



Evaluación sensorial y físico- química de *Ipomoea batatas* enriquecida con pro-vitamínicos *in natura* o procesada

[Sensorial, physical and chemical evaluation of bio-fortified *Ipomoea batatas*]

Mara N.G. Santos^a, Joice V.C. Orsine^{*b}, Alexandre I. de A. Pereira^b, Roberto Cañete^c, María R.C.G. Novaes^d

^aUniversidade Federal de Goiás, Brasil.

^bInstituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Brasil. Rodovia Geraldo Silva Nascimento Km 2,5. CEP 75790-000, Urutaí, Goiás, Brasil.

^cDepartamento de Parasitología. Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Matanzas, Cuba.

^dEscola Superior de Ciências da Saúde (ESCS/FEPECS) y la Universidade de Brasília, Brasil.

* E-mail: joicevinhal@gmail.com

Abstract

Context: Bio-fortified sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lamarck beta-carotene rich, has been included in the most vulnerable population's diet with the purpose of reducing health disturbances associated with hipovitaminosis.

Aims: To evaluate a physical and chemical analysis of total carotenes and beta-carotene and to determine the antioxidant potential as well as to carry out a sensorial analysis of the bio-fortified *Ipomoea batatas* (L.) Lamarck (BDB) in nature and processed.

Methods: BDB was processed as sweet (*in natura*, paste and syrup) and physicochemical characteristics were compared, total carotenoids, beta-carotene, antioxidant activity (DPPH) and microbiological and sensory analyses were performed.

Results: The analysis of total carotenoids, beta-carotene and antioxidant potential showed the following results: BDB in nature - 11.81 mg/100 g/440.5 mg/100 g/26.30%; sweet paste - 0.61 mg/100 g/53.5 mg/100 g/53.40% and savored syrup - 0.85 mg/100 g/46.0 mg/100 g/14.30%. The methods of conservation avoided the coliforms growth at 35 and 45°C, *Staphylococcus coagulasa positivo*, *Bacillus cereus* and *Salmonella* in all elaborated candies. The sensorial analysis didn't detect significant differences among the syrup or paste.

Conclusions: The conservation methods have an important function keeping the physical, chemical characteristics and sensorial of BDB, although they can influence in their chemical and nutritional composition, mainly in relation to the quantity of total carotenoids and beta-carotene.

Keywords: Antioxidant activity; beta-carotene; carotenoids; sweet potato.

Resumen

Contexto: La batata dulce biofortificada (BDB), *Ipomoea batatas* (L.) Lamarck rica en beta-caroteno, ha sido incluida en la dieta de las poblaciones más vulnerables con la finalidad de reducir los problemas asociados con la hipovitaminosis.

Objetivos: Realizar un análisis físico-químico de carotenoides totales, beta-caroteno, determinar el potencial antioxidante y realizar un análisis sensorial de la batata BDB *in natura* y procesada en forma de dulce.

Métodos: La BDB fue procesada en forma de dulce (*in natura*, pasta y jarabe) y se compararon las características físico-químicas, se determinaron los carotenoides totales, el beta-caroteno, la actividad antioxidante (DPPH) y se realizaron los análisis microbiológico y sensorial.

Resultados: El análisis de carotenoides totales, beta-caroteno y potencial antioxidante arrojó los siguientes resultados: BDB *in natura* - 11,81 mg/100 g/440,5 mg/100 g/26,30%; pasta dulce - 0,61 mg/100 g/53,5 mg/100 g/53,40% y dulce en jarabe - 0,85 mg/100 g/46,0 mg/100 g/14,30%. Los métodos de conservación de alimentos impidieron el crecimiento de coliformes a 35 y 45°C, *Staphylococcus coagulasa positivo*, *Bacillus cereus* y *Salmonella* en todos los dulces elaborados. El análisis sensorial no detectó diferencias significativas entre el jarabe y la pasta.

Conclusiones: Los métodos de conservación son importantes en la mantención de las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de la BDB, aunque también pueden influenciar en su composición química y nutricional, principalmente con relación a la cantidad de carotenoides totales y beta-caroteno.

Palabras Clave: Batata dulce; beta-caroteno; carotenoides; potencial antioxidante.

ARTICLE INFO

Received | Recibido: February 16, 2014.

Received in revised form | Recibido en forma corregida: April 28, 2014.

Accepted | Aceptado: July 31, 2014.

Available Online | Publicado en Línea: August 23, 2014.

Declaración de Intereses | Declaration of interests: The authors declare no conflict of interest.

Financiación | Funding: This study was financed in part by Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde - FEPECS (Brazil).



