

Factibilidad de recuperación de principios bioactivos a partir de residuos de la industrialización de tomate

Feasibility of recovery of bioactive principles from residues of tomato industrialization

Cecilia Flores¹, Alicia Ordóñez¹, María Esther Balanza¹, Alejandra Morant¹, Daniela Bocci¹.

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria-UNCUYO.

cflores@fcai.uncu.edu.ar

Resumen

La industrialización del tomate origina gran cantidad de residuos sin valor económico que contienen compuestos bioactivos. El objetivo del presente trabajo es extraer el licopeno a partir de piel, fibra y semillas obtenidas del proceso de industrialización de tomate. Se realizó un muestreo de residuos de una industria local, con el fin de disminuir la humedad y lograr su conservación las muestras se secaron en un horno del tipo túnel horizontal, de bandeja, discontinuo, haciendo variar dos parámetros en un diseño estadístico experimental del tipo 2³, las variables seleccionadas fueron temperatura y velocidad de flujo de aire. La variable de respuesta fue el contenido de licopeno de las muestras deshidratadas para un mismo nivel de humedad. En las muestras de residuos deshidratados se encontraron cantidades de licopeno inferiores a lo esperado en relación a la concentración de sólidos, variando las mismas en un rango que va desde 120 hasta 147 mg de licopeno/kg de residuos con un 7% de humedad. Se observó que la degradación a consecuencia de la deshidratación provocó pérdidas entre un 88 y 90 %. El licopeno cuantificado en los residuos deshidratados de industrialización del tomate no respondió a la cantidad de agua eliminada.

Palabras clave: licopeo, estabilidad, compuestos bioactivos, subproductos del tomate.

Abstract

The industrialization of tomato causes a large amount of waste with no economic value that contains bioactive compounds. The objective of this work is to extract lycopene from skin, fiber and seeds obtained from the tomato industrialization process. Sampling of waste from a local industry was carried out, in order to reduce humidity and achieve conservation, the samples were dried in a horizontal, tray, batch tunnel kiln, varying two parameters in an experimental statistical design of the type 2³, the selected variables were temperature and air flow rate. The response variable was the lycopene content of the dehydrated samples for the same humidity level. In the samples of dehydrated residues, lycopene quantities were lower than expected in relation to the concentration of solids, varying in a range from 120 to 147 mg of lycopene / kg of residues with 7% humidity. It was observed that degradation as a result of dehydration caused losses between 88 and 90%. The lycopene quantified in the dehydrated residues of tomato industrialization did not respond to the amount of water removed.

Keywords: lycopene, stability, bioactive compounds, tomato by-products.

1. Introducción

Las especies reactivas de oxígeno (ROS) pueden formarse espontáneamente en las células vivas durante el metabolismo normal. Los antioxidantes juegan un papel importante (como un mecanismo de defensa) en el daño inducido por las ROS. Muchos estudios indican que una dieta compuesta de una gran cantidad de frutas y verduras ricas en antioxidantes, disminuye el riesgo de contraer ciertas enfermedades como el cáncer y la aterosclerosis (Chang et al. 2006; Genkinger et al., 2004; Manda, Adams y Ercal, 2010; Orak et al., 2012; Shukla y Singh, 2007; Stoilova et al., 2007).

El licopeno es el pigmento lipofílico que confiere el color rojo característico a los tomates, es un carotenoide acíclico con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono (C₄₀H₅₆) con trece dobles enlaces de los cuales once son conjugados propiedad que le confiere la

particularidad de ser muy reactivo frente al oxígeno y a los radicales libres (Meléndez Martínez et al., 2004). El interés de este compuesto, radica en sus propiedades antioxidantes y sus implicaciones beneficiosas en la salud humana, principalmente como preventivo del cáncer de próstata. Además, el Licopeno se incorpora a una amplia gama de productos, tanto de la Industria Alimentaria, como Cosmética y Farmacéutica.

