

VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TOMATE MARGARITEÑO (*Lycopersicon esculentum*, VARIEDAD ESPAÑA) DURANTE SU ALMACENAMIENTO

VARIATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION IN TOMATOES FROM THE ISLAND OF MARGARITA, VENEZUELA (*Lycopersicon esculentum*, SPAIN VARIETY) DURING STORAGE

OSCAR RAMÍREZ, OTONIEL CORZO, NELSON BRACHO

Universidad de Oriente. Núcleo de Nueva Esparta. Guatamare. Venezuela.
Email:oscaralex@cantv.net

RESUMEN

El tomate Margariteño es una fruta tropical típica de la isla de Margarita, Venezuela, la cual es famosa por su sabor, tamaño, forma, color y textura, pero madura rápidamente a temperatura ambiente. El objetivo de este trabajo fue analizar los cambios en la composición química del tomate (*Lycopersicon esculentum*, variedad España) durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. Los tomates se recolectaron en el estadio verde, se almacenaron a condiciones ambientales de 28 ± 2 °C y humedad relativa de $95 \pm 2\%$ y en cámaras a 9, 13, y 17 °C. A los 0, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, y 17 días se evaluó el pH, acidez titulable, el contenido de licopeno, la clorofila "a", clorofila "b" y el β -caroteno. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido químico debidas al tiempo y la temperatura de almacenamiento. Los cambios fueron menores en tomates almacenados a 9°C ($p < 0,05$) y mayores a 28 °C. Los cambios en pH, clorofila "a", clorofila "b", licopeno y β -caroteno siguieron una cinética de primer orden ($R^2 > 0,85$) con constantes dependientes de la temperatura. La constante de velocidad para los cambios en el contenido de licopeno fue la más sensible a la temperatura ($E_a = 63,61$ kJ/mol), mientras que la de los cambios de pH fue la menos sensible ($E_a = 7,00$ kJ/mol).

PALABRAS CLAVE: Contenido químico, tomate margariteño, poscosecha, cinética.

ABSTRACT

The tomato from the island of Margarita, Venezuela is a typical fruit which is famous for its flavor, size, shape, color and texture, but that ripens rapidly at ambient temperature. The objective of this study was to analyze the changes in the chemical composition of that variety (*Lycopersicon esculentum*, Spain variety) during storage at different temperatures. Tomatoes were harvested at the mature-green stage of ripeness, were stored at ambient conditions of $28^\circ\text{C} \pm 2$ °C and relative humidity of $95\% \pm 2\%$ and held in chambers at 9°C, 13°C, and 17 °C. At 0, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, and 17 days the pH, titratable acidity, and lycopene, chlorophyll "a" and "b", and β -carotene contents were evaluated. Analysis of variance showed that there were significant differences ($p < 0.05$) in the chemical contents affected by time and temperature of storage. Changes were smaller on tomatoes stored at 9 °C ($p < 0.05$) and greater on those at 28 °C. Changes on pH, chlorophyll "a", chlorophyll "b", lycopene and β -carotene followed first order kinetics ($R^2 > 0.85$) with temperature dependence of rate constants. Rate constant for changes on lycopene was the most sensitive ($p < 0.05$) to temperature ($E_a = 63.61$ kJ/mol) while that for changes on pH was the least ($E_a = 7.00$ kJ/mol).

KEY WORDS: Chemical content, margariteño tomato, postharvest, kinetics.

INTRODUCCIÓN

La calidad de los tomates frescos está determinada principalmente por su apariencia (color, aspectos visuales), firmeza, sabor y valor nutritivo. El almacenamiento a bajas temperaturas durante la poscosecha, manejo y distribución de la fruta, es el recurso más utilizado

para el control de la maduración y deterioro, así como para la extensión de la vida útil del producto. En la maduración del tomate diferentes colores se presentan simultáneamente debido a que la clorofila se degrada de verde a compuestos incoloros y al mismo tiempo los carotenoides se sintetizan de precursores sin color (fiteno) a caroteno (amarillo pálido), licopeno (rojo), β -

caroteno (naranja) y xantófilas (amarillo) (Fraser *et al.*, 1994, Choi *et al.*, 1995, Rosati *et al.*, 2000, Bramley, 2002).

