

SECADO DE UCHUVA (*Physalis peruviana L*) POR AIRE CALIENTE CON PRETRATAMIENTO DE OSMODESHIDRATACIÓN

DRY GOOSEBERRY (*Physalis peruviana L*) WITH PRETREATMENT OF OSMOTIC DEHYDRATION

Adriana M. CASTRO.¹, Ligia RODRÍGUEZ.¹, Edgar M. VARGAS.^{1*}

Recibido: Octubre 1 de 2007 Aceptado: Abril 8 de 2008

RESUMEN

En este trabajo se determinan las condiciones de temperatura más favorables para un proceso de secado de uchuva (*Physalis peruviana L*) con aire caliente, con deshidratación osmótica (DO) como pretratamiento, utilizando una solución de sacarosa de 70° Brix a 40°C durante 16 horas. Se realiza un seguimiento de la degradación de β -caroteno con el tiempo y la temperatura. En la fruta tratada con aire caliente a 60°C y pretratada con DO, se obtiene una pérdida total de β -caroteno del 98%. La fruta tratada con aire caliente a 40 °C y sin DO, presenta la menor pérdida total de β -caroteno, la cual alcanza un 28%. Los tiempos de secado para alcanzar una humedad de la fruta cercana a 2,5% base seca son de 7, 9 y 12 horas a 60, 50 y 40°C respectivamente, para las frutas tratadas sin DO. Para las frutas tratadas con DO, los tiempos de secado son de 4, 5 y 6 horas a 60, 50 y 40°C respectivamente. La cinética de degradación encontrada es de primer orden. El estudio de estimación de costos de proceso de secado encuentra que la mejor condición de proceso es a 60°C y sin el tratamiento de DO, con un costo aproximado de procesamiento de \$374,42/Kg de fruta.

Palabras clave: Secado por aire caliente, uchuva (*Physalis peruviana L*), β -caroteno, deshidratación osmótica, cinética.

ABSTRACT

This study find the air temperatures for dehydrating Cape gooseberry, (*Physalis peruviana L*), with osmotic dehydration as a pretreatment, using a solution of sucrose of 70 ° Brix to 40 °C by 16 hours. The highest level of β -carotene degradation, 98%, due to the effects of oxygen, temperature and provitamin lixiviation, takes place with the pretreated fruits, which dry at 60°C. Lixiviation contributes to 80% of this. The fruits without pretreatment and dry at a temperature of 40°C suffer a lower level of β -carotene degradation, 28%. The times for the untreated fruit, to reach a moisture level close to 2.5%, decrease as the air temperature increase (40, 50 y 60°C, 12, 9 and 7 hours respectively). In the case of the pretreated fruit, the drying times are 4, 5, and 6 hours for 60, 50 y 40°C respectively. Degradation kinetic is first order. The economic study find that the cost for dehydrating at 60°C for the untreated fruit was the most suitable with an approximately cost of \$374.42/Kg of fruit.

Keywords: Air drying, cape gooseberry (*Physalis peruviana L*), β -carotene, osmotic dehydration, kinetic.

1 Grupo de Aprovechamiento de Recursos Agroalimentarios, Programa Ingeniería de Alimentos Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Cra. 4 No. 22-61, Bogotá- Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: edgar.vargas@utadeo.edu.co

INTRODUCCIÓN

Colombia es el primer productor mundial de uchuva con 11500 ton/año (1,2), pero los excedentes de fruta que no se destinan a la exportación alcanzan un 50% del total de la producción; esta fruta no es exportable debido a su tamaño y puede ser utilizada para nuevos productos deshidratados. Un aspecto destacable es que la calidad de la uchuva Colombiana se caracteriza por su coloración y mayor contenido de azúcares y β -caroteno (1730 UI de Vitamina A) (3), este último muy importante en la prevención de ciertas enfermedades del ser humano como el cáncer. La razón por la cual los carotenos previenen el cáncer está relacionada con la actividad antioxidante al desactivar los radicales libres generados en los tejidos. Los radicales libres son moléculas altamente reactivas capaces de interactuar con las biomoléculas (proteínas y ácidos nucleicos) componentes de las células alterando su normal funcionamiento, desencadenando en cáncer y otras enfermedades (4,5).

Lo anterior ha hecho que el valor nutricional de la uchuva colombiana sea de gran interés para los mercados internacionales y es por esto que resulta importante conocer qué factores intervienen en la degradación de los carotenoides durante procesos de secado por aire caliente y osmodeshidratación.