En cuanto a la distribución de los compuestos bioactivos en el fruto del tomate Toor y Savage (2005) concluyeron que el 52% del total de los antioxidantes (48% licopeno, 43% de ácido ascórbico, compuestos fenólicos 53%) de la fruta se encontraban en la epidermis, superando en porcentaje a la fracción contenida en pulpa y semillas. Por otro lado, Ordóñez et al (2009) estudiando la estabilidad del licopeno en los procesos de industrialización del tomate reportaron

una concentración promedio del contenido de licopeno (en base húmeda) en tomates peritas cultivados en la provincia de Mendoza de $111,5 \pm 4,4$ mg/kg, que luego de la operación de escaldado demostró una disminución significativa ($90,2 \pm 6,6$ mg/kg) afirmando que en la epidermis de los tomates hay un alto contenido del carotenoide.

El Licopeno se obtiene fundamentalmente a partir de fuentes naturales, hongos y principalmente del tomate. Es altamente lipofílico, y como otros carotenoides, es degradable mediante factores físicos y químicos como exposición a la luz, al oxígeno, a condiciones extremas de pH, temperaturas elevadas y contacto con superficies activas (Torres et al., 2003; Nguyen y Schwartz, 1999). Para la extracción de este tipo de sustancias se utilizan diversas técnicas; la más común es la extracción con solventes por etapas, aunque actualmente se ha utilizado la extracción con fluidos supercríticos, con grandes ventajas sobre los demás métodos (Fernández y Fernández, 1999; Guash, 2002).

Por otro lado, la deshidratación permite preservar alimentos altamente perecederos, especialmente frutas y hortalizas, cuyo contenido de agua es típicamente superior al 90%. El objetivo principal de esta tecnología es reducir el contenido de humedad de los alimentos, lo cual disminuye su actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse sobre el alimento. Según Toor et al. (2006) las temperaturas de secado inferiores a 65°C permiten preservar el color y sabor del tomate. A estas temperaturas también se preservan mejor los compuestos, tales como polifenoles, flavonoides, licopeno, β -caroteno y ácido ascórbico.

Mendoza es la principal provincia productora de tomate para industria, seguida de San Juan y Río Negro, la incidencia de la producción Cuyana a nivel nacional en la temporada 2012-2013 alcanzó un 44 % (Asociación tomate 2000, 2013). Este tomate se industrializa en la región de Cuyo produciendo una gran cantidad de residuos que no tienen valor económico. Por lo expuesto, resulta de interés estudiar la factibilidad de recuperación de licopeno de los residuos de la industrialización del tomate.

El objetivo es extraer el principio bioactivo licopeno a partir de piel, fibra y semillas obtenidas del proceso de industrialización de tomate.

2. Materiales y métodos

Se realizó un muestreo de pieles, fibra y semillas obtenidas del proceso de elaboración de productos derivados del tomate en la Empresa La Colina S.A., de la Ciudad de San Rafael, Mendoza. Se tomaron muestras de distintos lotes de elaboración y en tres oportunidades diferentes durante la temporada 2014. Los residuos estaban formados por una mezcla de piel, fibra y semilla. Las mismas se retiraron de la

línea de preparación de jugo de tomate, donde las pieles extraídas de la peladora junto a otros tomates retirados de la cinta de inspección son recibidos por el molino bomba y luego tamizados. Esta operación tiene como resultado el jugo que se vuelve a incorporar a la línea de producción y el residuo que se elimina.

Las muestras, previo a su secado, se conservaron en un freezer a -18°C a fin de impedir su deterioro. En todas las experiencias se trabajó con las mismas muestras, para poder comparar las cantidades de licopeno presentes en cada una de ellas, dependiendo de las condiciones de tratamiento durante el secado.

Deshidratado de la muestra: El horno de secado es del tipo túnel horizontal, de bandeja, discontinuo, con medidor de flujo, temperatura y tiempo. La circulación de aire es forzada a través de un ventilador y la energía calórica proviene de dos resistencias eléctricas. El mismo se encuentra disponible en planta piloto de la FCAI. El horno permitió disminuir la humedad de las muestras por debajo del 7% (ideal). De esta manera, se logra la reducción de humedad, volumen, peso y estabilidad de la muestra. Las muestras se secaron haciendo variar dos parámetros en forma directa: temperatura y velocidad del flujo del aire, e indirectamente el tiempo de secado.

