

Evaluación de la actividad antioxidante del tomate crudo y procesado

Evaluation of the antioxidant activity of the raw and processed tomato

B. Sulbarán*, E. Sierra, G. Ojeda de Rodríguez, M. Berradre, V. Fernández y J. Peña

Laboratorio de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad del Zulia. Venezuela.

Resumen

El estudio del tomate y sus productos derivados ha sido de interés en los últimos años por ser fuente de vitaminas y otros compuestos con propiedades antioxidantes. En este trabajo se determinó la actividad antioxidante de muestras de tomate fresco cultivado en el municipio La Ceiba del estado Trujillo y se comparó con la de tomate procesado proveniente de la Planta Alimentos Polar Comercial C.A. ubicada en la zona Industrial del estado Carabobo. La actividad antioxidante fue determinada mediante el ensayo FRAP (Poder antioxidante para reducir al ión férrico). Se analizaron las características fisicoquímicas: pH, acidez, humedad, sólidos solubles, cloruros y vitamina C, mediante métodos recomendados por la AOAC (Association of Official Analytical Chemist). La actividad antioxidante del tomate fresco, evaluada a 15s, 4 min y 30 min de reacción (11,48; 13,33; 46,11mmoles de Fe^{2+} .100g⁻¹ de materia seca) fue superior a la actividad antioxidante del tomate procesado (pasta concentrada: 7,33; 11,31 y 19,46; salsa tipo ketchup: 3,38; 7,43 y 14,86 mmoles de Fe^{2+} .100g⁻¹ de materia seca). La actividad antioxidante de la muestra aumentó con el tiempo de incubación. Tanto el tomate fresco como el procesado presentaron una elevada actividad antioxidante. **Palabras clave:** actividad antioxidante, tomate, FRAP.

Abstract

The study of tomato and its derivatives have been of interest in recent years for being a source of vitamins and other compounds with antioxidant properties. In this study, was determined the antioxidant capacity of samples of raw tomatoes grown in the municipality La Ceiba in Trujillo state and processed tomatoes from Polar Commercial Food Plant., located in the Industrial Zone in

Recibido el 20-1-2011 ● Aceptado el 24-3-2011

*Autor de correspondencia e-mail: betzabe52@gmail.com

Carabobo state. The antioxidant activity was determined by means of the FRAP test (ferric reducing antioxidant power). Physicochemical parameters were characterized by methods recommended by AOAC: pH, acidity, moisture content, soluble solids, chlorides and C vitamin. The antioxidant activity of fresh tomato was higher (11.48; 13.33; 46.11 mmoles of Fe^{2+} .100g⁻¹ of dry matter) than the processed one (concentrated paste: 7.33; 11.31 and 19.46; ketchup: 3.38; 7.43 and 14.86 mmoles of Fe^{2+} .100g⁻¹ both in 100g of dry matter) for 15s, 4min and 30min of reaction time. The antioxidant activity of the samples increased with incubation time. Both the fresh tomato and processed tomato presented a high antioxidant activity.

Key words: Antioxidant activities, tomato, FRAP.

Introducción

Los carotenos cumplen una función biológica protectora contra la formación y acción de los radicales libres, responsables del daño celular y enfermedades. Los radicales libres han sido relacionados directamente con el proceso de envejecimiento del individuo; estas sustancias junto con los polifenoles, vitamina C, flavonoides y vitamina E son consideradas como antioxidantes naturales, los cuales pueden reducir la incidencia de enfermedades degenerativas (Badui, 2006; Pineda *et al.*, 1999).

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es una planta herbácea, perenne y su fruto, un alimento primordial en la dieta básica de la población, por ser fuente de sustancias antioxidantes, vitaminas y minerales (Guzmán, 2004; Nuez *et al.*, 2001). Los principales antioxidantes en tomates son los carotenoides y el ácido ascórbico, así como diversos compuestos polifenólicos (Pineda *et al.*, 1999). La composición bromatológica y actividad antioxidante total de los tomates varía considerablemente de acuerdo a la variedad genética, etapa de madurez y las condiciones de cultivo.

Introduction

Carotenes have a biological function that protect against the formation and action of free radicals, responsible of the cellular damage and diseases. Free radicals have been directly related to the aging process of the human being; these substances, along to polyphenols, vitamin C, flavonoids and Vitamin E are considered natural antioxidant, which may reduce the incidence of degenerative diseases (Badui 2006; Pineda *et al.*, 1999)

Tomato (*Lycopersicon esculentum*) is an herbaceous plant, perennial and its fruit is an essential food in the basic diet of the population, by being a source of antioxidant substances, vitamins and minerals (Guzmán 2004; Nuez *et al.*, 2001). The main antioxidants in tomato are carotenes and ascorbic acid, as well as different polyphenolic compounds (Pineda *et al.*, 1999). The bromatological composition and the total antioxidant activity of tomatoes vary considerably according to the genetic variety, ripeness phase and crop conditions. The chemical diversity of antioxidants makes difficult the separation and

La diversidad química de los antioxidantes hace difícil la separación y cuantificación de los antioxidantes naturales presentes en la matriz de las frutas, vegetales y hortalizas por lo cual la actividad antioxidante se evalúa directamente en los extractos vegetales (Rodrigo-García *et al.*, 2006). Estudios indican que el procesamiento térmico incrementa el valor nutricional de los tomates por el aumento en la bioaccesibilidad del contenido de licopeno y actividad antioxidante (Dewanto *et al.*, 2002).

El método empleado para la determinación de la actividad antioxidante en tomate es el ensayo FRAP. Este método describe la habilidad reductiva del ión férrico. A bajo pH, cuando el complejo 2, 4, 6-tripiridil-s-triazina férrico (Fe^{+3} -TPTZ) es reducido al complejo 2, 4, 6-tripiridil-s-triazina ferroso (Fe^{+2} -TPTZ) un color azul intenso se desarrolla con una absorción máxima de 593nm (Bahorun *et al.*, 2004; Benzie y Strain, 1996). Las muestras evaluadas fueron: tomates var. Río Grande híbrido, pasta de tomate concentrada comercial y salsa de tomate tipo ketchup comercial. En este estudio se evaluó la actividad antioxidante por el método FRAP (en tres tiempos de reacción: 15 s, 4 min y 30 min), en muestras de tomate fresco y procesado.

Parte Experimental

1. Recolección de muestras: Los tomates frescos (*Lycopersicon esculentum*) variedad Río Grande híbrido, fueron muestreados en forma aleatoria y sistemática, en completo estado de madurez fisiológica, cultiva-

quantification of natural antioxidants present in the matrix of fruits, vegetables and legumes, so, the antioxidant activity is directly evaluated in the extracts of vegetables (Rodrigo-García *et al.*, 2006). Studies indicate that the thermal processing increases the nutritional value of tomatoes by the increment of the bioaccessibility of the lycopene and the antioxidant activity (Dewanto *et al.*, 2002)

The method employed for determining the antioxidant activity in tomato, is the FRAP essay. This method, describes the reduction ability of ferric ion. With a low pH, when complex 2, 4, 6-tripiridil-s-ferric Triassic (Fe^{+3} -TPTZ) a dark blue color develops, with a maximum absorption of 593nm (Bahorun *et al.*, 2004; Benzie and Strain, 1996). The evaluated samples were: var tomato "Río grande" hybrid, commercial concentrate tomato paste and ketchup. In this study, the antioxidant activity was evaluated by FRAP (in three reaction times: 15 s, 4 min and 30 min), in samples of dried and processed tomatoes.