El desarrollo del color de los tomates es sensible a la temperatura entre los 12 y 30 °C (Chiesa, *et al.*, 1998). Durante la maduración del tomate se acumulan grandes cantidades de caroteno, licopeno y pequeñas cantidades de beta caroteno. Para predecir los cambios químicos que ocurren durante la maduración se requiere conocer los parámetros cinéticos correspondientes. La mayoría de los estudios cinéticos indican que los cambios químicos en los alimentos siguen una cinética de primer orden (Weemeas *et al.*, 1999; Ahmed *et al.*, 2002; Zhu *et al.*, 2004).

El tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* variedad España) es un cultivo exclusivo del estado Nueva Esparta en Venezuela con gran demanda por parte de los turistas como por sus habitantes. Este fruto es de excelente calidad, debido a su gran tamaño, acidez, textura, color y sabor. Su comercialización requiere del conocimiento del proceso de maduración durante el almacenamiento antes de llegar al consumidor.

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de las condiciones de almacenamiento poscosecha sobre el pH, la acidez titulable, el contenido de clorofila “a” y “b”, licopeno y β -caroteno del tomate margariteño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de Tomate

Los tomates (*Lycopersicon esculentum*, var España) fueron cultivados en condiciones convencionales en un sembradío situado en El Salado, estado Nueva Esparta, Venezuela. Los frutos se recolectaron en el estadio verde de diferentes plantas, y fueron llevados al laboratorio para su correspondiente tratamiento.

Almacenamiento del Tomate

Un total de 180 tomates seleccionados considerando la apariencia, tamaño uniforme y libres de defectos externos se dividieron al azar en 4 grupos de 45 frutos cada uno. Un grupo se mantuvo a condiciones ambientales de 28 ± 2 °C y humedad relativa $95 \pm 2\%$ y los otros tres se colocaron en cámaras a 9, 13, y 17°C durante 17 días. Se tomaron al azar 3 tomates de los almacenados a cada temperatura a los 0, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, y 17 días, y se evaluó el pH, la

acidez titulable, el contenido de licopeno, clorofila “a” y “b”, y β -caroteno.

Determinación del Contenido Químico

Para la determinación del pH, a cada tomate se le extrajeron las semillas, se trituró en una licuadora y se filtró para remover la fibra. Una muestra de 10 g del filtrado se mezcló con 50 g de agua destilada y a la mezcla se le determinó el pH con un potenciómetro Metrohm, modelo 620 (Metrohm AG, Herisau, Suiza).

Para la acidez titulable se colocaron 50 g de tomate en una licuadora, se le agregó 25 ml de agua destilada, se mezcló durante 2 min y se diluyó a 50 ml con agua destilada. Una alícuota de 10 ml se ajustó a pH 8,10 con una solución de NaOH 0,100 N. Los resultados se expresaron como mg de ácido cítrico/g de tomate.

El contenido de clorofila “a”, clorofila “b”, licopeno y β caroteno se determinó espectrofotométricamente según el método de Brown *et al.* (1970). Una muestra de 10 g se homogenizó con 50 mg de CaCO_3 y 45 ml de acetona. El homogenizado se filtró y el residuo se trató con una mezcla de acetona y éter etílico en proporción 2:3 y se volvió a filtrar. Se removió la acetona con tres lavados con 100 ml de NaCl saturada y el extracto etéreo se secó con Na_2SO_4 anhidro y se llevó a 100ml con éter etílico. Se midió la absorbancia del extracto etéreo a 453, 472, 642 y 660 nm con un espectrofotómetro Bausch and Lomb, modelo 21 (Biomedevise Engineering, San Francisco, U. S. A.) para determinar el contenido de clorofila a, clorofila b, licopeno y β caroteno, respectivamente. El contenido se calculó como $\mu\text{g/g}$ utilizando curvas de calibración para cada componente.