This is an open access article distributed under the terms of a Creative Commons Attribution-Non-Commercial-No Derivative Works 3.0 Unported Licence. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>) which permits to copy, distribute and transmit the work, provided the original work is properly cited. You may not use this work for commercial purposes. You may not alter, transform, or build upon this work. Any of these conditions can be waived if you get permission from the copyright holder. Nothing in this license impairs or restricts the author's moral rights.

Este es un artículo de Acceso Libre bajo los términos de una licencia "Creative Commons Atribucion-No Comercial-No trabajos derivados 3.0 Internacional" (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es>) Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra bajo las condiciones siguientes: **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra). **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales. **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra. Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

INTRODUCCIÓN

La biofortificación de alimentos puede ser considerada como una nueva área de estudio en Brasil, la cual ha logrado mucha atención en los países en desarrollo para suministrar alimentos enriquecidos con vitaminas, que puedan disminuir las deficiencias nutricionales de las poblaciones más vulnerables (Stein et al., 2008). Los alimentos biofortificados son obtenidos a partir del mejoramiento de plantas de la misma especie, después de su selección y cruce hasta la obtención de cultivos con mayores contenidos de micronutrientes (Silva et al., 2009). Estos han sido utilizados como estrategia para combatir la deficiencia de vitamina A en poblaciones de alto riesgo, donde la ingesta de alimentos básicos es reducida (Nuss et al., 2012).

China es el mayor productor de arroz en el mundo donde la desnutrición por micronutrientes es un grave problema de salud pública. En este país fue introducido el arroz biofortificado con concentraciones elevadas de pro-vitamina A, zinc, hierro y folato, lo que representó un significativo impacto en la salud de la población local (De Steur et al., 2012a; De Steur et al., 2012b). En las poblaciones africanas también fueron introducidos alimentos biofortificados, como el maíz rico en carotenoides y pro-vitamina A (Nuss et al., 2012).

El programa HarvestPlus busca desarrollar y distribuir alimentos básicos biofortificados como arroz, trigo, maíz, mandioca, porotos y batata dulce, a través de una alianza interdisciplinaria de instituciones científicas mundiales y de agencias en países en desarrollo y desarrollados (Bouis et al., 2011). En Brasil, el proyecto de biofortificación es liderado por la Embrapa y cuenta con el apoyo del Fondo de Investigación Embrapa/Monsanto y de los programas internacionales AgroSalud y HarverstPlus, que se preocupan por los hábitos alimentarios de la población, la aceptación de productos por parte de los consumidores, la buena productividad del campo e incluso la retención de nutrientes después de la preparación de los alimentos (Silva et al., 2009).

El éxito de la biofortificación de un alimento depende de: i) la elevada cantidad de nutrientes combinada con la productividad y rentabilidad; ii) la adopción de cultivos biofortificados por los agricultores y consumidores, siendo éstos quienes sufren de malnutrición de micronutrientes en cantidades significativas; iii) la eficacia, una vez comprobados los beneficios de la ingesta de micronutrientes para la salud, cuando se compara el alimento antes y después del proceso de biofortificación, a través del mantenimiento de los nutrientes después del procesamiento y cocimiento, manteniéndose todavía disponibles (Bouis et al., 2011).

Gran parte de la población latinoamericana y caribeña utiliza en su dieta la *Ipomoea batatas* (L.) Lamarck (batata dulce), conocida también como boniato, batata, camote, chaco, papa dulce, patata dulce, patata de Málaga, etcétera. La biodisponibilidad de carotenoides pro- vitamina A de la batata dulce de pulpa anaranjada todavía no ha sido suficientemente estudiada, especialmente en relación a los efectos de los diferentes métodos de preparación (Bengtsson et al., 2009). Considerando lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis físico-químico de carotenoides totales, beta-caroteno y determinar el potencial antioxidante de diferentes preparados a partir de batata dulce. Además, realizar un análisis sensorial de la batata dulce biofortificada (BDB), *in natura* y procesada en forma de dulce.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima

La BDB fue suministrada por Embrapa Hortaliças. La variedad estudiada fue la BDB Embrapa n.1205. El material fue conservado, bajo refrigeración, en una cámara fría del Sector de Frutas y Hortalizas del Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Brasil, hasta el momento de la elaboración de los productos.

Procesamiento de los productos

Las BDB fueron seleccionadas, lavadas y desinfectadas en una disolución de hipoclorito de sodio 1% durante diez minutos. Para el dulce en

pasta fueron utilizados como ingredientes la BDB (66,7%) y azúcar (33,3%). Las BDB sin cáscara fueron cocidas por 40 min, amasadas y se adicionó el azúcar, con posterior cocción por otros 40 minutos. El dulce fue envasado en potes plásticos de polietileno.