Experimental phase

1. Collection of the sample: Fresh tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) of the "Río Grande" hybrid variety, were sampled at random and systematically, in a complete ripening physiological phase, cropped in "La Ceiba" Trujillo state, and acquired in the main market of the north area of Maracaibo, Zulia state. The samples of processed tomatoes: concentrate tomato paste, and ketchup, were given

dos en el municipio La Ceiba del estado Trujillo y adquiridos en el mercado principal de la zona Norte del municipio Maracaibo Edo. Zulia. Las muestras de tomate procesado: pasta de tomate concentrada y salsa de tomate tipo ketchup fueron provistas por la Planta de Alimentos Polar Comercial C.A Valencia, estado Carabobo. Las muestras fueron recolectadas durante el mes abril de 2006. Para todas las muestras se tomaron 3 lotes de 3kg, de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 1769-81.

Los tomates frescos (*Lycopersicon esculentum*), variedad Río Grande híbrido, fueron lavados, pesados y separados en cada uno de sus partes piel (epicarpio), pulpa (mesocarpio) y semillas. La pulpa de tomate fresco (homogeneizada, sin adición de preservadores químicos) y la pasta de tomate comercial fueron almacenadas a -19°C hasta su análisis. La salsa de tomate tipo ketchup, fue almacenada, protegida de la luz a 25°C hasta ser analizada.

2. Características fisicoquímicas evaluadas: Contenido de humedad (AOAC, 1990); pH (AOAC 22.061); Acidez titulable (AOAC 22.060); Sólidos solubles (AOAC 22.024); Cloruros (AOAC, 30.035) y contenido de ácido ascórbico (AOAC 43.057).

3. Extracción de los compuestos hidrosolubles: Se realizó por triplicado de acuerdo al método reportado por Bahorun *et al.*, (2004). El extracto acuoso obtenido fue concentrado empleando un rotavapor (BUCHI, Suiza) a una temperatura de 35°C y a 100 rpm y posteriormente, se emplearon para la determinación de la actividad antioxidante.

by the Food Company Polar C.A, Valencia, Carabobo state. Samples were collected during April, 2006. For all samples, 3 lots of 3kgs were taken, according to the established in the COVENIN 1769-81 norm.

Fresh tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), "Río Grande" hybrid variety, were washed, weighted and separated in parts: skin (epicarp); pulp (mesocarp) and seeds. The pulp of fresh tomato (homogenized, without any chemical preservatives) and the commercial concentrate tomato paste were stored at -19°C until their analysis. Ketchup was stored, protected from light at 25°C until analyzed.

2. Evaluated physical-chemical characteristics: Humidity content (AOAC, 1990); pH (AOAC 22.061); title acidity (AOAC 22.060), soluble solids (AOAC 22.024); chlorides (AOAC, 30.035) and content of ascorbic acid (AOAC 43.057),

3. Extraction of water - soluble compounds: it was done three times according to the method reported by Bahorun *et al.*, (2004). The aqueous extract obtained was concentrated employing a vapor rotator (BUCHI, Suiza) at a temperature of 35°C and 100rpm, later, was employed for determining the antioxidant activity.

4. Evaluation of the antioxidant activity: it was done with the FRAP essay (potential antioxidant to reduce Fe^{+3}) based on the reductive capacity of ferric ion at a low pH, employing a pattern curve of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ expressed in mM of Fe^{+2} $\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$. (Benzi and Strain, 1996; Halvorsen y Blomhoff, 2011)

5. Reactive and employed

4. Evaluación de la actividad antioxidante: Se realizó mediante el ensayo FRAP (Potencial antioxidante para reducir el Fe^{+3}) basado en la capacidad reductiva del ion férrico a pH bajo, empleando una curva patrón de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y expresado en mM de Fe^{+2} $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. (Benzi y Strain, 1996; Halvorsen y Blomhoff, 2011)

5. Reactivos y soluciones empleadas para la preparación de la solución FRAP: Buffer de acetato de sodio 300 mM pH: 3,6 ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (Scharlau Chemie S.A, Barcelona-España) y $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (BDH Laboratory Supplies, Inglaterra). Solución 10mM TPTZ (2, 4, 6 tris (2-piridil)-s-triazina) 98% (Sigma Chemical Co. St Luis, USA) en una solución 40mM de HCl (Riedel de Haën, Alemania). Solución 20 mM de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Riedel de Haën, Alemania).

6. Preparación de la solución FRAP (Fe^{+3} -TPTZ) (Blanco) y solución patrón de Fe^{+2} : La solución FRAP se obtuvo mediante la mezcla de 25mL de la solución TPTZ y 2,5mL de la solución $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Se midió la absorbancia a 595nm a 37°C. La solución de Fe^{+2} (patrón) se preparó a partir $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Riedel de Haen, Alemania) en un rango de 0,1 a 2 mM.

7. Análisis por espectrometría UV-Visible: Para determinar la actividad antioxidante de las muestras de tomate crudo y procesado, se empleó el método FRAP de acuerdo a lo reportado por Benzi y Strain (1996) y Antolovich *et al.*, (2002). Se mezclaron 3 mL de la disolución FRAP con 300 μL de agua y 100 μL de muestra. La absorbancia fue medida a 595nm cada 15seg durante 30min (solo los extractos acuosos) empleando un

solutions for the preparation of the FRAP solution: sodium acetate buffer 300mM pH: 3,6 ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (Scharlau Chemie S.A, Barcelona-Spain) and $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (BDH Laboratory Supplies, England). Solution 10mM TPTZ (2, 4, 6 tris (2-piridil)-s-triazina) 98% (Sigma Chemical Co. St Luis, USA) in a solution 40 mM de HCl (Riedel de Haën, Germany). Solution 20 mM of $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Riedel de Haën, Germany).

6. Preparation of the Frap solution (Fe^{+3} -TPTZ)(white) and pattern solution of Fe^{+2} : The FRAP solution was obtained mixing 25mL of the TPTZ solution and 2.5 mL of the $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution. The absorption was measured at 595nm at 37°C. The Fe^{+2} solution (pattern) was prepared after $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Riedel de Haen, Germany) in a rank from 0.1 to 2mM.

