
Cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita

Gisela Páez, Jenny Freay, Mónica Moreno, Zulay Mármol, Karelen Araujo*, Marisela Rincón
Departamento de Ingeniería Bioquímica, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.
Maracaibo, Venezuela. Apartado 526. Maracaibo 1001-A

Kinetic of Degradation of Ascorbic Acid in Passion Fruit Juice

Cinètica de la degradació de l'àcid ascòrbic en suc de maracujà

Recibido: 24 de mayo de 2007; aceptado 5 de septiembre de 2007

RESUMEN

Se evaluó la cinética de la degradación del ácido ascórbico en el jugo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) fresco y pasteurizado a diferentes temperaturas de almacenamiento (0 °C, 10 °C, 25 °C, 40 °C, 60 °C). El jugo se caracterizó en términos de pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, relación grados Brix acidez y azúcares totales. Las muestras de jugo fresco y pasteurizado se almacenaron a temperaturas de 0 °C y 10 °C durante un periodo de 60 y 15 días respectivamente. Muestras de jugo fresco se almacenaron a 25 °C y 40 °C por 10 horas y a 60 °C por 2.5 horas. La cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita fresco y pasteurizado tiene un comportamiento de orden cero para las temperaturas 0 °C, 25 °C, 40 °C y 60 °C; para el jugo de parchita fresco refrigerado a 10 °C la cinética es de primer orden y para el jugo de parchita pasteurizado le corresponde una cinética de segundo orden a la misma temperatura. La energía de activación estimada a partir de la ecuación de Arrhenius fue de 92,167 J/mol y el factor de frecuencia fue de $1,583 \times 10^{13} \text{ min}^{-1}$ en el jugo de parchita fresco para las reacciones de orden cero a las temperaturas de 0 °C, 25 °C, 40 °C y 60 °C.

Palabras Claves: Ácido Ascórbico. Degradación. Cinética. Parchita maracuyá.

SUMMARY

It was evaluated the kinetic degradation of the ascorbic acid in passion fruit juice "maracuya" (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) fresh and pasteurized at different storing temperatures (0 °C, 10 °C, 25 °C, 40 °C, 60 °C). The juice was characterized in terms of pH, titration acidity, total soluble solids, °Brix/acidity relation and total sugars. The passion fruit juice samples, fresh and pasteurized, were stored at 0 °C, 10 °C during 60 and 15 days respectively. Samples of fresh passion fruit juice were also taken and stored at 25 °C, 40 °C for 10 hours and at 60 °C for 2,5 hours.

The kinetic of acid ascorbic degradation in fresh and pasteurized passion fruit juice has a behavior of zero order

for temperatures of 0 °C, 25 °C, 40 °C and 60 °C. A first order kinetic was obtained for fresco refrigerated passion fruit juice at a temperature of 10 °C, where as a second order kinetic was obtained for the pasteurized juice at the same temperature. The activation energy estimated from Arrhenius equation was 92.168 J/mol and the frequency factor was $1.583 \times 10^{13} \text{ min}^{-1}$ in fresh passion fruit juice for zero order reactions at 0 °C, 25 °C, 40 °C and 60 °C temperatures.

Key words: Ascorbic acid. Degradation. Kinetics. Passion fruit "maracuya" type.

RESUM

S'avalua la cinètica de la degradació de l'àcid ascòrbic en el suc de maracujà (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) fresc i pasteuritzat a diferents temperatures d'emmagatzematge (0 °C, 10 °C, 25 °C, 40 °C, 60 °C). El suc es caracteritzà pel que fa a pH, acidesa, sòlids solubles totals, relació graus Brix acidesa i sucres totals. Les mostres de suc fresc i pasteuritzat s'emmagatzemaren a temperatures de 0 °C i 10 °C durant un període de 60 i 15 dies, respectivament. També s'emmagatzemaren mostres de suc fresc a 25 °C i 40 °C durant 10 hores, i a 60 °C durant 2,5 hores. La cinètica de la degradació de l'àcid ascòrbic en suc de maracujà fresc i pasteuritzat té un comportament d'ordre zero per a les temperatures 0 °C, 25 °C, 40 °C i 60 °C; per al suc de maracujà fresc refrigerat a 10 °C, la cinètica és de primer ordre, i per al suc de maracujà pasteuritzat li correspon una cinètica de segon ordre a la mateixa temperatura. L'energia d'activació estimada a partir de l'equació d'Arrhenius és de 92,167 J/mol i el factor de freqüència és de $1,583 \cdot 10^{13} \text{ min}^{-1}$ en el suc de maracujà fresc per a les reaccions d'ordre zero a les temperatures de 0 °C, 25 °C, 40 °C i 60 °C.

Mots clau: Àcid ascòrbic. Degradació. Cinètica. Parchita maracuyá.