Para el dulce en jarabe fueron utilizados como ingredientes: BDB (40,0%), azúcar (40,0%), agua (20,0%) y solución de hidróxido de calcio (agua 92,6% y cal 7,4%). La BDB fue descascarada y cortada en pedazos. Después de la inmersión en solución de cal durante 40 minutos, con el fin de suavizar las estructuras celulares de la fruta, se adicionó el azúcar y el agua y se calentó por 30 minutos. El primer día, las batatas fueron puestas en jarabe a temperatura de 87°C y se cocieron por 15 min. En el segundo día, el dulce fue calentado en jarabe por 40 min, llegando a temperatura de 90°C, por 40 minutos. En el tercer día, se calentó el dulce por 40 min más, llegando a temperatura de 97°C. El producto fue empaquetado en envases de vidrio, previamente esterilizados.

En la Tabla 1 se muestra la composición de cada preparado.

Tabla 1. Composición de cada preparado de batata dulce biofortificada (BDB).

Ingredientes	Dulce en pasta (%)	Dulce en jarabe (%)
BDB	66,7	40,0
Azúcar	33,3	40,0
Agua	-	20,0

Evaluación físico-química de la BDB *in natura* y sus derivados

Los análisis físico-químicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos de la Escuela de Farmacia de la Universidad Federal de Goiás, Brasil. Todos los análisis fueron realizados en duplicado, y el resultado fue expresado como el promedio de los resultados de los duplicados.

La determinación de la humedad se efectuó utilizando el método de estufa a 105°C, de acuerdo con la metodología de la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2007), la determinación de las cenizas fue realizada por el

método de calcinación de la muestra en un horno tipo mufla a 500°C por doce horas, siguiendo la metodología de AOAC (2007). Para la determinación de proteínas se utilizó el método de Kjeldahl, de acuerdo con la técnica propuesta por la AOAC (2007). Para la determinación de lípidos se utilizó el método de extracción en Soxhlet, de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (2007). El aceite obtenido se mantuvo a 10°C, para el análisis cromatográfico de las vitaminas liposolubles.

La evaluación de fibras totales se realizó mediante la técnica descrita por la AOAC (2007), cuyo principio se basa en la digestión enzimática de la muestra. La determinación de carbohidratos se efectuó por diferencia, utilizando los resultados de los análisis de humedad, residuo mineral fijo, proteínas y lípidos, siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (2007).

El análisis de la vitamina C fue realizado siguiendo el método de Tillmans, descrito por la AOAC (2007). La determinación de carotenoides totales y la determinación de beta-caroteno fueron realizadas en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos de la Universidad Federal de Lavras, Brasil.

La actividad antioxidante de la BDB *in natura* y productos derivados fue evaluada conforme a la metodología propuesta por Borguini (2006) con modificaciones, a través de la evaluación del extracto acuoso de la muestra, mediante el método de decoloración del radical DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) (Brand-Williams et al., 1995), en el laboratorio de Análisis Físico-Químico del Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Brasil.

Evaluación microbiológica

Los análisis microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Microbiológico de Alimentos de la Escuela de Farmacia de la Universidad Federal de Goiás. Se siguió el protocolo del Manual de Métodos de Análisis Microbiológico de Alimentos y Agua (Silva et al., 2010) para la realización del análisis de los coliformes a 35°C y 45°C, *Salmonella* sp., *Staphylococcus coagulasa positivo*, moho y levaduras y *Bacillus cereus*.

Evaluación sensorial de los dulces de batata dulce biofortificada

Se efectuó un análisis sensorial del atributo “sabor”, utilizando la prueba de comparación pareada, con la finalidad de evaluar la preferencia de los jurados para los dos tipos de dulce elaborados a partir de batata dulce biofortificada, de acuerdo con la metodología propuesta por Faria y Yotsuyanagi (2008). Fueron utilizados 100 jurados no entrenados para la prueba. Estos fueron alumnos y funcionarios del Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Brasil.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el análisis sensorial fueron analizados por medio de la Tabla de Distribución χ^2 , con el objetivo de establecer el nivel de significancia ($p \leq 0,05$) en función a la relación del número total de jurados y el número de jurados concordantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En su procesamiento, los alimentos quedan expuestos a factores que interfieren en su estructura y composición nutricional produciéndose una degradación de nutrientes lábiles y compuestos biológicamente activos. Los factores que más contribuyen con esa alteración son la

temperatura, la luz, el oxígeno, la humedad, el pH, los agentes oxidantes y reductores y la presencia de iones metálicos. Ocurren alteraciones en la composición química y en la estabilidad de los nutrientes, lo que sirve como factor positivo cuando implica la destrucción de inhibidores o cuando forman complejos desechables entre los componentes de los alimentos y los iones metálicos, mejorando así su biodisponibilidad, aunque también produce un efecto negativo debido, básicamente, a las pérdidas de nutrientes (Correia et al., 2008).

