa cruda y cocida de cinco cultivares de boniatos durante seis meses de conservación (abril – setiembre).

Material genético	Color de pulpa	Abril		Junio		Julio		Setiembre	
		Cruda				Cocida			
Luminosidad (L*)									
Beauregard	anaranjada	62,2±2,0 bA	56,3±1,3 aB	56,0±1,1 aB	55,4±1,1 bB	51,1±1,9 aA	44,8±2,0 bBC	45,8±1,2 bBC	43,6±0,8 bcC
ClonINIA9227	anaranjada	58,0±0,8 aA	55,3±1,6 aB	54,6±1,4 aB	54,5±1,1 bB	50,6±7,0 aA	47,9±1,4 bC	45,3±1,0 abBC	42,7±1,3 abC
Arapey	crema	68,3±1,1 dA	64,3±1,9 bA	63,9±3,3 cA	63,9±2,7 cA	52,6±1,9 aA	41,7±4,2 aC	44,4±3,8 aB	41,4±2,4 aC
MoradaCRS	crema	65,8±3,5 bA	56,7±3,6 aB	57,3±4,7 abB	51,3±4,5 aC	50,4±2,6 aA	45,2±1,6 bB	46,9±3,7 bB	42,3±2,9 abC
MoradaBlanco	blanco	61,6±3,2 cA	64,5±2,9 cA	59,7±3,9 bB	53,0±1,2 abC	51,1±2,9 aA	50,1±4,9 cA	45,3±2,4 abB	45,0±2,7 cB
Tono (°hue)									
Beauregard	anaranjada	60,1±4,9 aB	51,9±1,9 aA	59,1±0,8 aB	58,7±0,8 aB	69, ±3,4 bC	56,0±2,2 aA	67,1±0,9 aB	67,5±1,4 aB
ClonINIA9227	anaranjada	58,1±0,9 aA	59,2±4,0 bAB	60,6±0,8 bB	59,1±0,7 aAB	65,7±1,4 aA	66,4±2,7 bA	69,5±0,9 bB	69,1±1,5 aB
Arapey	crema	78,7±2,0 bC	63,5±3,6 cA	79,3±1,2 cC	75,5±2,1 bB	89,3±0,7 dB	86,7±6,6 cAB	85,5±2,9 cA	85,3±2,2 bA
MoradaCRS	crema	76,2±1,9 bB	77,7±0,9 dC	78,6±1,4 cC	74,8±1,8 bA	88,1±2,9 cAB	89,1±2,4 cB	89,5±1,7 cA	84,9±2,2 bA
MoradaBlanco	blanco	81,5±2,5 cB	82,2±1,8 eB	82,4±2,5 dB	78,9±2,0 cA	86,1±2,1 cdB	87,5±1,5 cB	84,9±2,2 dB	84,6±2,5 bA
Saturación (Croma)									
Beauregard	anaranjada	54,3±4,3 aC	60,8±3,2 aA	57,9±0,6 aB	57,3±2,2 aB	38,3±1,8 bC	45,2±3,1 aA	41,8±1,3 aB	40,9±1,4 aB
ClonINIA9227	anaranjada	54,4±1,1 aB	59,6±6,6 aA	54,8±1,7 bB	56,3±1,6 aB	41,3±1,7 aB	45,7±3,6 aA	39,9±1,7 abAB	38,6±2,4 bC
Arapey	crema	47,6±1,4 bA	45,2±1,9 bB	44,2±2,3 cB	44,4±2,2 bB	34,8±2,4 bAB	33,7±6,8 bAB	34,9±5,3 cA	31,0±2,4 cB
MoradaCRS	crema	42,5±3,1 dA	38,5±2,4 cB	41,8±2,6 aA	38,6±3,5 cB	36,6±2,3 cA	31,1±1,5 cbB	38,0±5,6 bcA	29,2±1,7 dB
MoradaBlanco	blanco	35,3±1,7 cB	38,9±3,1 cA	37,9±2,3 cA	34,9±2,7 dB	28,2±1,9 dB	29,9±3,0 cAB	30,2±2,2 dA	30,4±1,8 dB

Media ±DEM. En cada forma de preparación, medias seguidas de igual letra dentro de cada momento de almacenamiento o de igual letra dentro de cada material genético, no se diferencian estadísticamente entre sí (Tukey  $\leq 0,05$ ).