* Autor de Correspondencia:
karelenaraujo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las vitaminas son compuestos orgánicos imprescindibles en los procesos metabólicos, ya que sin ellas el organismo no es capaz de aprovechar los elementos constructivos y energéticos suministrados por la alimentación. Adicionalmente, el consumo apropiado de ciertas vitaminas como el ácido ascórbico puede compensar las deficiencias de otras como lo son la tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico, vitamina B₁₂, vitamina E y vitamina A. La vitamina C también ayuda en la absorción del hierro, en la reparación de los tejidos dañados, toma parte en la producción y activación de numerosas sustancias químicas de nuestro cuerpo, entre las cuales figuran la hemoglobina y las células rojas de la sangre, posee importantes funciones antioxidantes, etc.⁽¹⁾

Las frutas cítricas son una de las principales fuentes de vitamina C, y se utilizan con frecuencia en la elaboración de jugos a nivel industrial. Entre estas frutas se encuentra la parchita maracuyá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*), la cual es una fruta que se caracteriza por tener un exótico aroma determinado por una mezcla de 18 aceites volátiles, penetrante sabor debido al alto contenido de ácido cítrico (94%) y su jugo es de color amarillo debido a la presencia de carotenoide entre ellos el betacaroteno.⁽²⁾

El mayor consumo de parchita maracuyá es a nivel industrial, debido a su gran plasticidad en lo relativo a su uso, bien sea como jugo o néctar (diluido en abundante agua), como concentrado y también formando parte de mezclas como jugos de frutas y en la elaboración de excelentes jaleas o mermeladas.⁽³⁾

Sin embargo, estos productos pueden experimentar pérdidas de ácido ascórbico durante la preparación o procesamiento, período de almacenamiento y dependiendo de las condiciones de almacenamiento. Por ejemplo, en la pasteurización de los jugos se destruye la mayor parte de esta vitamina pasando de ácido L-ascórbico (vitamina C) a ácido deshidroascórbico, afectando esto el valor nutricional del jugo.

De allí la importancia de realizar estudios que permitan evaluar la pérdida de dicha vitamina en jugos de frutas fresco y pasteurizados a diferentes condiciones y tiempo de almacenamiento, y establecer modelos cinéticos para predecir la pérdida de la misma.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita a diferentes temperaturas y tiempo de almacenamiento, a través de la determinación del contenido de ácido ascórbico del jugo a diferentes temperaturas de almacenamiento, así como los parámetros fisicoquímicos: sólidos solubles totales, pH (acidez iónica), acidez titulable, relación Brix Acidez y los azúcares reductores y no reductores.

MÉTODOS

Materia Prima

Se seleccionó para este estudio la parchita maracuyá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*). Las muestras fueron adquiridas libres de daño físico y aptas para el consumo humano, en un supermercado de la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia y analizadas en los Laboratorios de Tecnología de Alimentos y Fermentaciones Industriales de la Universidad del Zulia.

Tratamiento de las Muestras

Se utilizó el método manual para la extracción de la pulpa de las frutas, el cual consistió en partir la fruta en dos mitades o valvas y con una cuchara se extrajo la pulpa algo gelatinosa con los sacos de la semilla. Se pesó la pulpa

extraída y seguidamente se licuó en una proporción de 1 parte de pulpa de parchita por 4 partes de agua⁽²⁾ por un período de 15 segundos y luego se filtró a través de gasa, para eliminar las partículas en suspensión y se almacenaron en frascos de vidrio.⁽³⁾

Luego de preparado el jugo, en el inicio de cada experiencia (tiempo cero), se determinó el contenido de ácido ascórbico a cada una de las muestras (concentración inicial C₀) y los parámetros fisicoquímicos: sólidos solubles, pH, acidez titulable, azúcares reductores y no reductores y la relación °Brix Acidez.

Las muestras de jugo de parchita fresco se almacenaron a temperaturas de 0 °C, 10 °C, 25 °C, 40 °C y 60 °C; y las muestras de jugo de parchita pasteurizado se almacenaron a temperaturas de 0 °C y 10 °C, determinándose en cada caso el contenido de ácido ascórbico, sólidos solubles, pH (acidez iónica), acidez titulable, azúcares reductores y no reductores y la relación °Brix Acidez.

Las muestras de jugo de parchita fresco y pasteurizado se almacenaron a temperaturas de 0 °C y 10 °C durante un período de 60 y 15 días respectivamente. También se tomaron muestras de jugo de parchita fresco y se almacenaron a 25 °C y 40 °C por un período de 10 horas y a 60 °C por un período de 150 minutos. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Pasteurización del Jugo de Parchita

La pasteurización del jugo se llevó a cabo siguiendo el procedimiento según Cheftel, J et al.⁽⁴⁾. El jugo de parchita filtrado, se sometió a un proceso de calentamiento a una temperatura que no sobrepasó los 70 °C a 75 °C, durante un período de 15 min. Luego se enfrió a temperatura ambiente durante un período de 15 minutos más.