7. Spectrometry analysis UV-Visible: in order to determine the antioxidant activity of samples of raw and processed tomatoes, the FRAP method was employed following the reported by Benzi and Strain (1996) and Antolovich *et al.*, (2002). 3 mL of the FRAP dissolution with 300 μL of water and 100 μL of the sample were mixed. The absorption was measured at 595nm every 15 seg for 30 min (just the aqueous extracts) employing a Ultraviolet-Visible spectrophotometer Varian brand, Cary 50 model (Mulgrave, Victoria, Australia). Temperature was kept at 37°C and the results were expressed in mmoles reduced of $\text{Fe}^{+2} \cdot 100\text{g}^{-1}$ of dry sample.

8. Design and statistical analysis: The statistical analysis employed in this research was totally randomized with a repeated

espectrofotómetro Ultravioleta-Visible marca Varian modelo Cary 50 (Mulgrave, Victoria, Australia). La temperatura fue mantenida a 37°C y los resultados fueron expresados en mmoles reducidos de Fe^{+2} .100g⁻¹ de muestra seca.

8. Diseño y análisis estadístico. El modelo estadístico empleado en la investigación fué totalmente aleatorizado con un diseño de mediciones repetidas. Para evaluar el nivel de significancia entre medias se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación de medias la prueba de comparación múltiples de Duncan ($P < 0,05$) empleando el programa estadístico SAS versión 8.0 (SAS, 2001).

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica

En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos de las variables estudiadas en el tomate crudo y procesado.

El contenido de humedad de la pulpa de tomate fresco fué de 94,6%; siendo similar al reportado por el Instituto Nacional de Nutrición (INN) (2001) y FAO (1985) quienes señalan valores de 94,5 y 94,2%, respectivamente. Así como a los obtenidos por Guill-Guerrero y Reboloso (2009) en ocho variedades de tomates cultivados en España, quienes reportaron porcentajes de humedad entre 92,5-96%. En este sentido, Guzmán (2004) indica que el tomate está constituido por un 94% de agua y que este valor puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas en las cuales se desarrolle el cultivo, al grado de madurez y a la variedad del fruto.

measurement design. To evaluate the significance level between means, a variance analysis was done (ANOVA) and for the means comparison, the multiple Duncan test was used ($P < 0.05$) employing the statistical program SAS, 8.0 version (SAS, 2001).

Results and discussion

Physical-chemical characterization

In table 1 are presented the results obtained of the studied variables in raw and processed tomato.

The humidity content of the pulp of fresh tomato was of 94.6% being similar to the reported by the National Institute of Nutrition (INN) (2001) and FAO (1985) who point values from 94.5 to 94.2% respectively. Also, by the ones obtained by Guill-Guerrero and Reboloso (2009) in eight varieties of tomatoes cultivated in Spain, who reported humidity percentages from 92.5-96%. In this sense, Guzmán (2004) affirms that tomato is constituted by 94% of water and this value may vary according to the climatic conditions where the crops develop, the ripening level and the variety of the fruit.

The products of the processed tomato presented humidity content from 68 to 69% (table 1). According to Arthey and Ashurst (1996) the reduction in the water content in tomato products is due to different processes, highlighting vacuumed concentration and the addition of solutes, such as salt and sugar; such processes are done during the processing of the tomato fruit for the obtaining of ketchup, on the other

Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica del tomate crudo y procesado.**Table 1. Physicochemical characterization of raw and processed tomato.**

Parámetro	Tomate fresco	Pasta de tomate	Salsa de tomate tipo ketchup
Humedad (%)	94,6±0,12 ^a	69,84±0,37 ^b	68,35±0,20 ^c
pH	4,2±0,01 ^b	4,4±0,01 ^a	3,8±0,01 ^c
Acidez titulable	0,35±0,01 ^c	1,44±0,01 ^a	1,39±0,03 ^b
Sólidos solubles (°Brix)	4,95±0,05 ^c	31,70±0,23 ^b	33,45±0,7 ^a
Cloruros (%)	0,76±0,03 ^c	1,79±0,01 ^b	2,45±0,01 ^a
Ácido ascórbico(mg100g ⁻¹)	19,23±0,10 ^a	2,28±0,16 ^b	0,75±0,08 ^c

Todas las variables son resultado del promedio de 9 mediciones excepto para las muestras de tomate crudo con un promedio de 6 mediciones.

^{a, b, c} Índices de Duncan (P<0,05) letras diferentes indican diferencias significativas

Los productos de tomate procesados presentaron un contenido de humedad entre 68 y 69% (cuadro 1). Según Arthey y Ashurst (1996) la disminución en el contenido de agua en productos de tomate se debe a diversos procesos, destacando la concentración al vacío y la adición de solutos, como sal y azúcar; dichos procesos son realizados durante el procesamiento del fruto del tomate para la obtención de la salsa de tomate tipo ketchup, por otro lado Kirk *et al.* (1996) señalan que los procesos anteriormente mencionados permiten controlar la disponibilidad del agua evitando el desarrollo de bacterias y reacciones bioquímicas.

El valor promedio de pH obtenido para la pulpa fresca, fue de 4,2, indicando que la pulpa de tomate es ligeramente ácida. Este valor se ubica en el intervalo de 4-4,6 reportado por Guzmán (2004) quien realizó estudios sobre el cultivo de tomate en Venezuela y los señalados por Odriozola-Serrano *et al.* (2008) con valores de 4,34-4,36 en

hand, Kirk *et al.* (1996) mention that the latter processes allow controlling the water availability avoiding the development of bacteria and biochemical reactions.

The average value of pH obtained for fresh pulp was of 4.2, indicating that tomato pulp is slightly acid. This value is located in intervals from 4-4.6 reported by Guzmán (2004), who performed some studies about the tomato crop in Venezuela, and those mentioned by Odriozola-Serrano *et al.*, (2008) with values from 4.34-4.36 in tomatoes of the “Rambo, Durinta, Bodar, Pitenza, Cencara and Bola” varieties. Nuez *et al.* (2001) reported values of pH for tomato pulp from 4.2 to 4.4, similar to the determined in this study. The concentrated tomato paste presented a pH value of 4.4. Ketchup presented an average pH of 3.8, which is inside the ranks from 3.5-3.8 reported by Echarrys and Ramírez (2002), who evaluated the physicochemical characteristics of tomato sauces.

tomates de las variedades Rambo, Durinta, Bodar, Pitenza, Cencara y Bola. Nuez *et al.* (2001) reportaron valores de pH para pulpa de tomate entre 4,2 y 4,4, similares a los determinados en este estudio. La pasta de tomate concentrada presentó un valor de pH de 4,4. La salsa de tomate tipo ketchup presentó un pH promedio de 3,8, el cual se encuentra en el rango de 3,5-3,8 reportado por Echarrys y Ramírez (2002) quienes evaluaron las características fisicoquímicas de diferentes salsas de tomates.