Se conoce la influencia que tiene la temperatura en la degradación de carotenos como factor acelerador en la pérdida durante procesos de cocción, secado y escaldado; además existen estudios realizados en frutas, hortalizas y sus productos derivados (6-9); sin embargo, no hay estudios que revelen la degradación de β -caroteno durante la deshidratación de la uchuva por aire caliente con y sin DO, además de los costos asociados a este proceso. Esto constituye el objetivo de este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizó uchuva ecotipo Colombia de la finca El Recuerdo, localizada en Ventaquemada, en el Departamento de Boyacá, con un peso promedio entre 5 a 6 g y según la carta de color de la norma técnica colombiana sobre especificaciones de la uchuva (10) un estado de madurez entre los colores 4 y 5.

Métodos

Caracterización fisicoquímica

Se midió la humedad según el método oficial AOAC 20.01 (1980); el pH usando un titulador automático marca Schott modelo CG842 por inmersión del electrodo en la muestra, previa calibración con soluciones tampón de pH 2, 4, 7 y 10 a 25°C; los sólidos solubles se determinaron midiendo el índice de refracción de las muestras de frutas en un refractómetro a 20°C; la actividad de agua se midió con un activímetro novasina MS-1; la acidez titulable se determinó según el método oficial AOAC 942.15 (1990); el índice de madurez se calculó a partir de la relación entre grados Brix totales y el porcentaje de ácido cítrico (11).

Análisis proximal

En la determinación de grasa se aplica el método oficial AOAC 7.060 (1984) y 920.39 (1990); la determinación de proteína se realizó según la norma técnica colombiana (NTC 1055) (12); para determinar la fibra cruda se empleó el método oficial AOAC 7.066 (1984) y 962.09 (1990); en la determinación de cenizas se aplicó el método AOAC 7.009 (1984) y 942.05 (1990) (11); para la determinación de carbohidratos se realizó un cálculo entre la diferencia de 100 y los porcentajes de humedad, ceniza, grasa, proteína y fibra cruda (13).

Procedimiento general para la deshidratación de uchuva

Inicialmente se seleccionaron las frutas, retirando aquellas que presentaron daños mecánicos y ataques biológicos. Una vez seleccionada, se clasificó de acuerdo al grado de madurez; para ello se observó el color externo del fruto según la tabla de color de uchuva (10), color entre 4 y 5. Una vez la fruta fue seleccionada y clasificada se dividió en dos grupos, uno se destinó a deshidratación directamente en un secador de bandejas S-401 marca Granel a 40°C, 50°C y 60°C; al otro grupo se le aplicó una DO con una solución de sacarosa a 70°Brix durante 16 horas a 40°C con una relación frutas-jarabe de 1:3 y luego se procedió a secarla a 40°C, 50°C y 60°C hasta obtener una humedad cercana del 2,5% (base seca). Durante la operación de secado con aire caliente, se mantiene constante la velocidad del aire de 3 m/s y su dirección (tangencial al material húmedo); la humedad relativa del aire para todos los ensayos osciló entre 55 y 60 %.

Determinación de la cinética de degradación de β -caroteno

Para la determinación de la cinética de degradación de β -caroteno, se construyó una curva de calibración con el fin de conocer el contenido en el tiempo de la provitamina en los ensayos realizados. Esta curva se construyó mediante un método espectrofotométrico a partir del patrón de β -caroteno Sigma Co.[®], se prepararon soluciones a diferentes concentraciones (2, 5, 10, 250, 500, 1000, 2000 ppm) con el fin de construir dicha curva; se realizó un barrido en el espectrofotómetro (Helios β No. UVB 052205) entre 400 x 500 nm, luego se determinó la longitud de onda de pico de mayor absorbancia (13).

Extracción de β -caroteno

La extracción de la provitamina de la fruta deshidratada se realizó por maceración en un mortero, utilizando una mezcla de n-hexano y acetona (1:1); el extracto obtenido se transfiere a una columna que contiene fosfato tricálcico, el cual permite el paso de los carotenoides y la retención de otras sustancias como las clorofilas y agua. La concentración de β -caroteno en el extracto se determina leyendo en el espectrofotómetro a 450nm e interpolando los valores en la curva de calibración (13).