Entre los métodos de conservación empleados en la elaboración de dulce de BDB en jarabe y en pasta, se aplicaron elevadas temperaturas, adición de sacarosa y proceso de concentración. En la Tabla 2 se presentan las características físico-químicas de la BDB *in natura* y del dulce en jarabe y en pasta elaborados a partir de este tubérculo como materia prima.

En relación a la humedad, obtuvo mejor resultado la BDB *in natura* (72,45%), seguida por el dulce en pasta (45,25%) y el dulce en jarabe (31,18%). De esa forma, se observa que la producción de dulces exige la reducción de la humedad del producto por medio del proceso de concentración.

Tabla 2. Análisis físico-químico de la batata dulce biofortificada (BDB) *in natura*, dulce en pasta y dulce en jarabe.

Análisis Físico- Químico	Batata dulce biofortificada		
	<i>in natura</i>	Dulce en pasta	Dulce en jarabe
Humedad (% m/m)	72,45	45,25	31,18
Residuo mineral fijo (% m/m)	0,57	0,27	0,22
Lipídicos (% m/m)	0,45	0,25	0,25
Proteínas (% m/m)	0,70	0,71	0,69
Carbohidratos totales (% m/m) (NIFEXT)	25,83	53,52	67,66
Valor calórico total (kcal/100 g)	110,17	219,17	275,65
Determinación de pH	6,59	5,58	5,48
Acidez total mL sol M (% v/v o v/m)	2,69	0,20	0,10
Azúcares reductores en glucosa (% m/m)	5,73	3,59	6,92
Azúcares no reductores en sacarosa (% m/m)	1,27	28,32	51,36
Fibra bruta (% m/m)	1,21	0,75	0,81

Santos et al. (2011) evaluaron chips de batata dulce biofortificada deshidratados osmóticamente, seguidos de un proceso de fritura. En éstos se midió la humedad ($22,94 \pm 3,91\%$), acidez ($0,16 \pm 0,03\%$) y el pH ($5,32 \pm 0,11$). Los autores observaron que estos absorbían menor cantidad de aceite durante la fritura, comparados con los chips que no pasaron por el proceso de deshidratación osmótica.

La BDB *in natura* también presentó mayores valores para el residuo mineral fijo ($0,57\%$), seguida por el dulce en pasta ($0,27\%$) y dulce en jarabe ($0,22\%$). También fue observada una reducción del contenido de lipídicos y de fibra bruta, cuando fueron elaborados los dulces de BDB. Sin embargo, se observó que el contenido de proteínas fue prácticamente estable tanto en BDB *in natura* como en los dulces procesados.

Se han realizado estudios para medir el efecto del maíz de calidad proteica (MQP), con niveles elevados de triptófano y lisina, sobre el estado nutricional de niños desnutridos en Etiopia, en los cuales fue advertido que la ingesta de MQP ejerce un efecto positivo sobre el peso/altura de esos niños (Akalu et al., 2010).

En un estudio realizado por Imbachí-Narváez et al. (2010) se evaluaron diez recetas comunes que utilizan al maíz como principal ingrediente en Colombia, al ser procesadas con MQP, en relación a la cantidad de triptófano, proteína soluble y digestibilidad *in vitro* de la proteína. Como métodos de conservación de las recetas, fueron utilizados la cocción, el asado, además de aditivos como azúcar y sal. Los autores verificaron que las recetas elaboradas con MQP presentaron mejor calidad proteica que las recetas preparadas con maíz común. Sin embargo, la cocción de los alimentos durante su preparación afectó la calidad proteica de los alimentos preparados con MQP o con el maíz común, puesto que redujeron considerablemente los contenidos de triptófano y proteína soluble.

En el presente estudio, cuando se analizó el total de carbohidratos y el contenido total de calorías, hubo un aumento en estas variables en el dulce en jarabe ($67,66\%$ y $275,65$ kcal/100 g,

respectivamente) y en pasta ($53,52\%$ y $219,17$ kcal/100 g, respectivamente), al ser comparados con el contenido de carbohidratos de la BDB *in natura* ($25,83\%$ y $110,17$ kcal/g, respectivamente). Estas variaciones pueden ser explicadas debido a la adición de sacarosa en la formulación de los dulces.