Diseño experimental: Se realizó un diseño estadístico experimental del tipo 2^3 , las variables seleccionadas fueron temperatura y velocidad de flujo de aire. La variable de respuesta fue el contenido de licopeno de los residuos deshidratados para un mismo nivel de humedad.

VARIABLES SELECCIONADAS:

1. Velocidad del Flujo de Aire (medidas con anemómetro):
8 km/h, obtenidos con 50Hz de frecuencia en el ventilador; 7 km/h, obtenidos con 40Hz de frecuencia en el ventilador; 5,5-6 km/h, obtenidos con 30-35Hz de frecuencia en el ventilador.

Temperaturas: 50°C , 60°C y 70°C

El tiempo de secado fue variable en función de la combinación de tiempo y temperatura. Cada etapa de secado llevó entre 20 y 45 minutos como máximo, en bandejas cargadas con aproximadamente 25 g muestra.

Las muestras deshidratadas se guardaron rápidamente en bolsas herméticas, para impedir que adquirieran humedad del ambiente. Las mismas se conservaron en un lugar fresco y seco, para su posterior análisis.

Determinación de humedad: se utiliza la técnica de secado en estufa a 105°C hasta peso constante.

Extracción de licopeno: Las muestras se homogeneizaron en una procesadora doméstica durante 2 minutos aproximadamente para llevarlas al estado de polvo. El licopeno se extrajo según la técnica de Sadler y col. (1990) con algunas modificaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo. Se pesó cuantitativamente 1g de muestra en un erlenmeyer de 125 ml cubierto con papel aluminio, se agregaron 25 ml de hexano-acetona-etanol (2:1:1,v:v:v) y se agitó durante 30 minutos. Luego se adicionan 10 ml de agua destilada y se continuó la agitación durante dos minutos lo que separó el contenido en dos fases, una polar (agua, alcohol, acetona) y otra no polar (hexano, licopeno). Posteriormente se tomó la fase no polar con una pipeta Pasteur y se la colocó en un matraz cubierto con papel aluminio. Los sólidos residuales se reextrajeron para asegurar la extracción completa de licopeno. Se reunieron en un matraz las fases no polares de las dos extracciones y se llevaron a volumen con hexano. Si son necesarias pueden realizarse diluciones para cuantificar el licopeno.

Cuantificación de licopeno: para la medición espectrofotométrica se utilizó hexano como blanco y se realizó la lectura de la solución de licopeno a una longitud de onda de 472 nm. Para la cuantificación se construyó una curva de calibración utilizando una muestra de reactivo patrón (DMS, redivivo TM, lycopene 10% WS) que contiene 10% de licopeno (soluble en agua). Se preparan soluciones de licopeno patrón a 0,2; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 y 2,0 mg/l. Las mismas cumplieron con la Ley de Lambert y Beer con un alto grado de ajuste.

3. Resultados y Discusión

Las muestras húmedas de piel, fibra y semillas presentaron valores de pH: 4,32± 0,08; sólidos solubles de 1,8± 0,1 °Bx; humedad: 85,5± 1,4 % y licopeno: 98,6± 9 mg/Kg. De acuerdo al contenido de humedad que poseen los residuos de la industria del tomate y atendiendo al propósito de utilizarlo como una fuente de licopeno es conveniente disminuir su humedad mediante un proceso de deshidratación. Esto permitirá, en caso de encontrarse cantidades significativas del carotenoide en las muestras secas, el almacenamiento de dichos residuos de tomate en condiciones adecuadas y económicamente aceptables. Cabe destacar, que por el contenido de humedad de los residuos las condiciones para almacenar las muestras frescas sin deterioro alguno serían complejas (congelado). Por otro lado, resulta más conveniente almacenar muestras secas (bajo volumen) en un lugar fresco y en recipientes adecuados para impedir el acceso de aire húmedo.