Análisis estadístico

Los parámetros experimentales evaluados en el trabajo se analizaron a partir de ANOVAS, utilizando el método LSD (mínimas diferencias significativas), con un nivel de significación del 95% ($p=0.05$). El análisis de varianza se realizó con el paquete estadístico STATGRAPHICS plus versión 5.1. Se utilizó un diseño factorial de dos factores (temperatura y pretratamiento), el primero con tres niveles (40, 50 y 60°C) y el segundo con dos niveles (con y sin DO). Todos los ensayos se realizaron por triplicado y se calcularon las desviaciones estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico y proximal

La disminución del valor de la actividad de agua de la uchuva deshidratada respecto a la fresca se debe a la deshidratación (9). Se observa un descenso en el contenido de acidez, el cual cambia de 1.970 g ácido cítrico/100g para la muestra de fruta fresca a 1.128 g ácido cítrico/100g muestra para fruta des-

hidratada; este descenso obedeció a la degradación de la vitamina C durante el secado, ya que existe una relación entre el contenido de esta vitamina y el contenido de acidez (14-16). (Véase tabla 1).

Los resultados del análisis proximal proporcionan una noción acerca de la composición básica de la materia prima en estudio, importante para caracterizarla, ya que estos valores varían según el origen, ecotipo, estado de madurez, clima, ubicación geográfica, manipulación post-cosecha y almacenamiento. Se destacan los valores de humedad de 87 % en base húmeda, carbohidratos 10,52% y proteína 1,09%. (Véase tabla 2)

Tabla 1. Análisis Físicoquímico de la Uchuva Ecotipo Colombia

Análisis	Uchuva fresca	Uchuva deshid.
pH	3,6	4,0
Actividad de Agua	0,982	0,247
°Brix	14	75
% Acidez	1,970	1,128
% de Humedad	87%	2,5%*
Índice de Madurez	7,1	No Aplica

* Base Seca

Tabla 2. Análisis proximal de la Uchuva Ecotipo Colombia

Componentes	% p/p
Agua	87 +/- 0,72
Carbohidratos	10,52 +/- 0,51
Fibra	0,34 +/- 0,0022
Grasa	0,51 +/- 0,0053
Ceniza	0,54 +/- 0,0032
Proteínas	1,09 +/- 0,072

Al comparar los contenidos de β -caroteno en las uchuvas deshidratadas con y sin pretratamiento de DO al final del proceso (alcanzar una humedad cercana al 2,5% en base seca), se observó un porcentaje mayor de pérdida de la provitamina en la fruta que recibe pretratamiento debido a la lixiviación de la provitamina de la matriz alimentaría hacia la solución osmótica (Véase tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de pérdida total de β -caroteno con base en el contenido inicial de la fruta.

	40°C	50°C	60°C
Con DO	95 %	96 %	98 %
Sin DO	28 %	41 %	43 %

Para cuantificar la pérdida de la provitamina sólo en el proceso de DO (pretratamiento), se realizó un balance de β -caroteno en el proceso, luego se cuantificó la provitamina en el jarabe (agua-sacarosa) y se comparó con los contenidos β -caroteno de la uchuva inicial y final; este análisis reportó un 80% de la pérdida de β -caroteno debido a lixiviación o salida de este de la matriz alimentaria hacia la solución osmótica por efectos tanto de gradientes de concentración como por arrastre convectivo (Véase figura 1). Es importante mencionar que no hubo degradación térmica de β -caroteno en el proceso de OD.

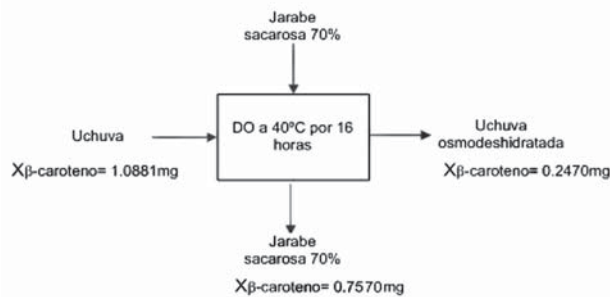


Figura 1. Balance de masa para el proceso de DO.