En relación con el valor total calórico, fueron observados los valores de $275,65$ kcal/100 g del dulce en jarabe y $219,17$ kcal/100 g del dulce en pasta, mientras que la BDB *in natura* presentó $110,17$ kcal/100 g. De esa forma se verifica que la sacarosa utilizada como ingrediente en el procesamiento de los dulces, contribuye con el aumento del valor calórico total de los productos. Se observó que el pH de la BDB *in natura* fue $6,59$ y que los dulces procesados presentaron pH más bajo, lo que contribuye a la preservación de los alimentos, aumentando su vida útil.

Según Sivetz y Foote (1963), la sacarosa es el carbohidrato que sufre mayor degradación durante el procesamiento de los alimentos. Las temperaturas elevadas promueven la deshidratación y la hidrólisis de sacarosa, polimerizándola y degradándola parcialmente en compuestos orgánicos volátiles, agua y gas carbónico. En el presente estudio se puede observar que el dulce en jarabe presentó mayor cantidad de azúcares reductores en glucosa ($6,92\%$) y los azúcares no reductores en sacarosa ($51,36\%$), debido a la adición de azúcar durante la preparación del jarabe.

En la Tabla 3 son presentados los valores de ácido ascórbico (vitamina C), carotenoides totales y beta caroteno de la BDB y de los dulces en jarabe y en pasta procesados.

Las vitaminas son compuestos sensibles que pueden ser degradadas por varios factores, como temperatura, presencia de oxígeno, luz, humedad, pH, duración del tratamiento a que fue sometido el alimento, entre otros. Por tanto, el procesamiento de alimentos puede alterar significativamente la composición cualitativa y cuantitativa de estos nutrientes, a pesar de tornarse los alimentos más atractivos al paladar y aumentar su vida útil (Agostini-Costa et al., 2003).

Tabla 3. Análisis de beta caroteno, carotenoides totales, potencial antioxidante y ácido ascórbico de la batata dulce biofortificada (BDB), *in natura* y de los dulces en pasta y en jarabe.

BDB	Beta-caroteno (mg/100g)	Carotenoides totales (mg/100g)	Potencial antioxidante (%)	Ácido ascórbico (mg/100g)
<i>in natura</i>	440,5	11,811	26,30	0,44
Dulce en pasta	53,5	0,609	53,40	0,44
Dulce en jarabe	46,0	0,8505	14,30	1,53

En la Tabla 3 se puede observar que la vitamina C no sufrió alteración cuando la BDB fue transformada en dulce y en pasta. Sin embargo; se puede apreciar que, cuando es elaborado el dulce de BDB en jarabe, el contenido de vitamina C fue triplicado. Además, los contenidos de beta-caroteno y carotenoides totales fueron drásticamente reducidos, cuando los dulces de BDB fueron procesados.

Alves et al. (2012) observaron que el factor más importante para la preservación de carotenoides en la harina de batata dulce biofortificada es la reducción del contenido de oxígeno en el espacio libre del envase, por medio de la aplicación de sellado al vacío, conjuntamente con el uso de materiales de embalaje con barrera de oxígeno de la orden de magnitud PET (polietileno tereftalato) con barrera de metalización.

La equivalencia de vitamina A y beta -caroteno proveniente de maíz biofortificado con beta-caroteno, basado en una porción de avena de maíz, ingerida por mujeres saludables, fue evaluada por Li et al. (2010). Los autores verificaron que el beta-caroteno en maíz biofortificado tiene una buena biodisponibilidad como fuente vegetal de vitamina A (Li et al., 2010).

El maíz biofortificado, que contiene una elevada cantidad de beta-caroteno ($10,49 \pm 0,16$ $\mu\text{g/g}$), fue utilizado en la preparación de avena de maíz. En ese estudio fue comparado el contenido de beta-caroteno con el de avena preparada con harina de maíz húmeda, mojada y cocida y harina de maíz húmeda, mojada, fermentada y cocida. La pérdida acumulada de beta-caroteno para los productos cocidos fue de 24,5% y para los *avenas*

fermentados y no fermentados 24,8%. De esta forma, la tecnología de fermentación no afectó adversamente la retención de beta-caroteno durante el procesamiento tradicional de maíz (Li et al., 2007).