Con respecto al proceso de deshidratación de las muestras y del análisis de datos puede observarse que los valores de humedad varían para cada uno de los experimentos (combinación de tiempo y temperatura) encontrándose los mismos comprendidos en un rango que va desde 6,5 % a 14,3 %. Esto puede deberse principalmente a las condiciones de trabajo en el momento en que se realizó el secado (condiciones externas del ambiente de planta piloto donde se encuentra el horno de secado y que agregaban cantidades de humedad significativas al aire (por trabajarse con vapor), entre otras. Además, los residuos secos presentan características higroscópicas, absorbiendo humedad del aire circundante.

Tabla1. Valor medio de Humedad de residuos luego del proceso de secado en función de la temperatura y la frecuencia del ventilador.

Porcentaje de humedad (H%) – valor medio			
Aire de Secado	Frecuencia en ventilador		
	24,5Hz	40Hz	50Hz
Temperatura			
50°C	9,4±0,7	8,0±0,8	9,6±1,4
60°C	8,8±0,9	14,3±1,9	9,3±1,1
70°C	6,5±1,5	8,3±0,7	6,8±0,9

Los valores de humedad se utilizaron para corregir, luego de la cuantificación del carotenoide, la cantidad de licopeno presente en cada muestra de residuos secos. De este modo, se puede expresar la concentración de licopeno en forma equivalente para cada muestra, en mg de licopeno/kg de residuo con un 7% de humedad.

Cuantificación de licopeno en las muestras de residuos de PFS de tomate:El deshidratado con aire caliente forzado es el método más común para secar productos alimenticios, incluyendo tomates (Doymaz, 2007). En este método, el aire caliente remueve el agua en estado libre de la superficie de los productos (Schiffmann, 1995). El incremento en la velocidad del aire y la turbulencia generada alrededor del alimento provoca una reducción de la tensión en la capa de difusión, causando una deshidratación eficiente (Cárcel et al., 2007). La deshidratación mediante este método depende de la velocidad y temperatura del aire empleado (Mulet et al., 1999). Según el diseño y los datos obtenidos el experimento en donde se obtiene la mayor cantidad de licopeno combina una temperatura de 60°C y una velocidad de flujo de 40Hz.

Tabla 2. Contenido de licopeno de los residuos deshidratados en función de la frecuencia y la temperatura

Licopeno (mg de licopeno/kg de residuo seco con 7% de humedad)			
Muestras deshidratadas	Frecuencia en ventilador		
	24,5Hz	40Hz	50Hz
Temperatura			
50 °C	119,2±2,5	126,8±3,7	132,5±3,9
60 °C	140,3±3,7	147,1±6,8	128,6±2,4
70 °C	130,7±2,3	142,7±3,5	135,2±4,6

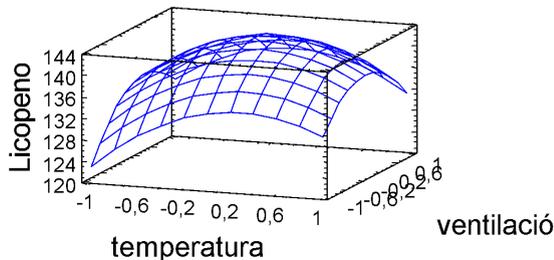


Figura 1. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de licopeno de los residuos de la industrialización de tomate en función de las variables de secado.

De acuerdo a los datos, en las muestras de residuos deshidratados se encontraron cantidades de licopeno inferiores a lo esperado en relación a la concentración de sólidos, variando las mismas en un rango que va desde 120 hasta 147 mg de licopeno/kg de residuos con un 7% de humedad. Según varios estudios la piel del tomate es una fuente importante de licopeno. Sin embargo, la deshidratación del tomate causa alteraciones en sus niveles naturales de nutrientes y compuestos protectores, por concentración, por deshidratación y por la termolabilidad y oxidación de estos compuestos (Zanoni et al., 1998). Demiray et al. (2012) demostraron que la degradación de β -caroteno en cuartos de tomate puede ser de hasta un 81 % a consecuencia de la deshidratación con aire forzado a 60 °C. Pérdidas menores de β -caroteno (32 %) pueden obtenerse mediante una deshidratación parcial (75 %) a 60 °C (Muratore et al., 2008).