Estudios realizados sobre la degradación de licopeno en tomate, afirman que existe un efecto protector de la DO sobre la degradación oxidativa del carotenoide en secado por aire. La explicación de dicho efecto radica en el aislamiento del carotenoide debido a que la solución osmótica permanece en la superficie de la fruta, evitando el ingreso del oxígeno al tejido; de esta forma se reduce la degradación de la provitamina dentro de la matriz alimentaria por efectos de oxidativo (17). Vale la pena decir que sólo este efecto protector se observó en secado por aire a temperatura ambiente y no cuando se deshidratava con aire caliente, ya que en este último la acción de degradación de la provitamina es influenciada por la temperatura del proceso.

Para la degradación de β -caroteno (miligramos de β -caroteno por gramo seco de uchuva) con el tiempo a varias temperaturas de secado y utilizando la uchuva sin DO como pretratamiento, se observó que, para las temperaturas de proceso de 40, 50 y 60 °C, los tiempos de secado fueron 12, 9 y 7 horas respectivamente. La degradación puede deberse a la oxidación del β -caroteno por efectos del oxígeno y temperatura presentes en el aire que pueden romper el esqueleto hidrocarbonato de la provitamina (6-8,18). (Véase figura 2).

En la degradación de β -caroteno (miligramos de β -caroteno por gramo seco de uchuva), con el tiempo a las mismas temperaturas y utilizando la uchuva con DO como pretratamiento, se observó que, para las temperaturas de proceso de 40, 50 y 60 °C, los tiempos de secado son 6, 5 y 4 horas respectivamente. Esta reducción en el tiempo total se debe a una pérdida del 30% de agua debida al preproceso de DO. Vale la pena recordar que es en este preproceso es donde se pierde el 80% del β -caroteno inicial de la uchuva por lixiviación, y es en ese punto donde se inicia el proceso de secado por aire caliente (Véase figura 3).

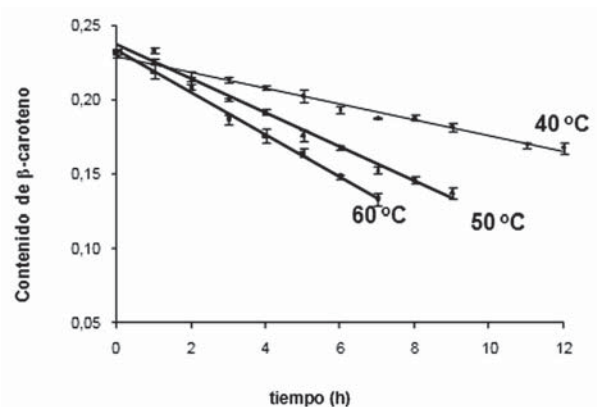


Figura 2. Contenido β -caroteno a través del tiempo de deshidratación sin DO como pretratamiento.

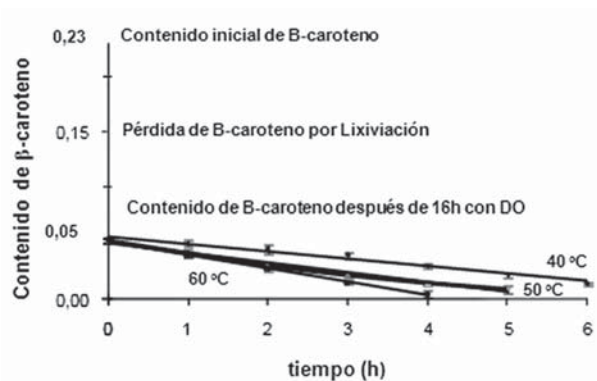


Figura 3. Contenido β -caroteno a través del tiempo de deshidratación con DO como pretratamiento.

Los datos de contenido de β -caroteno (miligramos de β -caroteno por gramo seco de uchuva) se ajustan a un modelo cinético de primer orden para el proceso de deshidratación sin DO (Véase figura 4). Los procesos con pretratamiento de DO también se ajustan al mismo modelo cinético (Véase figura 5).

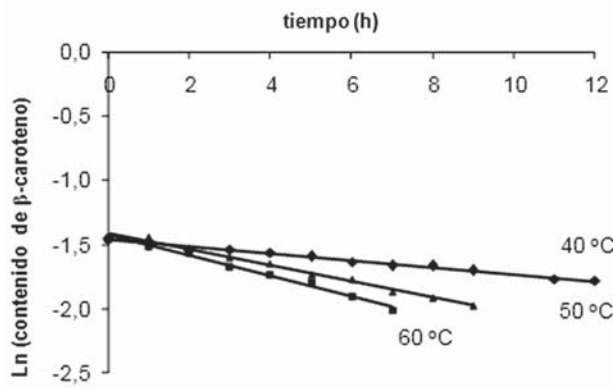


Figura 4. Cinética de degradación de β -caroteno de primer orden a diferentes temperaturas sin DO como pretratamiento.