Por otra parte, se utilizó un modelo de digestión *in vitro* para evaluar la biodisponibilidad del beta-caroteno en la batata dulce de pulpa anaranjada a partir de diferentes tratamientos de calor. También se investigó la fracción de carotenoides transferidos a partir de de la matriz de los alimentos a una fase micelar, obtenida después de la micro filtración y a un sobrenadante obtenido después de la centrifugación a baja velocidad (Giore, 2010).

El porcentaje de beta-caroteno accesible en la fase micelar varió entre 0,5 y 1,1% en la BDB sometida a tratamiento térmico, sin grasa, y entre 11 y 22% con la adición de 2,5% de aceite de cocina. En comparación con la fase micelar, el porcentaje de beta-caroteno accesible en la fase sobrenadante fue significativamente mayor ($p < 0,001$), entre 24 y 41% sin grasa, y entre 28 y 46% con grasa. Los resultados encontrados por los autores exaltan la importancia de la grasa para un mejor aprovechamiento de beta-caroteno. En general, la biodisponibilidad elevada *in vitro* de beta-caroteno, a partir de BDB sometida a tratamiento térmico, indica que la batata dulce puede ser un producto promisorio para combatir la deficiencia de vitamina A (Bengtsson et al., 2009).

Según Giore (2010), la determinación de la bioaccesibilidad proporciona información valiosa para seleccionar la cantidad apropiada de matrices de los alimentos más capaces de

asegurar la calidad nutricional de los productos alimenticios. Además, puede ser utilizada como herramienta de apoyo en la estimación de mediciones de bioactividad de compuestos potencialmente bioactivos, en la investigación de sus posibles beneficios en la salud.

Sun et al. (2009) evaluaron los antioxidantes y la capacidad antioxidante de siete variedades de zanahorias determinadas por cromatografía. De ellas, fueron identificados cinco antocianinas, ácido clorogénico, ácido cafeico y cuatro carotenoides. Las antocianinas se encontraban en mayores cantidades en zanahorias rojas-amarillas y rojas-anaranjadas. Los carotenoides no contribuyeron a la actividad antioxidante, sin embargo fueron correlacionados con la actividad antioxidante de los extractos hidrofóbicos. El extracto acuoso se mostró con mayor capacidad antioxidante que los extractos hidrofóbicos. Las zanahorias de coloración rojas-amarillas presentaron mayor capacidad antioxidante, seguido por las zanahorias con coloración roja-anaranjada, las otras zanahorias no diferían estadísticamente entre sí. Esta información es importante para los consumidores y podría ayudar a los agricultores a plantar zanahorias con mayor potencial antioxidante.

Además de proporcionar un color agradable a los productos, por medio de la caramelización, y mejorar la textura de los alimentos procesados, modificando su blandura y viscosidad, el azúcar es adicionado a los alimentos por su efecto conservante (antioxidante y antimicrobiano)

(Torloni et al., 2007). En la Tabla 3 se observa que el dulce de batata dulce en pasta obtuvo un mayor potencial antioxidante, lo que podría ser atribuido a la formulación del producto, con elevado contenido de azúcar.

El procesamiento empleando calor es el método más común para aumentar la vida útil de los productos, posibilitando la inactivación de enzimas o inhibiendo el crecimiento de microorganismos (Eles-Martínez y Martín-Belloso, 2007). En el presente estudio fueron utilizadas temperaturas cercanas a los 100°C para la elaboración de los dulces.

En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado a la BDB *in natura* y productos derivados.

En relación al número de coliformes a 35°C y 45°C, se observó que los métodos de conservación de alimentos empleados en el procesamiento de los dulces de BDB fueron eficientes, ya que redujeron la cantidad de microorganismos. Las muestras analizadas presentaron un resultado menor a 3,0 NMP/g. Para la BDB *in natura*, lo máximo de coliformes a 35°C y 45°C es de 3×10^3 NMP/g. El análisis de *Salmonella* sp. fueron todos negativos, por lo que los preparados cumplen con el decreto nº12.486, de 20 de octubre de 1978 del Diario Oficial de São Paulo, Brasil, para alimentos. En el análisis de *Staphylococcus coagulasa positivo* se observó que todos los resultados presentaron <10 UFC/g, igualmente en el análisis de *Bacillus cereus*.

Tabla 4. Análisis microbiológico de batata dulce biofortificada (BDB) *in natura* y procesada como dulce en pasta y en jarabe.