Estudio Cinético

Los cambios en el contenido químico se ajustaron a una cinética de primer orden, representada por el modelo:

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = \pm k t \quad (1)$$

donde C_0 es el contenido al tiempo cero, C_t es el contenido a un tiempo t , y k es la constante de velocidad (d^{-1}). En la ecuación (1), “ \pm ” llega a ser “+” si el contenido aumenta y “-” si disminuye. La gráfica de $\ln \frac{C_t}{C_0}$ vs. tiempo será una línea recta cuya pendiente es igual a $\pm k$ a una temperatura constante.

Análisis Estadístico

Para determinar los efectos de la temperatura y el tiempo de almacenamiento se aplicó a los datos un análisis de varianza y se determinaron las diferencias significativas con una significancia de al menos 5%. Mediante una comparación múltiple, según la prueba de Duncan, se encontraron las diferencias significativas entre los valores del contenido químico producidas por los distintos niveles de los factores. Se aplicó una regresión lineal a los valores de los diferentes contenidos químicos para determinar el orden de la cinética de los cambios, y también para ajustar los valores de la constante de velocidad a la ecuación de Arrhenius. Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación del Contenido Químico

Los valores iniciales promedio de pH, acidez titulable, y contenido de clorofila "a" y "b", licopeno y β -caroteno fueron 3,65; 4,18 mg ácido cítrico/g; 24 μ g/g; 38 μ g/g, 5,5 y 6 μ g/g respectivamente. En las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se muestran los cambios en estos parámetros del tomate durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) debidas al tiempo y la temperatura de almacenamiento. El pH, y los niveles de licopeno y β -caroteno aumentaron ($p < 0,05$) al incrementarse el tiempo y la temperatura de almacenamiento, mientras que la acidez titulable y el contenido de clorofila a y b disminuyeron ($p < 0,05$). Al final del almacenamiento, el pH aumentó a valores entre 4,4 y 4,65 y la acidez titulable disminuyó a valores entre 2,3 y 1,8 mg ácido cítrico/g. La clorofila "a" y "b" disminuyeron rápidamente durante los seis primeros días y luego lentamente hasta valores entre 10 y 0,5 μ g/g y entre 10 y 1 μ g/g respectivamente. El licopeno aumentó a valores entre 7 y 25 μ g/g y el β -caroteno aumentó a valores entre 11 y 36 μ g/g, cuando el tomate se almacenó entre 9 °C y 28 °C, respectivamente. El contenido de licopeno cambió ligeramente en el tomate almacenado a 9 °C y 13 °C, pero a temperaturas superiores los cambios fueron más acentuados ($p < 0,05$). Los cambios en el pH, acidez titulable, clorofila "a" y "b" y β -caroteno, fueron más acentuados a medida que aumentaba la temperatura de almacenamiento. Los cambios fueron menores a 9 °C ($p < 0,05$) y mayores a 28 °C (condiciones ambientales), indicando así que la temperatura de almacenamiento más adecuada para disminuir los cambios químicos fue de

9°C, para el tomate margariteño var España.

Estos resultados son similares a los obtenidos durante el almacenamiento de tomate cultivado en sustratos diferentes (Dünder *et al.*, 1995), tomate calentado intermitentemente (Artes *et al.*, 1998), tomate empacado en películas plásticas biodegradables (Kantola y Helen, 2001), tomate cosechado a diferentes tiempos (López *et al.*, 2001), tomate manipulado genéticamente (Bramley, 2002), en tomate sometido a estrés térmico durante la poscosecha (González 2003) y en tomate empacado en atmósferas modificadas (Mathooko, 2003).

Estudio Cinético

El ajuste de los datos del pH, y de los contenidos de clorofila a y b, licopeno y β -caroteno a la ecuación (1) presentó altos valores del coeficiente de determinación ($R^2 > 0,90$) indicando así que los cambios de estas características fueron explicados por un modelo cinético de primer orden entre 91,2 y 99,5% con un nivel de confianza mayor del 95% (Tabla 1). No se encontró ningún modelo cinético que explicara los cambios en la acidez titulable. Kaur *et al.* (2006) encontraron que los cambios en el contenido de licopeno en la piel del tomate seguían una cinética de primer orden. Las constantes de velocidad (k) determinadas de las pendientes de las líneas rectas de los ajustes de los datos, se muestran en la Tabla 1. Las constantes de velocidad para los cambios en el contenido químico aumentaron ($p < 0,05$) al incrementarse la temperatura, es decir, el pH, el nivel de licopeno y β -caroteno aumentan (valores de k son positivos) al incrementar la temperatura de almacenamiento, mientras que la clorofila "a" y "b", disminuyen (valores de k son negativos).