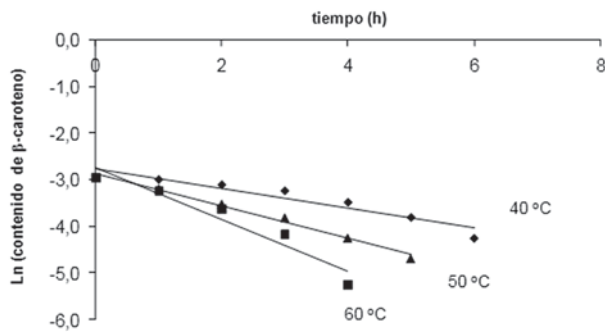


Figura 5. Cinética de degradación de β -caroteno de primer orden a diferentes temperaturas con DO como pretratamiento.

Algunos estudios de secado realizados en otras frutas han encontrado cinéticas con el mismo orden de reacción (4,18-22). Los resultados de la cinética para la degradación de β -caroteno durante la deshidratación de la fruta con DO como pretratamiento, presentan las siguientes constantes de velocidad de degradación: 0,22, 0,35 y 0,55 (h^{-1}) para temperaturas de secado de 40, 50 y 60 °C respectivamente. Para la fruta deshidratada sin DO, las constantes de degradación son 0,03, 0,06 y 0,08 (h^{-1}) para temperaturas de secado de 40, 50 y 60 °C respectivamente. El r^2 para el ajuste de los modelos es de 0,99. El valor de estas constantes indica la rápida degradación de la provitamina a medida que aumenta la temperatura.

La energía de activación para la reacción de degradación de β -caroteno se calculó mediante un método gráfico, utilizando como modelo la ecuación de Arrhenius. Los valores obtenidos son 49041 (J/mol) para los ensayos sin pretratamiento

(Véase figura 6) y 45815 (J/mol) para los ensayos con pretratamiento (Véase figura 7). Valores de 3.9×10^4 J/mol son reportados para la degradación de clorofila y β -caroteno en procesamientos con calor similares (6). Es importante mencionar que estos valores de energía de activación son muy importantes para saber cuál es la energía necesaria para que empiece de degradación de la provitamina en un proceso de secado por aire caliente.

Por último se realizó un estudio de estimación de costos de secado por aire caliente utilizando diversos factores económicos (amortización, intereses, seguros, mano de obra, consumo de combustible, electricidad, gastos de administración y mantenimiento) para cada una de las temperatura utilizadas; la temperatura que resultó favorable utilizando los anteriores factores fue la de 60 °C, sin utilizar el pretratamiento con DO, con un costo aproximado de procesamiento de \$374.42/Kg de uchuva a deshidratar.

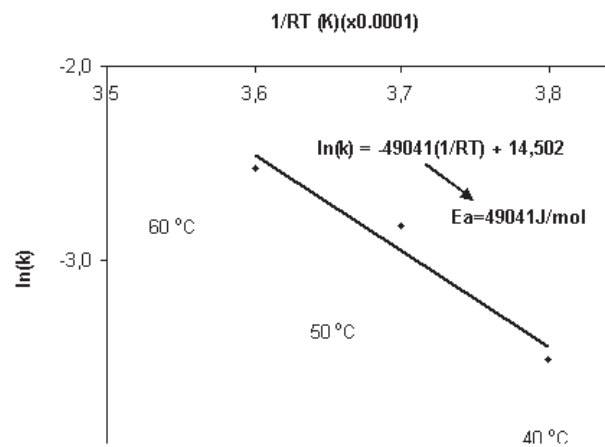


Figura 6. Determinación de la energía de activación para la degradación del β -caroteno para la deshidratación sin DO.

