

1. Tomates (*Lycopersicum esculentum*) deshidratados con alto contenido de licopeno envasados en aceite

Efraín A. García, Hilda M. Lira, Thaís Gómez,

Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial,
División de Frutas y Hortalizas, San Felipe, Venezuela
efraingarcia2011@hotmail.com. Tlf. (0254) 2313392

2. Resumen

El Licopeno es un carotenoide con un potente poder antioxidante que se encuentra en el tomate. Se ha reconocido su prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, la diabetes y osteoporosis. Como no es un nutriente esencial se sugiere su consumo como parte de una dieta sana. La disponibilidad del licopeno en los productos a base de tomate depende del proceso de transformación tecnológica aplicado. El proceso de deshidratación en el tomate es ventajoso porque incrementa su concentración, por efecto de la eliminación del agua bajo condiciones controladas de temperatura, lo cual permite lograr mayor disponibilidad del mismo para el momento de su consumo. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar una tecnología para la producción de tomates deshidratados con alto contenido en licopeno envasados en aceite. Con la deshidratación se logró incrementar en un 23,60 % el contenido inicial de licopeno, se logró estimar un tiempo de vida útil de 73., 50 y 45 días para el producto envasado a 25; 35 y 45 °C a 90 % HR., respectivamente. En la evaluación sensorial de las muestras a 25 y 35 °C las variables color, olor, sabor y textura, no reflejaron diferencias significativas al 95 % durante los sesenta días que duró el estudio. En los tomates almacenados a 45°C si se encontró diferencia, y se reflejó en sus propiedades organolépticas.

3. Introducción

El tomate es el mayor contribuyente de carotenoides (especialmente licopeno), compuestos fenólicos, vitamina C y pequeñas cantidades de vitamina E en la dieta diaria, Ramandeep ***et al.***, (2006) el licopeno es el principal responsable del color rojo intenso en tomates maduros y en los productos a base de tomate. Es el carotenoide más abundante y representa cerca del 83 % del total del pigmento presente, Shi, ***et al.***, (1999). Se ha reconocido como un antioxidante que posee el mayor efecto protector contra los radicales libres. El licopeno es indispensable en la dieta del hombre y su disponibilidad depende del proceso aplicado al tomate. El proceso de deshidratación es ventajoso para su biodisponibilidad, ya que permite aumentar su concentración, preservar su contenido y mantener su estabilidad para mayor disponibilidad del mismo al público consumidor. El contenido de licopeno en los tomates puede variar significativamente con la variedad y con el proceso. Los productos deshidratados de tomate son muy apreciados y demandados, en el país la producción de tomate deshidratado es del tipo artesanal. Internacionalmente se está normando que los productos de tomates y derivados declaren el contenido de licopeno. En el presente proyecto se elaboró un tomate deshidratado con alto contenido en licopeno envasado en aceite, determinando el esquema tecnológico adecuado para su manufactura y la vida útil de los mismos, mediante evaluaciones periódicas de la calidad de los productos almacenados bajo condiciones severas de temperatura y humedad relativa.

4. Materiales y métodos

4.1 Muestreo

Las muestras de tomate fueron cosechadas unas en el estado Lara, específicamente en las regiones. San Miguel, Palenque, Sanare, San Mateo, Valles de Quibor y en el estado Guárico, en el sector Las Canoas, parroquia Paso Real Macaira, municipio Monagas. Los tomates fueron cosechados una vez que habían alcanzado su madurez fisiológica y

muestreados de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Covenin 1769-81, los mismos fueron transportados a la División de Frutas y Hortalizas de la Fundación Ciepe y almacenados en cámaras de ambiente controlado, a una temperatura de 10°C y una humedad relativa de 90 % (Cantwell and Kader, 2001).

4.2 Caracterización de la materia prima

Se realizó determinaciones de los parámetros físicos y químicos de tomates procedentes de los estados Lara y Guárico, siguiendo la técnica descrita por las normas Covenin.

4.3 Desarrollo tecnológico

Los tomates fueron sometidos al esquema tecnológico siguiendo una metodología desarrollada en la División de Frutas y Hortalizas del Ciepe. En la etapa de cortado se evaluaron diferentes formas de corte y tamaño de corte, en la etapa de escaldado se evaluaron las variables de temperatura y tiempo de exposición y en la etapa de deshidratación se evaluaron varias temperaturas y la humedad final del producto.