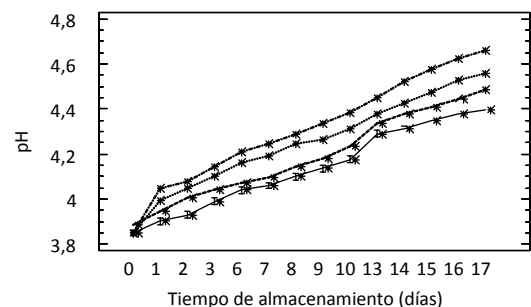


Figura 1. Cambios de pH en el tomate Margariteño var España durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. (—) 9°C, (---) 13 °C, (· · ·) 17 °C, (- · -) 28 °C.

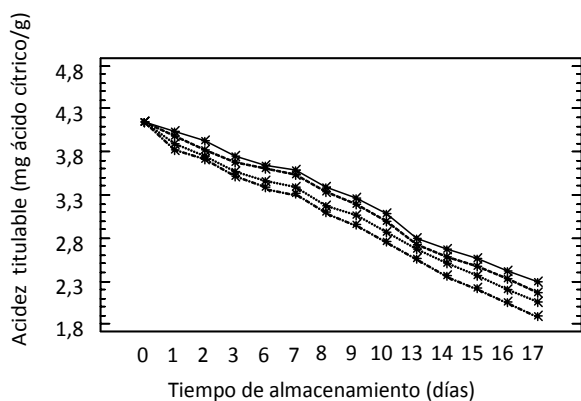


Figura 2. Cambios en la acidez titulable en el tomate Margariteño var España durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. (-) 9 °C, (- -) 13 °C, (. . .) 17 °C, (- . -) 28 °C.

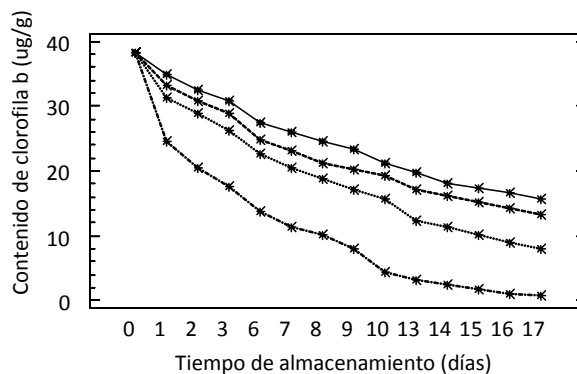


Figura 4. Cambios en el contenido de clorofila "b" en el tomate Margariteño var España durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. (-) 9 °C, (- -) 13 °C, (. . .) 17 °C, (- . -) 28 °C.

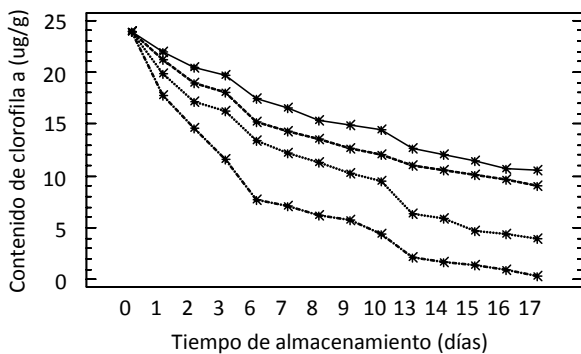


Figura 3. Cambios en el contenido de clorofila "a" en el tomate Margariteño var España durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. (-) 9 °C, (- -) 13 °C, (. . .) 17 °C, (- . -) 28 °C.