La acidez titulable obtenida fue de 0,35mg de ácido cítrico.100g⁻¹ para la pulpa de tomate fresco. Este valor se encuentra en el rango de acidez de 0,3-0,4; 0,35-0,40 mg.100g⁻¹ reportado por Nuez *et al.* (2001) y Zambrano *et al.* (1995), respectivamente, este último señala que la acidez disminuye significativamente a medida que avanza el estado de maduración del fruto, como consecuencia de la degradación de los carbohidratos poliméricos (almidón, sustancias pépticas y hemicelulosa) aumentando la acumulación de los monosacáridos. La pasta de tomate concentrada y salsa de tomate tipo ketchup presentaron valores de acidez de 1,44 y 1,39% respectivamente, estos valores se encuentran dentro del rango reportado por Echarrys y Ramírez (2002) y COVENIN 75 (1995) quienes establecen un rango de acidez entre 1 y 2%.

El valor promedio de sólidos solubles en pulpa de tomate fresco fue de 4,9°Brix, similar al reportado por Nuez *et al.* (2001) quienes indican un valor de 4,5°Brix. Zambrano *et al.* (1995) en un estudio realizado en frutos de tomate obtuvieron valores entre 4,4 -

The titled acidity obtained was of 035mg of citric acid.100g⁻¹ for the pulp of fresh tomato. This value is inside the acidity rank of 0.3-0.4; 0.35-0.40 mg.100g⁻¹ reported by Nuez *et al.* (2001) and Zambrano *et al.* (1995) respectively, the latter says the acidity reduces significantly at the time that increases the ripening stage of the fruit, as a consequence of the degradation of polymeric carbohydrates (starch, peptide substances and hemicelluloses) increasing the accumulation of monosaccharide. The concentrated tomato paste and ketchup had acidity values of 1044 and 1.39% respectively, these values are inside the rank reported by Echarrys and Ramírez (2002) and COVENIN 75 (1995) who established an acidity rank from 1 to 2%.

The average value of soluble solids in the pulp of fresh tomato was of 4.9°Brix, similar to the reported by Nuez *et al.* (2001), who indicate a value of 4.5°Brix. Zambrano *et al.* (1995) in a study performance on tomatoes obtained values from 4.4-4.9°Brix, indicating that there is a significant increment in the soluble solids during the ripeness of the fruit. The content of soluble solids in samples of tomato paste and ketchup was of 31.7 and 33.4°Brix, respectively. Zambrano *et al.* (1995) mention that the increment in the content of soluble solids suggests the accumulation of sugar during the processing. The °Brix values obtained in this study are adjusted to the established by COVENIN 74 (1979) and COVENIN 75 (1995) who mention values of 23°Brix and 33°Brix for the concentrated tomato paste and ketchup, respectively.

4,9°Brix, indicando que existe un aumento significativo en los sólidos solubles durante la maduración del fruto. El contenido de sólidos solubles en las muestras de pasta de tomate y salsa de tomate tipo ketchup fue de 31,7 y 33,4°Brix, respectivamente. Zambrano *et al.* (1995) señalan que el aumento del contenido de sólidos solubles sugiere la acumulación de azúcares durante el procesamiento. Los valores de °Brix obtenidos en este estudio se ajustan a lo establecido por COVENIN 74 (1979) y COVENIN 75 (1995) quienes señalan valores de 23°Brix y 33°Brix para pasta de tomate concentrada y salsa de tomate tipo ketchup, respectivamente.

El porcentaje de cloruros en la pulpa de tomate fresca fue de 0,79%. Guzmán (2004) señala que el contenido de cloruros en las frutas puede variar de acuerdo a las fuentes de NaCl y KCl proporcionadas por los fertilizantes empleados durante el cultivo, así como también por los nutrientes presentes en el suelo. Los valores promedios de cloruro obtenidos en las muestras de pasta de tomate concentrado y salsa de tomate tipo ketchup fueron de 1,79 y 2,45%, (cuadro 1), los cuales cumplen con los requisitos establecidos por COVENIN 75 (1995) indicando un valor no mayor de 4%. Echarrys y Ramírez (2002) reportan un rango entre 2,9 y 3,3% en salsa de tomate tipo ketchup. Heid y Maynard (1981) señalan que la aplicación de sal en el procesamiento de la salsa de tomate es realizado para mejorar el gusto, y la aceptabilidad del producto, así como preservante.

El contenido de ácido ascórbico en las muestras de tomate fresco fue de 19,2mg·100g⁻¹, menor al valor repor-

The percentage of chloride in the pulp of fresh tomato was of 0.78%. Guzmán (2004) mentions that the chloride content in fruits may vary according to the sources of NaCl and KCl provided by fertilizers employed during the cultivation, as well as by all the nutrients present in the soil. The average values of chloride obtained in the samples of concentrated tomato paste and ketchup were of 1.79 and 2.45% (table 1), which fulfill the established requirements for COVENIN 75 (1995) indicating a value not higher than 4%. Echarrys and Ramírez (2002) report a range from 2.9 to 3.3% in ketchup. Heid and Maynard (1981) mentioned that the application of salt in the procedure of tomato sauce is done to improve its taste and the acceptance of the product, as well as being a preservative.

The content of ascorbic acid in the samples of fresh tomato was of 19.2 mg·100g⁻¹, lower than the value reported by INN (2001) who mention 25 mg·100g⁻¹. Nuez *et al.* (2001) reported that fresh tomato is constituted by approximately 23 mg·100 g⁻¹, though, some authors have mentioned lower values. Georgé *et al.* (2011) reported values of 15.8 mg·100 g⁻¹ in tomatoes of “Cheers” variety, which indicates that the variety of tomato can influence in the content of this vitamin in the fruit. Arthey and Ashurst (1996) reported values of 17 mg·100g⁻¹ and the Agriculture Department of the United States (USDA) (2004) 12.7 mg·100g⁻¹ similar to the ones obtained in this study. The content of vitamin C in fresh tomatoes is inside the interval of 6.96-21.2mg·100g⁻¹ reported by Odriozola-

tado por el INN (2001) quienes señalan 25 mg.100g⁻¹. Nuez *et al.* (2001) reportaron que el tomate fresco está constituido aproximadamente por 23 mg.100g⁻¹, aunque varios autores han señalado valores menores. Georgé *et al.* (2011) reportan valores de 15,8 mg. 100 g⁻¹ en tomates de la variedad Cheers, lo que indica que la variedad de tomate puede influir en el contenido de esta vitamina en la fruta. Arthey y Ashurst (1996) reportan valores de 17 mg.100g⁻¹ y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (2004) 12,7 mg.100g⁻¹ similares a los obtenidos en este estudio. El contenido de vitamina C en los tomates frescos se encuentra dentro del intervalo de 6,96-21,2 mg.100g⁻¹ reportado por Odriozola-Serrano *et al.* (2008) en tomates de las variedades Rambo, Durinta, Bodar, Pitenza Cencara y Bola.