4.4 Caracterización del producto desarrollado

Las muestras de tomates deshidratadas, envasadas en aceite y esterilizadas fueron sometidas a los análisis físicos químicos microbiológicos y sensoriales para determinar las características que definen al producto final. Para ello se utilizaron las normas Covenin 902-87, Covenin 1337-90 para mohos, levaduras.

4.5 Estudio de estabilidad

Los tomates elaborados fueron divididos en tres lotes y cada uno fue almacenado en cámaras de ambiente controlado a la temperatura de 25; 35 y 45°C y 90 % de Humedad relativa para cada cámara, cada quince días las muestras fueron evaluadas fisicoquímica, microbiológica y sensorialmente, el contenido de licopeno fue utilizado como indicador de índice de deterioro. Para el estudio de estabilidad se utilizó la metodología basada en el modelo de Arrhenius con el cual se determina la influencia de la temperatura sobre la velocidad de reacción (Man, 2002). Se realizó la evaluación sensorial mediante la aplicación de la prueba de aceptabilidad con escala hedónica de nueve términos; desde me gusta muchísimo hasta me desagrada muchísimo, para lo cual se utilizó un panel entrenado de 13 catadores, el catador debía realizar la evaluación del color, olor, sabor y textura. Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante pruebas no paramétricas (análisis de varianza de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia del 95 %); luego se aplicó la prueba de media de Tukey.

5. Resultados y discusión

En el tabla 1 se aprecian los resultados obtenidos de la caracterización de las diferentes regiones y variedades de tomates analizadas, donde destaca que la variedad Shanty de la región de los valles de Quibor en el estado Lara presenta el mayor contenido de licopeno, Este valor (5,53) está comprendido entre el rango de valores reportado en los trabajos realizados por Zapata **et al.**, (2007) y por Martínez- Valverde **et al.**, (2002) para diferentes variedades de tomates comerciales (1,8-6,5 mg/100g).

En la tabla 2 se aprecia las especificaciones de calidad fisicoquímica que definen al tomate variedad Shanty utilizado como la materia prima para el producto deshidratado. Se puede resaltar que el contenido de licopeno es muy parecido al analizado en la etapa de caracterización de las diferentes variedades

Tabla 1. Caracterización Física y Química de variedades de tomates procedentes de los estados Lara y Guárico

Lugar	Palenque	Palenque	Palenque	Sanare	San Mateo	Guárico	Valles de Quibor
Variedad	Shanty	Aliana	Shanty	Aliana	Rio Grande	Mariana	shanty
Muestreo	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}	7 ^{mo}
Acidez (%Ac.cítrico)	0,36	0,39	0,41	0,47	0,35	0,41	0,36
pH	4,50	4,38	4,40	4,28	4,56	4,39	4,23
Sólidos totales (%)	4,88	6,8	5,58	6,68	6,73	5,49	4,19
Sólidos solubles (%)	4,60	4,50	4,20	5,40	5,13	3,80	4,00
Licopeno (mg/100g)	2,71	2,61	2,65	3,89	3,28	3,18	5,53
Color Interno(La/b)	50,91	47,58	34,07	44,98	43,97	51,07	50,83

Tabla 2. Características del tomate fresco a ser deshidratado

Lugar de cosecha	Valles de Quibor
Variedad del tomate	Shanty
Acidez (%Ácido cítrico)	0,32
Unidades de pH	4,30
Sólidos totales (%)	4,96
Sólidos solubles (°Brix)	3,8
Licopeno (mg/100g)	5,35
Color Interno (La/b)	48,91
Humedad (%)	94,41
Proteínas (%)	1,63
Cenizas (%)	0,65
Fibras %	0,78
Calorías	21,0

En la figura 1 se puede apreciar la tecnología seleccionada quedando determinada a los siguientes puntos críticos de control: El corte longitudinal es mejor que el corte en rodajas ya que este último genera pérdida por adherencia a las bandejas. El espesor del corte más adecuado está entre 20 y 25 mm, o seis cortes para tomates con un diámetro mayor a 50 mm. El escaldado quedó determinado a 85 °C y una duración no mayor a 2 minutos, ya que temperaturas y tiempos mayores afectan considerablemente las características del producto, lo cual queda evidenciado por el desprendimiento de la piel, pérdida de la placenta y textura. Los cortes muy finos hacen que el producto tienda a quedar muy seco y la deshidratación no es uniforme, esto afecta los rendimientos y la textura del producto final. Si los cortes son mayores de 25 mm, los tiempos de secado se hacen más lentos. Las evaluaciones sensoriales de textura determinaron que la humedad adecuada para este tipo de producto, está dentro del rango de 25 y 28 % de humedad. La adición del aceite no debe realizarse a temperaturas mayores de 80°C, temperaturas más altas afectan el color del producto. Una vez esterilizado el producto es conveniente enfriar rápidamente para que no ocurra una sobre cocción interna del mismo que afecta el color de los tomates.