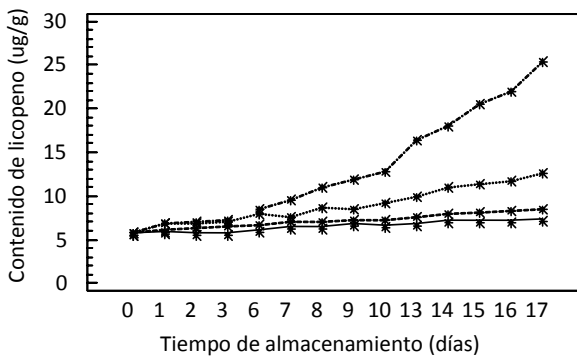


Figura 5. Cambios en el contenido de licopeno en el tomate Margariteño var España durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. (-) 9 °C, (- -) 13 °C, (. . .) 17 °C, (- . -) 28 °C.

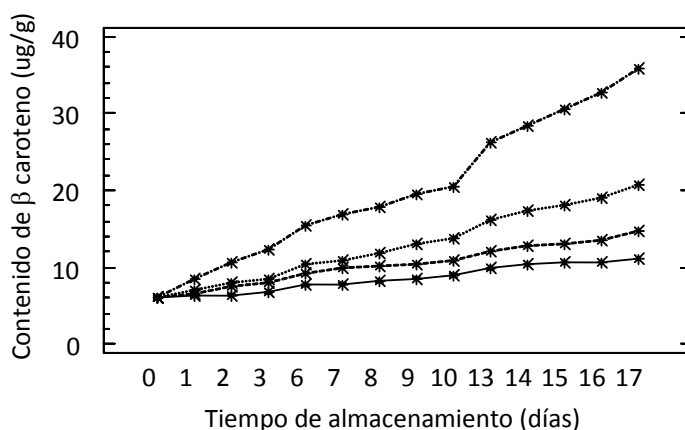


Figura 6. Cambios en el contenido de β -caroteno en el tomate Margariteño durante el almacenamiento a diferentes temperaturas. (-) 9 °C, (- -) 13 °C, (. . .) 17 °C, (- . -) 28 °C.

Tabla 1. Constante de velocidad para la cinética de los cambios en los contenidos químicos del tomate durante su almacenamiento.

T (°C)	pH		Clorofila "a"		Clorofila "b"		Licopeno		β Caroteno	
	k (d ⁻¹)	R ²	k (d ⁻¹)	R ²	k (d ⁻¹)	R ²	k (d ⁻¹)	R ²	k (d ⁻¹)	R ²
9	0,0076*	0,983	-0,047*	0,995	-0,050*	0,993	0,016*	0,912	0,037*	0,995
13	0,0075*	0,985	-0,052*	0,978	-0,057*	0,991	0,021*	0,980	0,047*	0,974
17	0,0081*	0,981	-0,100*	0,987	-0,085*	0,992	0,046*	0,971	0,068*	0,989
28	0,0089*	0,970	-0,211*	0,967	-0,208*	0,962	0,086*	0,987	0,089*	0,988

* significativo a $\alpha < 0,001$

Para modelar la dependencia de la constante de velocidad con la temperatura, los valores se ajustaron por regresión lineal a la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (2)$$

donde k_0 es el factor de frecuencia (d⁻¹), E_a es la energía de activación (kJ/mol), R es la constante universal de los gases (8,314 J/mol K) y T es la temperatura absoluta (K).

El ajuste de los valores de la constante de velocidad de

la ecuación (2) presentó altos valores en el coeficiente de determinación ($R^2 > 0,85$) para los diferentes contenidos químicos, indicando así que la dependencia de k con la temperatura fue explicada por el modelo de Arrhenius entre un 0,890 y 0,983% con una nivel de confianza mayor del 95%. Del intercepto de la línea recta representada por la ecuación (2) se determinó el valor de k_0 y de la pendiente se encontró E_a (Tabla 2). Valores altos de E_a indican mayor sensibilidad de la constante a la temperatura; la constante de velocidad para los cambios del contenido de licopeno fue la más sensible ($E_a = 63,61$ kJ/mol) y la del pH la menos sensible ($E_a = 7,00$ kJ/mol).

Tabla 2. Valores de la energía de activación (E_a) y del factor de frecuencia (k_0) para los cambios en el contenido químico del tomate durante su almacenamiento.