Como puede apreciarse en la figura 1 la combinación de variables en donde la cantidad de licopeno alcanza su valor máximo corresponde a una velocidad de flujo de 40 Hz y 60 °C. Sin embargo, al comparar el contenido de licopeno en la muestra húmeda y deshidratada se observó que el proceso de secado origina pérdidas entre un 88 y 90 %.

4. Conclusiones

El licopeno cuantificado en los residuos deshidratados de industrialización del tomate no respondió a la cantidad de agua eliminada. Este comportamiento estaría confirmando que los carotenoides pueden fácilmente reordenarse en diferentes isómeros geométricos y oxidarse,

resultando una disminución o pérdida del mismo y de sus propiedades biológicas. Como consecuencia de este comportamiento se plantea en una próxima etapa realizar directamente la liofilización de las pieles de tomate. Se espera lograr un polvo de pieles de tomate rico en el compuesto bioactivo licopeno y estudiar su estabilidad en el tiempo.

5. Referencias

Schiffmann, R. F. (1995). Microwave and dielectric drying. *En Handbook of industrial drying*. A.S. Mujumdar (Ed.), pp. 345–372. New York: USA.

Cárcel, J.A., García-Pérez, J.V., Riera, E. Y Mulet, A. (2007). Influence of high intensity ultrasound on drying kinetics of persimmon. *Drying Technology*. 25:185-193.

Doymaz, I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 78(4):1291–1297.

Toor, R.K. Y Savage, G.P. (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*. 94(1):90-97.

Chang, C. H., Lin, H. Y., Chang, C. Y., & Liu, Y. C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 478–485.

Genkinger, J. M., Platz, E. A., Hoffman, S. C., Comstock, G. W., & Helzlsouer, K. J. (2004). Fruit, vegetable, and antioxidant intake and all-cause, cancer, and cardiovascular disease mortality in a community-dwelling population in Washington County, Maryland. *American Journal of Epidemiology*, 160(12), 1223–1233.

Manda, K. R., Adams, C., & Ercal, N. (2010). Biologically important thiols in aqueous extracts of spices and evaluation of their in vitro antioxidant properties. *Food Chemistry*, 118(3), 589–593.

Orak, H. H., Aktas, T., Yagar, H., Isbilir, S. S., Ekinci, N., Sahin, F. H. (2012). Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Food Science and Technology International*, 18(4), 391–402.

Shukla, Y., Singh, M. (2007). Cancer preventive properties of ginger: A brief review. *Food and Chemical Toxicology*, 45(5), 683–690.

Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P., Gargova, S. (2007). Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry*, 102(3), 764–770.

Meléndez-Martínez, A.; Vicario, I.; Heredia, F. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides

en los alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Versión impresa ISSN0004-0622. ALAN v.54 n.2 Caracas jun.

Toor, R. K.; Savage, G. P. (2006). Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. Food Chem. 99,724-727

Toor, R. K.; Savage, G. P. (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. Food Chemistry, 94, 90-97.

Nguyen, M.L., Schwartz, S.J. Lycopene: Chemical and biological properties. Food Technology 1999 Feb; 53(2):38-45.

Torres, A.M., Rojas, L.F., Mazo, J.C., Sampedro, C., Restrepo, S., Atehortúa, L. y otros (2003). Estudio de medios de cultivo para la síntesis de Licopeno a partir de *Clavibacter michiganensis* sub. *Michiganensis*. Vitae; 10 (2):37-45.

Fernández, D.P., Fernández, R. (1997) Fluidos supercríticos. Ciencia Hoy; 8(43):36-45.

Guash L. (2002) CSIC AGRO017- Supercritical fluid extraction and selective fractionation of lycopene and other carotenoids from natural sources. Oficina de patentes Venezolanas 200201310. Junio 6.