Debido a la gran solubilidad de la vitamina C, existe la posibilidad que se produzcan importantes pérdidas por lixiviación, durante el corte o daños físicos de la superficie del fruto en disoluciones acuosas, adicionalmente, el estado de madurez y las características edafoclimáticas de la zona de cultivo puede afectar el contenido de vitamina C en la fruta (Arthey y Ashurst, 1996; Fennema, 2000). Badui (2006), señala que la vitamina C es lábil e inestable, además es muy sensible a la oxidación cuando la reacción está catalizada por iones metálicos como el Cu⁺² y Fe⁺³. Asimismo, el calor y la luz aceleran el proceso.

El contenido de ácido ascórbico en el tomate procesado disminuyó entre 88% y 96% en comparación con el valor obtenido en el tomate fresco, estos

Serrano *et al.* (2008) in tomatoes of the varieties Rambo, Durinta, Bodar, Pitenza Cencara and Bola.

Due to the great solubility of vitamin C, there is a possibility that importance lost by leaching produce during the cut or physical damage of the surface of the fruit in aqueous solutions, additionally, the ripening phase and the edapho-climatic characteristics in the crop area may affect the content of vitamin C in the fruit (Arthey and Ashurst, 1996; Fennema, 2000). Badui (2006), mentions that vitamin C is labile and unsteady, also, it is very easy for the oxidation when the reaction is catalyzed by metal ions as Cu⁺² y Fe⁺³. Likewise, heat and light accelerate the process.

The content of ascorbic acid in the processed tomato reduced from 88% and 96% compare to the value obtained in fresh tomato, these results differ in relation to the reported by USDA (2003) and INN (2001) who mention contents from 7 to 10 mg.100g⁻¹, respectively. Gahler *et al.* (2003) mention that the continuous losses in the ascorbic acid are due to the prolonged heating during the tomato processing. Lavelli *et al.* (1998) reported losses of 88% in dehydrated tomatoes at 80°C, while Zanoni *et al.*, (1999) reported significant losses from 40 to 80% a temperatures from 80 to 110°C, respectively. Heid and Maynard (1981) mention that the maximum losses reached during the processing may be of even 100%. Georgé *et al.* (2011), in a research about the effect of processing on the content of vitamin C in tomato paste reported that the thermal treatment

resultados difieren con respecto al reportado por USDA (2004) y el INN (2001) quienes señalan contenidos de 7 y 10 mg.100g⁻¹, respectivamente. Gahler *et al.* (2003) señalan que las pérdidas continuas en el contenido de ácido ascórbico son debidas al calentamiento prolongado durante el procesamiento del tomate. Lavelli *et al.* (1998) reportaron pérdidas de un 88% en tomates deshidratados a 80°C; mientras que Zanoni *et al.* (1999) reportaron pérdidas significativas de 40 y 80% a temperaturas entre 80 y 110°C, respectivamente. Heid y Maynard (1981) señalan que las pérdidas máximas alcanzadas durante el procesamiento podrían ser hasta de un 100%. Georgé *et al.* (2011) en un estudio del efecto del procesamiento sobre el contenido de vitamina C en puré de tomate reportaron que el tratamiento térmico disminuye un 80% el contenido de vitamina C en los tomates, indicando que las pérdidas pueden incrementarse con el tiempo de calentamiento y la temperatura del proceso.

Actividad antioxidante

La figura 1 muestra el espectro UV-Vis de la reacción entre el complejo Fe⁺³-TPTZ y el Fe⁺², en el mismo se puede observar una banda de absorción por transferencia de carga a una longitud de onda máxima de 595nm. La curva de calibración de Fe⁺² usada para la evaluación de la actividad antioxidante se muestra en la figura 2. El coeficiente de correlación lineal (R²) fue de 0,99.

El cuadro 2, muestra los valores de actividad antioxidante obtenidos en los extractos acuosos de las muestras de tomate crudo y procesado calculados empleando la curva de calibración

reduces 80% the content of vitamin C in tomatoes, indicating that losses may increase with the heating time and the temperature of the process.

Antioxidant activity

Figure 1 shows the UV-Vis spectrum from the reaction between the complexes of Fe⁺³-TPTZ and Fe⁺², on it can be observed an absorption band by charge transfer at a maximum longitude of 595 nm. The calibration curve of Fe⁺² used for evaluating the antioxidant activity is shown in Figure 2. The coefficient of lineal correlation (R²) was of 0.99.

Table 2 shows the values of the antioxidant activity obtained in the aqueous extracts of raw and processed tomato samples, calculated employing the calibration curve of aqueous standard solutions of Fe⁺² following the FRAP essay.

In this research, was observed the increment of the antioxidant activity for more than 4 min of incubation, for fresh and processed samples. Samples of fresh tomatoes presented an antioxidant activity (mmoles of Fe²⁺ ·100g⁻¹ of dry sample) for 15s of 11.48±0.18, for 4min was of 13.33 and for 30min, 46.11. The same pattern was observed for processed samples. According to Pulido *et al.* (2000) that fact that antioxidants retain and increase their reduction ability with the time, indicates an ability to keeping its antioxidant activity for prolonged times. In the current study, the relation between Fe⁺³-TPTZ and the aqueous extracts obtained, were monitored for 30 min as posed by Pulido *et al.* (2000) and by Halvorsen and Blomhoff (2011), in their validation study of the FRAP method.

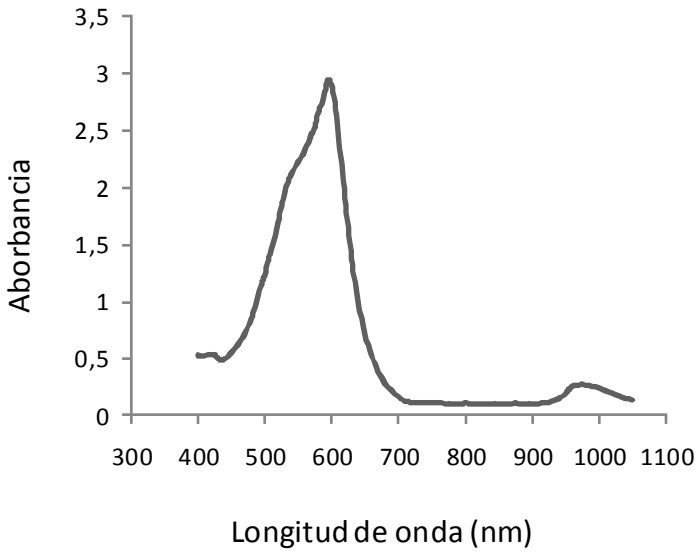


Figura 1. Espectro de absorción del complejo Fe⁺²-TPTZ.

Figure 1. Absorption spectrum of the complex Fe⁺²-TPTZ.