En la tabla 3 se muestran los resultados alcanzados en la caracterización del tomate deshidratado resaltando el incremento en el contenido de licopeno en el tomate al pasar de 5,53 a 22,67 de mg de licopeno en el producto elaborado, lo cual representa un incremento en 4,09 veces el contenido inicial de licopeno. Dewanto ***et al.***, (2002) señalan que el procesamiento térmico de los tomates incrementan la extracción del contenido de licopeno en los productos transformados cuando se compara con los tomates frescos, como resultado de la liberación del licopeno íntimamente unido a la piel y a la fibra insoluble lo cual favorece la biodisponibilidad del mismo. La eliminación parcial del agua contribuye con el incremento relativo del licopeno.

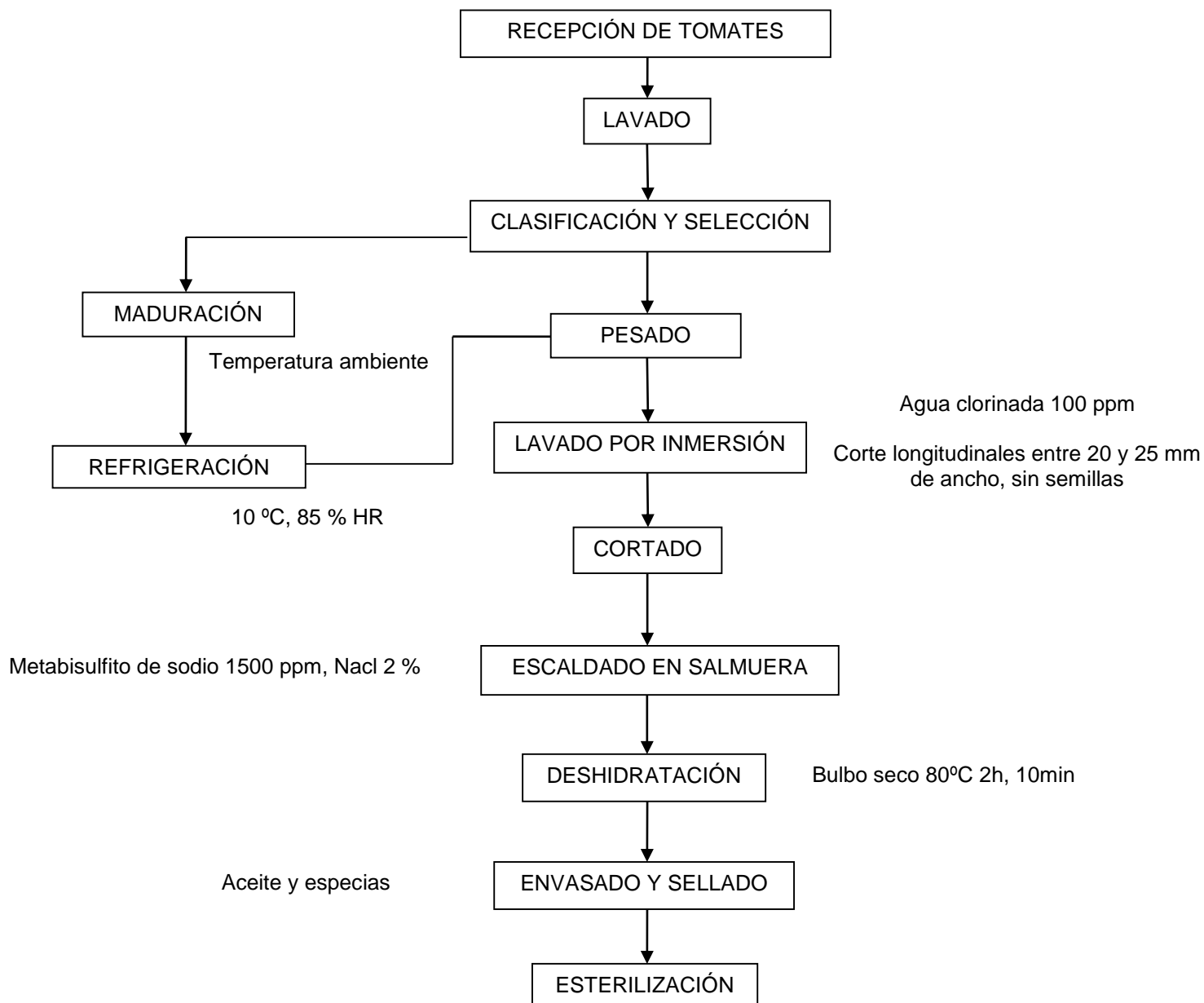


Figura 1. Tomate deshidratado envasado en aceite

Tabla 3. Caracterización física, química y microbiológica del tomate deshidratado envasado en aceite