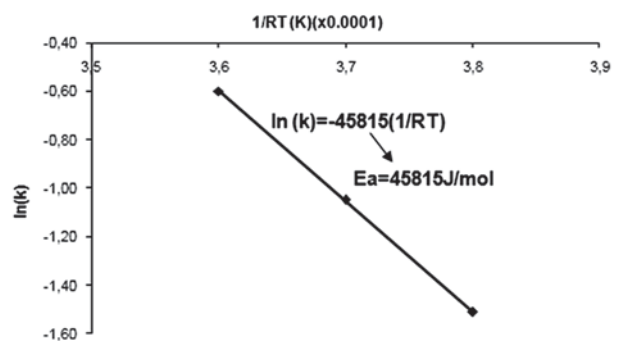


Figura 7. Determinación de la energía de activación para la degradación del β -caroteno para la deshidratación con DO.

CONCLUSIONES

La temperatura recomendada para la deshidratación es 60°C durante 7 horas sin pretratamiento, donde se presenta una degradación del 43% de la provitamina con un costo aproximando de procesamiento de \$374.42/Kg de uchuva.

La DO como pretratamiento no favorece el contenido de la provitamina durante la deshidratación debido a la lixiviación que ocurre, llegando a un valor del 80%.

La degradación de β -caroteno durante la deshidratación por aire caliente de la uchuva cumple una cinética de primer orden.

Los valores de energía de activación para la degradación de β -caroteno son: 45815 (J/mol) para los ensayos con DO, y 49041 (J/mol) para los ensayos sin DO.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Programa de Ingeniería de Alimentos, y al Grupo de Investigación APRA por financiar este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CCI. (Corporación Colombia Internacional). Perfil de producto No.13; 2002.
2. Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFrucol). Portal frutas y hortalizas para el mundo. Disponible en: <http://www.frutasyhortalizas.com.co>. Consultado: 25 de Noviembre del 2006.
3. Fischer G, Miranda D, Piedrahita G, Romero J. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva en Colombia. Bogotá: Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia; 2005.
4. Krinsky N, Mayne S, Sies H. Carotenoids in health and disease. New York: Marcel Dekker; 2004.
5. Braverman JB. Introducción a la bioquímica de los alimentos. México: El Manual Moderno; 1986.
6. Chen BH, Huang JH. Degradation and isomerization of chlorophyll and β -carotene as affected by various heating and illumination treatments. Food Chem. 1998; 62: 299-307.
7. Cole ER, Kapur NS. The stability of lycopene. Degradation by oxygen. Journal of the Science of Food and Agriculture 1957; 8: 360-365.
8. Henry LK, Puspitasari-Nienaber NL, Jarén-Galán M, van Brecmen RB, Catignani GL, Schwartz SJ. Effects of ozone and oxygen on the degradation of carotenoids in an aqueous model system. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2000; 48(10): 5008-5013.
9. Barbosa G, Vega H. Deshidratación de alimentos. España: Aciriba; 2000.
10. ICONTEC. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá; 1999.
11. A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists Official Methods of analysis, Washington. D.C; 1980, 1984, 1990, 1999.
12. ICONTEC. Determinación de proteína. Norma Técnica Colombiana NTC 1055. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Bogotá; 1999.
13. Bernal, I. Análisis de Alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y naturales. 3ª ed. Bogotá: Colección Julio Carrizosa Valenzuela No.2; 1998.
14. Burg P, Fraile P. Vitamin C destruction during the cooking of potato dish. LWT 1995; 28 (5):506-514.
15. Leskova E, Kubikova J, Kovacicova E, Holcikova K. Vitamin losses: retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. J. Food Comp. Anal. 2006; (19):252-276.
16. Laing B, Schlueter DL, Labuzza TP. Degradation kinetics of ascorbic acid at high temperature and water activity. J. Food Sci. 1978; (43):1440-1443.
17. Shi J, Maguer L, Kakuda Y, Liptay A. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. Food Res. Int. 1999; (32):15-21.
18. Meléndez A, Vicario I, Heredia J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 2004; 54 (2):65-74.
19. Dewanto V, Adom K, Liu R. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agricult. Food Chem. 2002; (50): 3010-3014.
20. Karabulut I, Topcub A, Durán A, Turan, S. Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armenica L.*). Food Sci. Technol. 2006 ;(40):753-758
21. Chen JH, Tai C, Chen BH. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica L.*). Food Chem. 2005; (100):1005-1010.
22. Ottaway PB. Stability of vitamins in food. En: Ottaway PB, ed. Technology of vitamins in foods. Glasgow, Scotland: Blackie Academic & Professional; 2000. p.90-113.