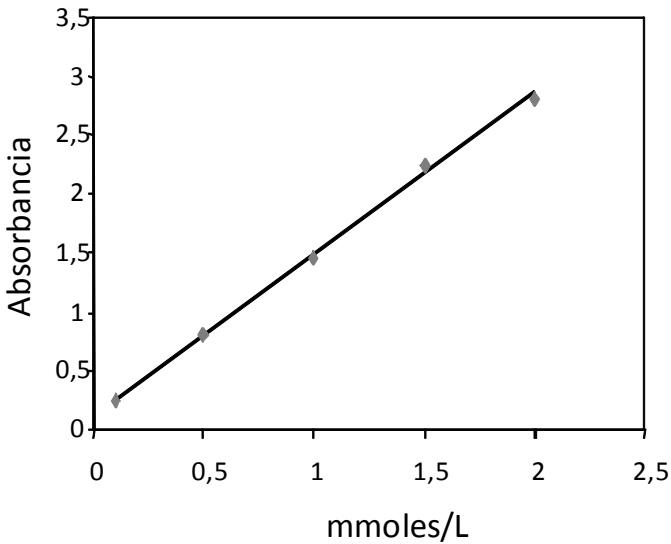


Figura 2. Curva de calibración del estándar FeSO₄·7H₂O.

Figure 2. Calibration curve of the standard FeSO₄·7H₂O.

Cuadro 2. Capacidad antioxidante en del extracto acuoso del tomate crudo y procesado.**Table 2. Antioxidant capacity of the aqueous extract of raw and processed tomato.**

Producto	Capacidad antioxidante (mmoles de Fe ²⁺ .100g ⁻¹ de muestra seca)		
	15 s	4 min	30 min
Tomate fresco	11,48±0,18 ^a	13,33±0,25 ^a	46,11±0,34 ^a
Pasta de tomate concentrado	7,33±0,19 ^b	11,31±0,14 ^b	19,46±0,20 ^b
Salsa de tomate tipo Ketchup	3,38±0,27 ^c	7,43±0,01 ^c	14,86±0,01 ^c

Todas las variables son resultado promedio de 9 mediciones excepto para las muestras de tomate crudo con un promedio de 6 mediciones.

^{a, b, c} Índices de Duncan (P<0,05) letras diferentes indican diferencias significativas

de las soluciones acuosas del estándar de Fe⁺² según el ensayo FRAP.

En este estudio se observó el incremento de la actividad antioxidante más allá de los 4 min de incubación, para muestras frescas y procesadas. Las muestras de tomate fresco presentaron una actividad antioxidante (mmoles de Fe²⁺.100g⁻¹ de muestra seca) para 15s de 11,48±0,18, para 4min fue de 13,33 y para 30min, 46,11. El mismo patrón se observó para las muestras procesadas. Según Pulido *et al.* (2000) el hecho de que los antioxidantes retengan y aumenten su habilidad de reducción con el tiempo implica una habilidad para mantener su actividad antioxidante por tiempos prolongados. En el presente estudio la reacción entre el Fe⁺³ - TPTZ y los extractos acuosos obtenidos fue monitoreada durante 30min como fue planteado por Pulido *et al.* (2000) y por Halvorsen y Blomhoff (2011), en su estudio de validación del método FRAP.

The obtained values in this study, show an increment in the reduction ability of natural antioxidants presented in samples of raw and processed tomato when increasing the reaction time, this result may mean an extended protector effect of antioxidants (polyphenols) against the oxidative danger of the product, therefore, the time extension of reaction seems to be a potential indicator in the evaluated products.

The value obtained in the antioxidant activity for samples of fresh tomatoes in 4min of reaction was of 0.72mmoles of Fe²⁺.100g⁻¹ of fresh sample, this value was superior to the obtained by other authors such as Gahler *et al.* (2003); Bahorum *et al.* (2004) who reported values from 0.451, and 0.078 of Fe²⁺.100g⁻¹ in fresh sample. This confirms the fact described by different authors about the existent relation between different crops of tomato, which provide different

Los valores obtenidos en este estudio, muestran un aumento en la habilidad de reducción de los antioxidantes naturales presentes en las muestras de tomate crudo y procesado al incrementar el tiempo de reacción, este resultado podría significar un efecto protector prolongado de los antioxidantes (polifenoles) en contra del peligro oxidativo del material alimentario por lo tanto, la extensión del tiempo de reacción parece ser buen indicador del potencial en los productos evaluados.

El valor obtenido de actividad antioxidante en las muestras de tomate fresco a los 4 min de reacción fue de 0,72mmoles de $\text{Fe}^{2+} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de muestra fresca, este valor es superior al obtenido por otros autores como es el caso de Gahler *et al.* (2003); Bahorum *et al.* (2004) quienes reportaron valores de 0,451, y 0,078 de $\text{Fe}^{2+} \cdot 100\text{g}^{-1}$ en muestra fresca. Esto confirma el hecho descrito por varios autores de la relación existente entre diferentes cultivos de tomate, los cuales proporcionan diferentes actividades antioxidantes (Rodrigo-García *et al.*, 2006). Halvorsen *et al.* (2001) en un estudio sistemático de antioxidantes totales presentes en la dieta empleando el método FRAP reportaron un contenido de antioxidantes en tomates de 0,34mmoles de $\text{Fe}^{2+} \cdot 100\text{g}^{-1}$, inferiores a los determinados en este estudio.

Pineda *et al.* (1999) señalan que la mayor parte de la actividad antioxidante en tomates frescos es debida al contenido de vitamina C, carotenoides (licopeno) y diferentes polifenoles, siendo el ácido ascórbico y los compuestos fenólicos los principales contribuyentes de la actividad

antioxidant activities (Rodrigo-García, 2006). Halvorsen *et al.* (2001) in a systematic study of total antioxidants presented in the diet, employing the FRAP method, reported an antioxidant content in tomatoes of 0.34mmoles of $\text{Fe}^{2+} \cdot 100\text{g}^{-1}$, inferior to the determined in this research.

Pineda *et al.* (1999) mention that the greatest part of the antioxidant activity in fresh tomatoes is due to the content of Vitamin C, carotenoids (lycopene) and different polyphenols, being ascorbic acid and the phenolic compounds the main contributors of the antioxidant activity in the aqueous extract of tomato. Martínez *et al.* (2000) mention that the main phenolic compounds with high antioxidant activity are flavonoids and phenolic acids, and their antioxidant potential is proportional to the number and position of hydroxyl groups, and their conjugation, as well as to the presence of donor electrons in the structural center forming intermediate free radicals relatively stable (Kurkoski *et al.*, 2005). However, the physical changes, as the thermal processing, can produce structural changes in vitamin C, lycopene, polyphenols and their capacity of exhibiting free radicals (Angostini *et al.*, 2004; Georgé *et al.*, 2011).

The antioxidant activity of tomato reduces with processing (table 2) at elevated temperatures and for extended times, which caused losses in the content of ascorbic acid and maybe in phenolic compounds, main contributors of the hydrophilic antioxidant activity.