Contenido químico	E_a (kJ/mol)	k_0 (d ⁻¹)	R^2
pH	7,00*	1,92*	0,890
Clorofila "a"	57,85*	2,55*	0,983
Clorofila "b"	54,97*	20,36*	0,959
Licopeno	63,61*	23,04*	0,945
β Caroteno	33,06*	10,86*	0,930

* significativo a $\alpha < 0,001$

CONCLUSIONES

Los cambios en el pH, y el contenido de clorofila "a", clorofila "b", licopeno y β-caroteno siguen una cinética de primer orden, mientras que los de la acidez titulable no. Las constantes de velocidad de estos cambios dependen de la temperatura y se ajustan al modelo de Arrhenius. Los cambios en los componentes químicos analizados fueron menores a 9 °C indicando así que ésta es la temperatura de almacenamiento poscosecha adecuada para tomate Margariteño var España.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED J.; KAUR A.; SHIVHARE U. 2002. Color degradation kinetics of spinach, mustard leaves, and mixed puree. *J Food Sci.* 67 (3): 1088-1091.
- ARTÉS F.; SÁNCHEZ E.; TUSKENS L. M. M. 1998. Quality and shelf life of tomatoes improved by intermittent warming. *Lebensm-Wiss u.-Technol.* 31: 427-431.
- BRAMLEY P.M. 2002. Regulation of carotenoid formation

- during tomato fruit ripening and development. *J Exp Bot.* 53 (377): 2107-2113.
- BROWN H.E.; MEREDITH F.I.; SALDANO G.; STEVENS T.S. 1970. Freeze peeling improves quality of tomatoes. *J Food Sci.* 35: 485-484.
- CHIESA A.; SACKMANN M.; FRASCHINA A. 1998. Acidity and pigment changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit ripening. *ISHS Acta Hort.* 464 (on line): International Postharvest Science. Conference Postharvest 96.
- CHOI K.; LEE G.; HAN Y. J.; BUNN J. M. 1995. Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Trans ASAE.* 38(1):171-176.
- DÜNDAR Ö.; PAKSOY M.; ABAK K. 1995. Quality changes during cold storage of tomato fruits grown in different substrates. *ISHS Acta Hort* 412 (on line): I International Symposium on Solanacea for Fresh Market.
- FRASER P.D.; TRUESDALE M.R.; BIRD C.R.; SCHUCH W.; BRAMLEY P. M. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiol.* 105: 405-413.
- GONZÁLEZ P. 2003. Evolución de pigmentos en frutos de tomate larga vida sometidos a estrés térmico durante poscosecha. Tesis de Maestría en Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 51 pp.
- KANTOLA M.; HELEN H. 2001. Quality changes in organic tomatoes packaged in biodegradable plastic films. *J Food Quality.* 24(2): 167-176.
- KAUR A.; SHIVJARE U. (2006). Colour degradation Kinetics of tomatoes. *J. Food Sci.*, 67, 1088-1091.
- LÓPEZ J.; RUIZ R.M.; BALLESTEROS R.; CIRUELOS A.; ORTIZ R. 2001. Color and lycopene content of several commercial tomato varieties at different harvesting dates. *ISHS Acta Hort.* 542 (on line): VII International Symposium on the Processing Tomato.
- MATHOOKO F.M. 2003. A Comparison of modified atmosphere packaging under ambient conditions and low temperature storage on quality of tomato fruit. *African J Food Agric Nutr Develop.* (on line). 3(2).
- ROSATI C.; AQUILANI R.; DHARMAPURI S.; PALLARA P.; MARUSIC C.; TAVAZZA R.; BOUVIER F.; CAMARA B.; GIULIANO G. 2000. Metabolic engineering of beta-carotene and lycopene content in tomato fruit. *Plant J.* 24(3): 413-419.
- WEEMEAS C.A.; OOMS V.; LOEY A.M.; HENDRICKS M.E. 1999. Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *J Agric Food Chem.* 47, 2404-2409.
- ZHU S.; RAMASWAMY H.S.; SIMPSON B.K. 2004. Effect of high-pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods. *Lebensm -Wiss u.- Technol.* 37(3), 291-299.