pH	4,201
Sólidos solubles (%)	38,00
Acidez (% Ácido cítrico)	3,54
Humedad %	27,57
Sólidos Totales %	72,43
Licopeno (mg/100g)	22,67
Color (I x a / b)	34,83
Índice de peróxido (meq.O ₂ / Kg muestra)	0
Aerobios Mesófilos (UFC/g)	<10
Mohos (UFC/g)	<10
Levaduras (UFC/g)	<10

En la figura 2. Se refleja la variación del licopeno en las muestras almacenadas a 25; 35 y 45°C y 90 % de HR, en la misma se aprecia la pendiente con tendencia negativa en cada uno de los casos y en mayor magnitud en la muestra almacenada a 45 °C a una velocidad de disminución de - 0,341 mg de licopeno por día. Lavelli and Torresani (2011), reportan una retención de un 56 % de licopeno después de un mes de almacenamiento bajo condiciones desfavorables en muestras de tomates, mientras que en este estudio a los 60 días se alcanza un 50 % de disminución a 25 y 35 °C y de 76,5 % en las muestras almacenadas a 45 °C. Es probable que el aceite de cobertura contribuya a la estabilidad del licopeno haciendo más lenta las reacciones oxidativas. A 45 °C la energía de activación acentúa mucho más la degradación del licopeno. Shri and Le Maguer (1996) señalan que la degradación se incrementa con el aumento de las concentraciones de licopeno, ácidos, azúcares y sólidos totales. Además otro factor es la exposición de los sólidos del tomate al aire, la luz y a altas temperaturas de almacenamiento.

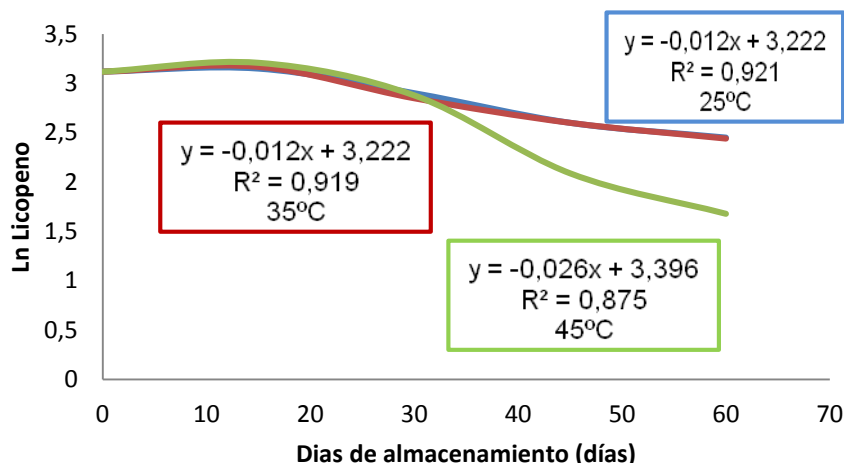


Figura 2. Variación del contenido de licopeno en tomates deshidratado envasados en aceite comestible almacenados durante sesenta días sometidos diferentes temperaturas y a 90% de HR.

En la tabla 4 se resumen los resultados de vida útil. El orden de reacción estimado con el modelo de Arrhenius fue de uno (1), lo cual se asemeja a los resultados obtenidos por Lee and Chen (2002) quienes reportan que la degradación de todas las formas trans a cis del licopeno se adapta a un modelo de primer orden. El tiempo de vida útil estimado es bastante corta 73 días a 25 °C y de 30 días a 45°C; considerando que es un producto esterilizado. La velocidad de degradación del contenido de licopeno a 25 y 35 °C es casi idéntica, pero a 45°C es casi dos veces más rápida, lo cual refleja su alta sensibilidad a la temperatura. Los valores de Q_{10} 0,66 y 0,68 se mantuvieron casi invariables para pasar de 25 a 35 °C y de 35 a 45°C.