Toor and Savage (2005) reported the reduction in the antioxidant

antioxidante en el extracto acuoso del tomate. Martínez *et al.* (2000) señalan que los principales compuestos fenólicos con gran actividad antioxidante son los flavonoides y los ácidos fenólicos, su potencial antioxidante es dependiente del número y de la posición de los grupos hidroxilos y de su conjugación, así como de la presencia de electrones donadores en el anillo estructural formando radicales intermedios relativamente estables (Kurkoski *et al.*, 2005). Sin embargo, los cambios físicos como el procesamiento térmico pueden producir cambios estructurales en la vitamina C, licopeno, polifenoles y en su capacidad de inhibir radicales libres (Angostini *et al.*, 2004; Georgé *et al.*, 2011).

La actividad antioxidante del tomate disminuye con el procesamiento (cuadro 2), a elevadas temperaturas y por tiempos prolongados, lo cual ocasionó pérdidas en el contenido de ácido ascórbico y presumiblemente de los compuestos fenólicos, principales contribuyentes de la actividad antioxidante hidrofílica.

Toor y Savage (2005) reportaron la disminución en la actividad antioxidante en tomates semi-deshidratados de diferentes zonas de cultivo (2,54-1,55 mmoles TEAC.100g⁻¹ de muestra seca). Estos autores señalan que el tratamiento térmico produce pérdidas por oxidación en los principales ácidos fenólicos presentes en el tomate. Shalin *et al.* (2004) en su investigación en tomates variedad Aranca y Excell, reportaron un descenso en la actividad antioxidante 1,90-1,20 y 1,40-0,89 mmoles TEAC.100g⁻¹ de muestra seca, respectivamente,

activity in semi-dehydrated tomatoes of different crops areas (2.54-1.55mmoles TEAC.100g⁻¹ of dry sample). These authors mention that the thermal treatment produces losses by oxidation in the main phenolic acids present in tomato. Shalin *et al.* (2004) in the investigation done in tomatoes of the variety "Aranca and Excell" reported a reduction in the antioxidant activity 1.90-1.20 and 1.40-0.89mmoles TEAC.100g⁻¹ of dry matter, respectively, employing different cooking methods at temperatures from 83 to 100°C. Additionally, they point that the thermal treatment at high temperatures causes deterioration in the content of ascorbic acid, total phenols, lycopene and antioxidant activity.

In spite of the reduction in the content of ascorbic acid, an increment in the antioxidant activity has been reported in products of processed tomatoes. Ghaher *et al.* (2003) reported an increment in the antioxidant activity (0.451-0.582mmoles of Fe²⁺.100g⁻¹ of dry sample) in the aqueous extracts in samples of sauces and tomato soups, which is associated to the increment in the content of phenolic compounds.

Arnao *et al.* (2001) determined that the hydrophilic fraction obtained in the samples of tomato soups contributes with approximately 80% of the total antioxidant activity (lipophilic + hydrophilic), this results is attributed to the reduced action of vitamin C and specific phenolic compounds, main contributors of the hydrophilic fraction. Ishida and Chapman (2004) evaluated the antioxidant activity in different

empleando diversos métodos de cocción a temperaturas entre 83 y 100°C. Adicionalmente, señalan que el tratamiento térmico a elevadas temperaturas causa deterioro en el contenido de ácido ascórbico, fenoles totales, licopeno y actividad antioxidante.

A pesar de la disminución en el contenido de ácido ascórbico, un incremento en la actividad antioxidante ha sido reportado en productos de tomate procesado. Ghaher *et al.* (2003) reportaron un aumento en la actividad antioxidante (0,451-0,582 mmoles de Fe^{2+} .100g⁻¹ de muestra fresca) en los extractos acuosos en muestra de salsa y sopas de tomate, lo cual se asoció con el incremento en el contenido de los compuestos fenólicos.

Arnao *et al.* (2001) determinaron que la fracción hidrofílica obtenida de las muestras de sopas de tomate contribuye aproximadamente con el 80% de la actividad antioxidante total (lipofílica + hidrofílica), este resultado es atribuido a la acción reductora de la vitamina C y compuestos fenólicos específicos, principales constituyentes de la fracción hidrofílica. Ishida y Chapman (2004) evaluaron la actividad antioxidante en diferentes marcas comerciales de salsas de tomate consumidas en los Estados Unidos, encontrando que la contribución a la actividad antioxidante de la fracción hidrofílica fue del 40 al 62%. Según Shalin *et al.* (2004) la producción de pastas de tomate a partir de tomates frescos es un ejemplo donde la homogeneización y el tratamiento térmico son usados y donde la disponibilidad de los carotenoides es incrementada. Dewanto *et al.* (2002) señalan que durante el procesamiento

commercial brands of tomato sauces consumed in the United States, finding that the contribution to the antioxidant activity of the hydrophilic fraction was from 40 to 62%. According to Salin *et al.* (2004) the production of tomato paste after fresh tomatoes, is an example where the homogenization and thermal treatment are used, and where the availability of carotenoids is increased. Dewanto *et al.* (2002) mention that during the thermal process occurred a rupture in the membrane and the cellular wall releasing the lycopene from the insoluble portion of the tomato, which increased the bio-access and improved the absorption. Georgé *et al.* (2011) reported an increment of the polyphenols and carotenoids content (including lycopene) as a result of the thermal treatment in tomatoes, indicating that during heating is facilitated the released of lycopene presented in the insoluble fraction of tomato. In general, the antioxidant activity of fresh and processed tomato was superior to the reported for other fruits. Stangeland *et al.* (2009) in a study of the antioxidant activity of 35 fruits cultivated in Ugandan, Africa, and considered important antioxidant sources in the diet, reported values of 10.5- 0,33 mmoles of Fe^{2+} .100g⁻¹, the results of the current research are over this rank.

Conclusions

The values of pH, title acidity, humidity content, soluble solids, chlorides and vitamin C for the samples of raw and processed tomato presented apt values for this product.

The content of ascorbic acid

térmico ocurre una ruptura en la membrana y pared celular liberando al licopeno desde la porción insoluble del tomate, el cual incrementa la bioaccesibilidad y mejora la absorción. Georgé *et al.* (2011) reportaron un incremento del contenido de polifenoles y carotenoides (incluido el licopeno) como resultado del tratamiento térmico en tomates indicando que durante el calentamiento se facilita la liberación del licopeno presente en la fracción insoluble del tomate.

En general, la actividad antioxidante del tomate fresco y procesado fue superior al reportado para otras frutas. Stangeland *et al.* (2009) en un estudio de la actividad antioxidante de 35 frutas cultivadas en Ugandan, África y consideradas fuente importantes de antioxidantes en la dieta, reportaron valores de 10,5- 0,33 mmoles de Fe^{2+} .100g⁻¹, los resultados de este estudio se encuentren por encima de este rango.

Conclusiones

Los valores de pH, acidez titulable, contenido de humedad, sólidos solubles, cloruros y vitamina C para las muestras de tomate crudo y procesado presentaron valores aptos para este producto.

El contenido de ácido ascórbico disminuyó considerablemente debido al procesamiento a elevadas temperaturas.