Escala: L\* 0 = negro 100 = blanco; °hue : 0° = rojo 45° = anaranjado 90° = amarillo; Croma 0 = no saturado >60 = más saturado.

La cocción de la pulpa de los boniatos determinó un aumento a tonalidades más amarillas, menos anaranjadas, lo que podría indicar menor contenido de  $\beta$ -carotenos. Sin embargo, como se muestra en el Cuadro 5, dependiendo del momento y del cultivar, el contenido de  $\beta$ -carotenos fue igual o aumentó con la cocción. La reducción del tono puede deberse a una pérdida de carotenoides localizados superficialmente en la pulpa por efecto de la temperatura, acidificación y/u oxidación (Rodríguez-Amaya, 1999b). A su vez debe considerarse que la temperatura de cocción modifica las membranas celulares y la pared celular permitiendo una mayor extracción de los carotenos en la pulpa cocida (Rodríguez-Amaya, 1999a).

#### Contenido de $\beta$ -carotenos totales

Los materiales genéticos de boniatos con mayor contenido de  $\beta$ -carotenos fueron los cultivares de pulpa anaranjada INIA E9227 y Beauregard, tanto crudos como cocidos, durante todo el período de conservación. El cultivar INIA E9227 se destacó sobre el resto con mayor contenido de  $\beta$ -carotenos, seguido de Beauregard, ambos de pulpa con tono anaranjado.

El contenido de  $\beta$ -carotenos en los cultivares color crema o blanco INIA Arapey, Morada CRS y Morada Blanco, en la pulpa cruda y cocida, fue menor a 1 mg/100 g fresco, 19 a 154 veces más bajo que el obtenido en los boniatos de pulpa anaranjada. Similares resultados fueron obtenidos por

Kosambo *et al.* (1998), Huang *et al.* (1999) y Teow *et al.* (2007) en más de 20 materiales genéticos de boniatos de pulpa color blanca, amarilla y anaranjada.

En nuestro trabajo se encontró un coeficiente de correlación alto entre el tono del color ( $^{\circ}$ hue) de pulpa y el contenido de  $\beta$ -carotenos en la pulpa cruda de boniatos ( $r=-0,91$ ;  $P=0,001$ ) y en la pulpa cocida ( $r = -0,89$ ;  $P= 0,001$ ).

Como se observa en la Figura 1, el contenido de  $\beta$ -carotenos en la pulpa cocida de los cultivares de pulpa anaranjada fue mayor al inicio del almacenamiento, mientras que en el cultivar Morada CRS y INIA Arapey el mayor contenido  $\beta$ -carotenos se evidenció en el almacenamiento (junio y julio respectivamente). Este resultado puede explicarse en parte por la pérdida de agua durante el almacenamiento y/o por formación *de novo*, que son dependientes de las características de cada material genético (Rodríguez-Amaya, 1999a).

En el análisis comparativo de la forma de preparación dentro de cada material genético y momento del almacenamiento, los datos obtenidos (Cuadro 5) sugieren que la forma de cocción utilizada en este estudio no redujo el contenido de  $\beta$ -carotenos en la pulpa de boniatos. La forma de cocción utilizada determinó pérdida de  $\beta$ -carotenos sólo en la pulpa cocida del cultivar Morada CRS al inicio del almacenamiento y de INIA E9227 al final de la misma. En los demás cultivares, en los meses de julio y setiembre la cocción aumentó el contenido de  $\beta$ -carotenos totales. Kosambo

**Cuadro 5.** Contenido de  $\beta$ -carotenos totales (mg/100 g fresco) en pulpa cruda y cocida de cinco cultivares de boniatos durante la conservación.