Tabla 4. Estudio de estabilidad de los tomates deshidratados envasados en aceite comestible y esterilizados

	Días	Pendiente	Orden de reacción	Q ₁₀
Vida útil para 25 °C	73,4	- 0,0126	0,95	-
Vida útil para 35 °C	49,8	- 0,0129	1,00	0,66
Vida útil para 45 °C	30	- 0,0267	0,99	0,68

El análisis estadístico del licopeno, pH, sólidos totales, humedad y color, durante el almacenamiento, reflejan que si hay diferencia significativa para cada temperatura. En el color, se detectó cambio significativo. Esta diferencia durante el almacenamiento quedó evidenciada al aplicar la prueba de Tukey, donde se encontró que no hay homogeneidad entre los grupos. En la evaluación sensorial los resultados estadísticos no mostraron diferencia significativa durante los sesenta días de almacenamiento, a las temperaturas de 25°C y 35°C. En cambio a 45°C, sí se encontró diferencia significativa, esto probablemente a que a este nivel de temperatura las reacciones oxidativas del licopeno favorecen la energía de activación y los efectos son más drásticos y notorios en sus propiedades organolépticas y nutricionales. Esto corrobora los resultados alcanzados en el estudio de estabilidad y en el color del producto.

El análisis estadístico de las características licopeno, pH, sólidos totales, humedad y color, durante el almacenamiento, demostró que si existe diferencia significativa en cada una de las temperaturas de almacenamiento. Con respecto al color, se detectaron cambios significativos del mismo, encontrándose una tendencia a la pérdida del color rojo. Esta diferencia de color, durante el almacenamiento quedó evidenciada al aplicar la prueba de Tukey, donde se encontró que no hay homogeneidad entre los grupos. Durante el almacenamiento los sólidos solubles y la acidez no presentaron diferencia significativa.

En cuanto a la evaluación sensorial la evaluación estadística del juicio emitido por los catadores en cuanto al color, olor, sabor y textura, no se encontró diferencia significativa al 95 % en los productos durante los sesenta días de almacenamiento, a las temperaturas de 25°C y 35°C. En los tomates almacenados a 45°C, sí se encontró diferencia

significativa, esto probablemente a que a este nivel de temperatura las reacciones oxidativas del licopeno favorecen la energía de activación y los efectos son más drásticos y notorio en sus propiedades organolépticas y nutricionales, esto corrobora los resultados alcanzados en el estudio de estabilidad y el color del producto.

6. Conclusiones

El producto logrado bajo la tecnología desarrollada es de buena calidad nutritiva por el alto valor de licopeno y por el alto grado de aceptabilidad sensorial. La concentración de licopeno en el tomate fresco es similar a la alcanzada en otros trabajos. El nivel alcanzado en el producto deshidratado es superior al valor reportado para salsa de tomate tipo ketchup. El nivel de concentración alcanzado satisface las necesidades de consumo diario. La degradación del licopeno obedece a un orden de reacción uno al igual que en trabajos previos realizados. Temperaturas altas durante el almacenamiento afectan significativamente el contenido de licopeno así como su calidad sensorial y nutritiva del producto.

7. Referencias bibliográficas

1. Cantwell M. and Kader, A. A. (2001). micantwell@ucdavis.edu. Datos no publicados.
2. Covenin 902-87. Comisión venezolana de normas industriales.
3. Covenin 1337-90. Comisión venezolana de normas industriales.
4. Covenin 1769-81. Comisión venezolana de normas industriales.
5. Dewanto, V. Xianzhong Wu, Kafui K. Adom, and Rui Hai Liu. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agric. Food Chem
6. Lavelli, V. Maria Claudia Torresani. (2011). Modelling the stability of lycopene-rich by-products of tomato processing. Food Chemistry 125: 529–535

7. Lee, M. T. and B.H. Chen. (2002). Stability of lycopene during heating and illumination in a model system Food Chemistry 78: 425–432.
8. Man Dominic. 2002. Caducidad de los alimentos.Edit. Acribia. pp. 91-92
9. Martinez-Valverde I. Povan G. and Ghesson A.(2002). Phenolic compounds lycopene and antioxidant activities in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Journal of the science of food and Agriculture. Vol. 82, pp.323-330.
- 10.Ramandeep K. Toor, Geoffrey P. Savage (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. Food Chemistry 94:pp. 90–97.
- 11.Shri K. Sharma and Marc Le Maguer (1996). Kinetics of lycopene degradation en tomato pulp solids under different processing and storage conditions. Food Research International, vol. 29, N°3-4, pp. 309-315.
- 12.Zapata, L. Gerard L. Davies C.and Schvab M. (2007). Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. Ciencia, Docencia y Tecnología. N° 35, Año XVIII, pp. 173-193.