La actividad antioxidante del tomate fresco, pasta y salsa de tomate tipo ketchup mostró un incremento en tiempos de incubación mayores, lo cual es indicativo del efecto protector prolongado de los antioxidantes en contra

reduced considerably, due to the process at high temperatures.

The antioxidant activity of fresh tomato, paste and ketchup showed an increment in longer incubation times, which indicates the extended protector effect of antioxidants against the oxidative danger of the food.

Acknowledgments

Authors thank the Scientific and Humanistic Development Board of "Universidad del Zulia" (CONDES) (Project N° CC-1188-06) by financing this project, also they thank Polar Company, C.A (Valencia, Carabobo state) by the consulting and provision of samples.

End of english version

del peligro oxidativo del material alimentario.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia CONDES (Proyecto No CC-1188-06) por el financiamiento de este proyecto y a la Planta de Alimentos Polar Comercial C.A (Valencia, estado Carabobo) por el asesoramiento y el suministro de las muestras.

Literatura citada

Angostini, L., M. Moron., A. Ramon y A. Ayala. 2004. Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y

- tratadas térmicamente. *Latinoamer. Nutr.* 50: 5-18.
- Antolovich, M., P. Prenzler., E. Patsalides., S. McDonald., y K. Robards. 2002. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst.* 127: 183-198.
- A.O.A.C. 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official methods of Analysis. Arlington. V.A. 15th Edition. Washington. 319p.
- Arnao, M., A. Cano y M. Acosta. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem.* 73: 239-244.
- Arthey, D. y P. Asthurst. 1996. Procesado de frutas. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España, 21-41p.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson - México. 251, 259-260p.
- Bahorun, T., A. Luximon, A. Crozier y O. Aruoma. 2004. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 84:1553-1561.
- Benzie, I y J. Strain. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant Power. The FRAP Assay. *Anal. Biochem.* 239:70-76.
- Comisión de Normas Industriales (COVENIN) 1981. Norma Venezolana 1769. Frutas. Toma de muestra. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela.
- Comisión de Normas Industriales (COVENIN). 1995. Norma Venezolana 75. Alimentos. Salsa de Tomates. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela.
- Comisión de Normas Industriales (COVENIN). 1979. Norma Venezolana 74. Alimentos. Tomates. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela.
- Dewanto, V., X. Wu., K. Adom y R. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 59: 3010-3014.
- Echarrys, K y A. Ramírez. 2002. Evaluación física y química de siete pastas de tomate para la obtención de salsa tipo ketchup. *Agron. Trop.* 52: 363-374.
- F.A.O. 1985. II Mesa redonda de la Red Latinoamericana de Agroindustria en frutas tropicales - Oficina Regional FAO para América Latina y el Caribe.
- Fennema, O. 2000. Food Chemistry. Second Edition. Marcel Dekker, INC. Estados Unidos. 176, 198p.
- Gahler, S., K. Otto y V. Bohm. 2003. Alterations of vitamins C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *J. Agric. Food Chem.* 51: 7962-7968.
- Georgé, S., F. Tourniaire., H. Gautier., P. Goupy., E. Rock y C. Caris-Veyrat. 2011. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chem.* 124: 1603-1611.
- Guil-Guerrero, J y M.M. Reboloso-Fuentes. 2009. Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *J Food Compos Anal.* 22: 123-129.
- Guzmán J. 2004. El cultivo del tomate. Quinta Edición. Caracas, Venezuela. Espasande, S.R.L. Editores. 4-30p.
- Halvorsen, B. y Blomhoff, R. 2011. Validation of a quantitative assay for the total content of lipophilic and hydrophilic antioxidants in foods. *Food Chem.* 127: 761-768
- Halvorsen, B., K. Holte., M. Myhrstad., I. Barikmo., E. Hvattum., S. Fagertun., A. Wold., K. Haffner., H. Baugerod., L. Frost Andersen., J. Moskaug., D. Jacobs y R. Blomhoff. 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *Journal of Nutr.* 132: 461-471.
- Heid, J y J. Maynard. 1981. Fundamentals of food processing operations. Ingredient, methods and packaging. Third Edition. United State of America. The Avi Publishing Company, Inc. 14-128p.

- Instituto Nacional de Nutrición. 2001. Serie de cuadernos azules. Publicación N° 52. La Salle, Caracas. 54, 55, 71p.
- Ishida, B., y M. Champman. 2004. A comparison of carotenoids content and total antioxidant activity in catsup from several commercial sources in the United States. *J. Agric. Food Chem.* 52: 5017-5020.
- Kirk, R., R. Sawyer y H. Egan. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Segunda Edición México. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. 13,16, 277-283, 759-762p.
- Kurkoski, E., A. Asuero., M. García-Parilla., A. Troncoso y R. Fett. 2004. Actividad antioxidante de pigmentos antocianícos. *Cienc. Tecnol. Alimen.* 24: 691-693.
- Lavelli, V., S. Hippeli., C. Peri y E. Elstner. 1999. Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air dried tomatoes by three model reaction. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3826-3831.
- Martínez-Valverde, I., M. Periago y G. Ros. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Latinoamer. Nutr.* 50(1): 5-18.
- Nuez, F., A. Rodríguez., J. Tello., J. Cuartelos y B. Segura. 2001. El cultivo del tomate. Primera Edición. España. Ediciones Mundi - prensa. Pp 16-18, 32,45,80-81, 96-99.
- Odriozola-Serrano, I. R. Soliva-Fortuny y O. Martín-Belloso. 2008. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. *LWT.* 41: 217-226.
- Pineda, D., M. Salucci., R. Lázaro y A. Ferroluzzi, A. 1999. Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes de algunos alimentos. *Rev. Cub. Alim. Nut.* 13:104-111.
- Pulido, R., L. Bravo y F. Saura-Calixto. 2000. Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. *J. Agric. Food Chem.* 48: 3396-3402.
- Rodrigo-García, J., E. Alvarez – Parrilla., L. De la Rosa., G. Mercado y B. Herrera. 2006. Valoración de la capacidad antioxidante y actividad polifenol oxidasa en duraznos de diferentes áreas de producción. I Simposio Ibero-Americano de vegetales frescos y cortados, San Pedro Brasil. 111-116.
- Toor, R y G. Savage. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Res Int.* 38: 487-494.
- SAS. 2001. User's Guide. Statistics. SAS Institute Inc, Cary, North Carolina.
- Shalin, E., G. Savage y C. Lister. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *J Food Compos Anal.* 17: 635-647.
- Stangeland, T., S. Remberg y K. Lye. 2011. Total antioxidant activity in 35 Ugandan fruits and vegetables. *Food Chem.* 113: 85–91.
- USDA. 2004. Department of Agriculture of United State of America. http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcom/cgi-bin/list_nut_edit.pl.
- Zambrano, J., J. Moyeja y L. Pacheco. 1995. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. *Agron Trop.* 46: 61-72.
- Zanoni, B., C. Peri., R. Nani y V. Lavelli. 1998. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Res Int.*, 31: 395-40.