	Abril	Junio	Julio	Setiembre
<b>Material genético</b>	<i>Crudo</i>			
INIA Arapey	0,15 $\pm$ 0,06 cB	0,35 $\pm$ 0,03 cA	0,28 $\pm$ 0,06 cA	0,02 $\pm$ 0,01 eC*
Beauregard	4,51 $\pm$ 0,58 bC	8,73 $\pm$ 1,87 bB	5,83 $\pm$ 0,79 bC*	12,46 $\pm$ 0,01 aA
INIA E9227	9,31 $\pm$ 0,52 aB*	11,37 $\pm$ 0,89 aA	9,51 $\pm$ 0,12 aB*	11,68 $\pm$ 0,04 bA*
Morada CRS	0,73 $\pm$ 0,14 cA*	0,13 $\pm$ 0,02 cB*	0,21 $\pm$ 0,02 cB*	0,15 $\pm$ 0,01 cB*
Morada Blanco	0,12 $\pm$ 0,02 cB	0,23 $\pm$ 0,03 cA	0,14 $\pm$ 0,04 cB	0,18 $\pm$ 0,001 dAB*
	<i>Cocido</i>			
INIA Arapey	0,22 $\pm$ 0,01 cB	0,28 $\pm$ 0,05 cB	0,25 $\pm$ 0,03 cA	0,09 $\pm$ 0,001 eC*
Beauregard	4,22 $\pm$ 0,91 bC	9,28 $\pm$ 1,48 bB	8,62 $\pm$ 0,87 bB*	12,23 $\pm$ 0,04 aA
INIA E9227	13,85 $\pm$ 2,35 aA*	11,63 $\pm$ 1,23 aA	13,32 $\pm$ 2,02 aA*	9,89 $\pm$ 0,01 bA*
Morada CRS	0,25 $\pm$ 0,08 cA*	0,51 $\pm$ 0,09 cB*	0,30 $\pm$ 0,04 cA*	0,32 $\pm$ 0,002 cA*
Morada Blanco	0,13 $\pm$ 0,01 cC	0,23 $\pm$ 0,06 cAB	0,17 $\pm$ 0,02 cBC	0,28 $\pm$ 0,02 dA*

Media  $\pm$  DEM. Dentro de cada forma de preparación, medias seguidas de igual letra minúscula dentro de cada momento de almacenamiento o igual letra mayúscula dentro de cada material genético, no se diferencian estadísticamente entre sí (Tukey  $\leq 0,05$ ).

\*Indica diferencias entre pulpa cruda y cocida dentro del mismo material genético y momento de almacenamiento (Test Student pareado  $< 0,05$ ).

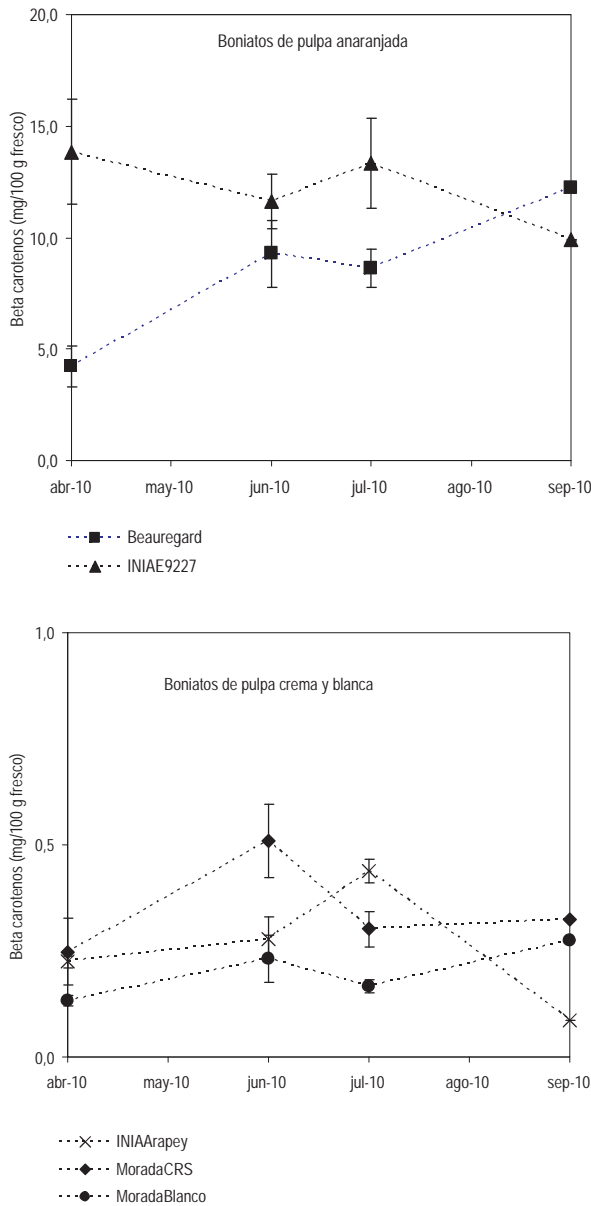


Figura 1. Evolución del contenido de  $\beta$ -carotenos (mg/100 g fresco) en la pulpa cocida de cinco cultivares de boniato evaluados durante el período de almacenamiento. Media  $\pm$  DEM.