Análisis microbiológico	Batata dulce biofortificada (BDB)		
	<i>in natura</i>	Dulce en pasta	Dulce en jarabe
Coliformes a 35°C (NMP/g)	$2,4 \times 10^2$	< 3,0	< 3,0
Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0
<i>Salmonella</i> sp. (/25 g)	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus coagulasa positivo</i> (UFC/g)	<10	<10	<10
Moho y levaduras (UFC/g)	$1,6 \times 10^2$	$1,0 \times 10^7$	$1,2 \times 10^2$
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	<10	<10	<10

En lo que respecta al análisis de moho y levaduras, el único producto que marcó por sobre los límites permitidos (máximo 10^4 UFC/g) fue el dulce en pasta, con $1,0 \times 10^7$ UFC/g. La muestra analizada no cumplió con las especificaciones de la Resolución de la Junta Directiva RDC nº 12 del 02 de enero de 2001 de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (Anvisa) (Brasil, 2001), por presentar contagio de moho y levaduras por sobre lo permitido. Este problema pudo deberse a un uso inadecuado de los envases plásticos de polietileno que no aseguró un correcto sellado, reduciendo la vida útil del dulce cuando fue comparado con los demás productos que se envasaron en envases de vidrio esterilizados.

Sin perjuicio de la intensificación de la investigación en el área de la tecnología de alimentos, aun es necesario generar conciencia en los profesionales vinculados con el procesamiento de los alimentos respecto de la importancia de la mantención de las características nutricionales de los alimentos después del procesamiento, pues la función principal del alimento está ligada a la nutrición. La industria de alimentos podría contribuir conciliando métodos de procesamiento que fuesen económicamente viables y que atendiesen a las características microbiológicas, sensoriales y nutricionales de los productos (Correia et al., 2008).

Según Butz y Tauscher (2002), una serie de cambios indeseables ocurren con los alimentos tratados en calor, como la alteración del sabor, el color y la textura (Park et al., 2009). La muestra de dulce en jarabe fue representada por la codificación 123 y la muestra de dulce en pasta por la codificación 579. Por medio del test de comparación pareada utilizado en el análisis sensorial, se observó que no hubo diferencia significativa entre la preferencia de los dulces de BDB, puesto que 51% de los jurados señalaron al dulce en jarabe como el preferido y 49% restante indicó al dulce en pasta.

Según Nuss et al. (2012), el color del maíz biofortificado, muy conocido en África como “maíz naranja” debido a sus tonalidades que varían desde el amarillo al anaranjado, facilita la identificación del producto, aunque implica un desafío cultural, ya que el maíz consumido

normalmente por la población presenta una coloración blanca.

En el análisis sensorial realizado por Park et al. (2009), los autores evaluaron la lechuga biofortificada, conteniendo porciones de calcio que variaban desde 25 a 32% más que la muestra control. En ese estudio fueron utilizados jueces entrenados, los cuales no detectaron diferencias en el sabor, en la amargura o en la frescura de la lechuga biofortificada en relación a la muestra control. Para los autores, los estudios acerca del análisis sensorial son críticos, ya que una vez aceptados por la población los alimentos biofortificados tienen estrecha relación con su eficacia.

Según Tang et al. (2009), los alimentos biofortificados como arroz, maíz, sorgo, batata dulce, deberían ser producidos en regiones donde están insertos en las prácticas alimenticias de la población, en el sentido de combatir los problemas relacionados a la desnutrición en regiones con diferentes hábitos alimenticios culturales.

CONCLUSIONES

La producción de dulces es una buena alternativa para el procesamiento de batata dulce biofortificada con pro-vitamínico, agregando valor nutricional al producto y aumentando la posibilidad de variaciones en el menú alimentario de la población. El procesamiento de los dulces fue eficaz en la reducción y/o inhibición del crecimiento de microorganismos, aunque sí alteró fuertemente la cantidad de beta-caroteno y carotenoides totales de los productos finales debiendo ser reevaluado su consumo en la alimentación humana.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores refieren la no existencia de conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde – FEPECS (Brasil).