*et al.* (1998) obtuvieron pérdida de carotenoides en pulpa de boniatos cuando la cocción mediante hervor fue mayor a 30 minutos. En este sentido, van Jaarsveld *et al.* (2006) reportaron que la retención de los  $\beta$ -carotenos en boniato cv. Resisto dependió de la forma y tiempo de cocción, con un 92% de retención de  $\beta$ -carotenos cuando fueron hervidos en el menor tiempo posible (20 min) y cubiertos de agua en un recipiente tapado. Asimismo Melendez-Martinez *et al.* (2004) describen que la preparación por cocción de los tejidos vegetales modifica la textura y provoca el ablandamiento de los mismos, lo que probablemente colabore a dejar más libres y extraíbles los carotenoides.

El consumo de 100 g de boniatos de pulpa anaranjada, Beauregard e INIAE9227, en la preparación de cocción realizada en este estudio y durante todo el período de almacenamiento, aportaría 1,7 a 2,5 veces el requerimiento diario  $\beta$ -carotenos de un niño y el 80% de un adulto (FBN y OIM, 2002). Este estudio ha permitido cuantificar el contenido  $\beta$ -carotenos en materiales genéticos de boniatos disponibles en nuestro país, en una forma de cocción simple y accesible a los consumidores.

### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado en parte por el proyecto CSIC-Iniciación a la Investigación: «Cuantificación del contenido de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno y luteína en variedades de boniato y calabazas consumidas en Uruguay». Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Calidad de Alimentos y Calidad de Productos de la Facultad de Agronomía.

Agradecemos al Ing. Agr. PhD. Francisco Vilaró (INIA-Las Brujas) y al Ing. Agr. MSc. Héctor González (CRS-Facultad de Agronomía) por ceder parte del material vegetal evaluado.



## Bibliografía

- Barboza R, Pacheco P, Pérez A. 2002. Relevamiento de precios mayoristas de frutas y hortalizas frescas: Manual de procedimientos: Manual de referencias técnicas por producto [En línea]. Montevideo: IMM. 64p. (Trabajos Técnicos). Consultado 25 julio 2011. Disponible en: <http://www.mercadomodelo.net/trabajo/trabajo1.pdf>
- Burton W. 1966. The potato, a survey of its history and of factors, influencing its yield nutritive value, quality and storage. 2 ed. rev. Wageningen: Veenman and Zonen. 382p.
- CAMM. 2007. Caracterización de la calidad de la oferta de boniato en el Mercado Modelo. Montevideo: Comisión Administradora del Mercado Modelo de Montevideo. 6p.
- Carballo S, Vilaró F, Cabot M, Rodríguez G, Borthagaray M, Gioscia D, Betancurt P. 2005. Calidad de consumo de variedades de boniato. Montevideo: LATU, INIA. 8p.
- FBN, OIM. 2002. Dietary reference intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington: National Academy Press. 773p.
- García A, Pacheco Delahaye E. 2008. Caracterización postcosecha del apio criollo cultivado en el municipio Tovar, estado Mérida - Venezuela. *American Journal of Potato Research*, 45(4): 119 - 131.
- Huang A, Tanudjaja L, Lum, D. 1999. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fibre in 18 sweet potato varieties grow in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12: 147 - 151.
- INE. 2008. Encuesta nacional de gastos e ingresos de los hogares 2005-2006: Los alimentos y bebidas en los hogares. Montevideo: Instituto Nacional de Estadística. 103p.
- Kiokias S, Gordon MH. 2004. Antioxidant properties of carotenoids *In Vitro* and *In Vivo*. *Foods Reviews International*, 20(2): 99 - 121.
- Kosambo L, Carey E, Misra A, Wilkes J, Hagenimana V. 1998. Influence of age framing site and boiling on Pro-Vitamin A content in sweet potatoe (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Journal of Food composition and analysis*, 11: 305 - 321.
- Krinsky NI, Johnson EJ. 2005. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26: 459 - 516.
- Lewthwaite S, Sutton K, Triggs C. 1997. Free sugar composition of sweet potato cultivars after storage. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 25(1): 33 - 41.
- Marti H. 2003. Estimation of sample size in skin and flesh color measurement of flesh sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Scientia Horticulturae*, 98(4): 331 - 336.
- Melendez-Martinez AJ, Vicário IM, Heredia FJ. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2): 209 - 215.
- MGAP, CAMM. 2010. Situación y perspectiva del boniato [En línea]. (Observatorio Granjero). Consultado 11 noviembre 2011. Disponible en: <http://www.mercadomodelo.net/observatorio/boniato0610.pdf>
- Picha D. 1986. Weight loss in sweetpotatoes during curing and storage: contribution of transpiration and respiration. *Journal American Society of Horticultural Science*, 111(6): 889 - 892.
- Ress D, van Oirschot R, Amour R, Rwiza E, Kapinga R, Carey T. 2003. Cultivar variation in keeping quality of sweetpotatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 313 - 325.
- Rodríguez G, Vicente E, Vilaró F, Spina W, Gonzalez M, Pereira G, Regio A, Lado J. 2009. Mejoramiento genético de boniatos en Uruguay. En: Cultivares de boniatos para el Litoral Norte. Montevideo: INIA. 7p. (Actividades de Difusión; 578).
- Rodríguez-Amaya D. 1999a. Carotenoides y Preparación de Alimentos: La retención de los carotenoides, provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados [En línea]. OMNI, USAID, JSI. 99p. Consultado 11 noviembre 2011. Disponible en: <http://www.inta.cl/latinfoods/TEXTOS%20FINAL%20COMPLETO%20CON%20TAPAS%20.pdf>.
- Rodríguez-Amaya D. 1999b. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 49(3 S1): 38 - 47.
- Rodríguez-Amaya DB, Kimura M, Godoy HT, Amaya-Farfan J. 2008. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 445 - 463.
- Simon PW. 1997. Plant pigments for color and nutrition. *HortScience*, 32(1): 12 - 13.
- Singh J, Kaur L. 2009. Advances in potato chemistry and technology. Massachusetts: Academic Press. 508p.
- Szpylka J, DeVries JW. 2005. Determination of carotene in supplements and raw materials by reversed-phase high pressure liquid chromatography. *Journal of AOAC International*, 88(5): 1279 - 1291.
- Tairo F, Mneney E, Kullaya A. 2008. Morphological and agronomical characterization of Sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] germplasm collection from Tanzania African. *Journal of Plant Science*, 2(8): 77 - 85.
- Tan J, Wang J, Flood V, Rohtchina E, Smith W, Mitchell P. 2008. Dietary antioxidants and the long-term incidence age-related macular degeneration: the Blue Mountain Eye Study. *Ophthalmology*, 115(2): 334 - 341.
- Teow C, Troug VD, McFeeters, R, Thompson R, Pecota K, Graing Yencho G. 2007. Antioxidant activities, phenolic and  $\beta$ -carotene contents of sweet potatoe genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 130: 829 - 838.
- van Jaarsveld P, De Wet Marais E, Nestel P, Rodríguez-Amaya, D. 2006. Retention of  $\alpha$ -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 321 - 329.
- Vicente E, Spina W. 2003. Cultivares de boniato para la región litoral Norte. Montevideo: INIA. 4p. (Actividades de Difusión; 319).
- Vicente E, Spina W, Vilaro F, Rodríguez G. 2006. Cultivares de boniato para la región litoral Norte. Montevideo: INIA. 6p. (Actividades de Difusión; 459).
- Vilaró F, Rodríguez G. 1999. Mejoramiento genético de boniatos. En Reuniones técnicas sobre resultados experimentales en Bonitos. Montevideo: INIA. 45p. (Actividades de Difusión; 201).
- Vilaró F, Rodríguez G, Vicente E, Spina W. 2007. Cultivo de boniato: Material de Plantación: Cosecha y Poscosecha. Montevideo: INIA. 14p. (Actividades de Difusión; 493).
- Wills R, McGlasson W, Graham D, Joyce D. 2007. Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 5th ed. Wallingford: CABI. 227p.
- Woolfe JA. 1992. Sweet potato, an untapped food resource. Cambridge: Cambridge University Press. 643p.
- Zaccari F, Galieta G, Gonzalez Idiarte H. 2007. Caracterización de la pulpa fresca de materiales genéticos de boniato (*Ipomoea batata* L.) producidos en Uruguay. En: « V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones». Murcia: Grupo de Posrecolección y Refrigeración. pp. 550 - 558.
- Zhang Z, Wheatley C, Corke H. 2002. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3): 317 - 325.