REFERENCIAS

- Agostini-Costa TS, Abreu LN, Rossetti AG (2003) Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. *Rev Bras Frut* 25 (1): 60-66.
- Akalu G, Taffesse S, Gunaratna, NS, De Groote H (2010) The effectiveness of quality protein maize in improving the nutritional status of young children in the Ethiopian highlands. *Food Nutr Bull* 31(3): 418-430.
- Alves RMV, Ito D, Carvalho JLV, Melo WF, Godoy RLO (2012) Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. *Braz J Food Technol* 15(1): 59-71.
- AOAC (2007) *Official Methods of Analysis*, 18th edn. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Bengtsson A, Larsson Alminger M, Svanberg U (2009) In vitro bioaccessibility of beta-carotene from heat-processed orange-fleshed sweet potato. *J Agric Food Chem* 57(20): 9693-9698.
- Borguini RG (2006) Antioxidant potential and physico-chemical characteristics of organic tomato (*Lycopersicon esculentum*) in comparison with conventional tomato. São Paulo: USP, Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bouis HE, Hotz C, McClafferty B, Meenakshi JV, Pfeiffer W H (2011) Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr Bull* 32(1): 31-40.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28: 25-30.
- Brasil (2001) Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de Janeiro de 2001.
- Butz P, Tauscher B (2002) Emerging technologies: chemical aspects. *Food Res Int* 35: 279-284.
- Correia LFM, Faraoni AS, Pinheiro-Sant'ana HM (2008) Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Alim Nutr* 19(1): 83-95.
- De Steur H, Blancquaert D, Gellynck X, Lambert W, Van Der Straeten D (2012b) Ex-ante evaluation of biotechnology innovations: the case of folate biofortified rice in China. *Curr Pharm Biotechnol*. 13(15): 2751-2760.
- De Steur H, Gellynck X, Blancquaert D, Lambert W, Van Der Straeten D, Qaim M (2012a) Potential impact and cost-effectiveness of multi-biofortified rice in China. *N Biotechnol* 29(3): 432-442.
- Eles-Martínez P, Martín-Belloso O (2007) Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. *Food Chem* 102 (1): 201-209.
- Faria EV, Yotsuyanagi K (2008) Técnicas de Análise Sensorial. Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, Campinas- SP. 119p.
- Giore FP (2010) Adaptação de metodologia de digestão *in vitro* e determinação da bioaccessibilidade *in vitro* de betacaroteno em três variedades de batata-doce de polpa alaranjada. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciência de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 66p.
- Imbachi-Narváez PC, Gutiérrez D, Ortiz D, Pachón H (2010) Evaluación del valor nutricional de recetas típicas elaboradas con maíz común y biofortificado en el Departamento del Cauca, Colombia. *Salud Pública de México* 52(4): 305-314.
- Li S, Nugroho A, Rocheford T, White WS (2010) Vitamin A equivalence of the β -carotene in β -carotene-biofortified maize porridge consumed by women. *Am J Clin Nutr* 92 (5): 1105-1112.
- Li S, Tayie FA, Young MF, Rocheford T, White WS (2007) Retention of provitamin A carotenoids in high beta-carotene maize (*Zea mays*) during traditional African household processing. *J Agric Food Chem* 55 (26): 10744-10750.
- Nuss ET, Arscott SA, Bresnahan K, Pixley KV, Rocheford T, Hotz C, Siamusantu W, Chileshe J, Tanumihardjo SA (2012) Comparative intake of white- versus orange-colored maize by Zambian children in the context of promotion of biofortified maize. *Food Nutr Bull* 33(1): 63-71.
- Park S, Elless MP, Park J, Jenkins A, Lim W, Hirschi KD (2009) Sensory analysis of calcium-biofortified lettuce. *Plant Biotechnol J* 7(1): 106-117.
- Santos MA, Neves SFP, Orsine JVC (2011) Efeito da desidratação osmótica seguida de fritura nas características físico-químicas de chips de batata-doce biofortificada. *Enciclopédia Biosfera* 7(13): 1434-1442.
- Silva JBC, Nutti MR, Silva DR, Melo WF (2009) *Embrapa – Hortaliças. Batata-doce vitaminada. Cultive essa idéia!* Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília.
- Silva N, Junqueira VCA, Silveira NFA, Taniwaki MH, Santos RFS, Gomes RAR (2010) *Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos e Água*. 4.edn. São Paulo: Varela 614p.
- Sivetz M, Foote HE (1963) *Coffee processing technology. Fruit-green, roast, and soluble coffee*. Westort, Connecticut: The AVI, v.1.
- Stein AJ, Meenakshi JV, Qaim M, Nestel P, Sachdev HP, Bhutta ZA (2008) Potential impacts of iron biofortification in India. *Soc Sci Med* 66(8): 1797-1808.
- Sun T, Simon PW, Tanumihardjo SA (2009) Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucuscarota* L.) of various colors. *J Agric Food Chem* 57(10): 4142-4147.
- Tang G, Qin J, Dolnikowski GG, Russell RM, Grusak MA (2009) Golden rice is an effective source of vitamin A. *Am J Clin Nutr* 89: 1776-1783.
- Torloni MR, Nakamura MU, Megale A, Sanchez VHS, Mano C, Fusaro AS, Mattar R (2007) O uso de adoçantes na gravidez: uma análise dos produtos disponíveis no Brasil. *Rev Bras Ginecol Obstet* 29(5): 267-275.