Métodos de Análisis:

Ácido Ascórbico

Se determinó mediante la norma COVENIN N° 1295-82, utilizando el método de titulación con el colorante 2,6-dicloroindofenol. Los resultados se expresan en miligramos de ácido ascórbico por cada 100 ml.⁽⁵⁾

Sólidos Solubles

Se determinó mediante la norma COVENIN N° 924-77, utilizando un refractómetro marca Bausch & Lomb, el cual da la lectura directa de los sólidos solubles en °Brix.⁽⁶⁾

pH (Acidez Iónica)

Se determinó mediante la norma COVENIN N° 1315-79, utilizando un phmetro marca Metrohm, modelo 744.⁽⁷⁾

Acidez Titulable

Se determinó mediante la norma COVENIN N° 1151-77. Los resultados se expresan en gramos de ácido cítrico por cada 100 ml.⁽⁸⁾

Relación °Brix Acidez

Se obtiene del cociente entre el valor obtenido de sólidos solubles y la acidez.

Azúcares Reductores

Se utilizó el método del Ácido 3,5-Dinitrosalicílico, propuesto por Gail, M⁽⁹⁾. El color desarrollado se midió en un espectrofotómetro UV - Visible (Varian, modelo Cary 50), a una longitud de onda de 575 nm. Los resultados obtenidos se expresan en mg/ml.

Azúcares Totales

Se utilizó el método colorimétrico para determinación de azúcares y sustancias relativas, propuesto por Dubois, M. et al.⁽¹⁰⁾. El color desarrollado se midió en un espectrofo-

tómetro UV-Visible (Varian, modelo Cary 50), a una longitud de onda de 490 nm. Los resultados obtenidos se expresan en mg/ml.

Azúcares no Reductores

Se obtiene de la diferencia de los azúcares totales menos los azúcares reductores. Los resultados se expresan en mg/ml.

Modelos Cinéticos

Se utilizó el método integral para evaluar la cinética de la degradación del ácido ascórbico, correspondiendo a una reacción de orden cero ($CA = CA_0 - K \cdot t$), a una reacción de primer orden ($\ln CA = \ln CA_0 - K \cdot t$) o a una reacción de segundo orden ($1/CA = 1/CA_0 + K \cdot t$). Para determinar la energía de activación y el factor de frecuencia, se utilizó la ecuación de Arrhenius ($\ln k = \ln k_0 - E_a/R.T$).⁽¹¹⁾

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del jugo de parchita.

En la tabla II se reportan los resultados de los modelos cinéticos y los coeficientes de correlación en el jugo de parchita fresco y pasteurizado en el rango de temperaturas de 0 °C a 60 °C.

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis de ácido ascórbico en el jugo de parchita fresco y pasteurizado almacenado a 0 °C en un período de 60 días. Se aprecia que el contenido de ácido ascórbico en el jugo fresco disminuyó un 26,15% (9,60 mg/100ml hasta 7,09 mg/100ml), mientras que para el jugo pasteurizado el contenido de ácido ascórbico varió de 0,95 mg/100ml a 0,42 mg/100ml representando un 55,79%.

Se puede observar, que siendo el mismo jugo en ambos casos, el contenido de ácido ascórbico en el tiempo inicial no es el mismo, esto es debido al proceso de pasteurización, ya que en él se pierde gran parte del contenido de dicha vitamina, indicando que las altas temperaturas son uno de los factores importantes que intervienen en la pérdida o destrucción de la misma y del valor nutricional del jugo.

En la figura 2 se aprecian los resultados del análisis de ácido ascórbico para el jugo de parchita fresco y pasteurizado almacenado a 10 °C en un período de 15 días. El jugo fresco disminuyó de 10,60 mg/100ml hasta 1,27 mg/100ml (88,02%) y el pasteurizado varió de 1,22 mg/100ml hasta 0,68 mg/100ml lo cual representa un 44,26% de pérdida de vitamina C.

TABLA I
Caracterización del jugo de parchita fresco y pasteurizado

Jugo	Fresco Media* (± D.E.)**	Pasteurizado Media* (± D.E.)**
Sólidos Solubles (°Brix)	3,40 (± 0,00)	3,40 (± 0,00)
pH (acidez iónica)	2,89 (± 0,08)	3,01 (± 0,04)
Acidez Titulable (g/100ml)	0,76 (± 0,06)	0,71 (± 0,06)
Relación °Brix/Acidez	4,51 (± 0,36)	4,84 (± 0,44)
Azúcares Reductores (mg/ml)	13,60 (± 2,51)	13,50 (± 2,12)
Azúcares Totales (mg/ml)	21,61 (± 2,83)	23,53 (± 0,95)
Azúcares no Reductores (mg/ml)	8,01 (± 1,65)	9,03 (± 1,17)
* Media de quince determinaciones. ** Desviación estándar.		

En este caso se aprecia la misma analogía anteriormente descrita para la temperatura de 0 °C.

En la figura 3 se observan los resultados obtenidos del análisis de ácido ascórbico en el jugo de parchita fresco almacenado a 25 °C y 40 °C durante un período de 10 horas; y 60 °C en un período de 2 horas y media. Se aprecia que el contenido de ácido ascórbico en el jugo almacenado a 25 °C disminuyó desde 11,23 mg/100ml hasta 10,15 mg/100ml (9,62%); en el jugo a 40 °C varió desde 5,12 mg/100ml hasta 1,21 mg/100ml (76,37%); y en el jugo a 60 °C el contenido de ácido ascórbico disminuyó desde 7,08 mg/100ml hasta 0,72 mg/100ml (89,83%); la temperatura es el factor determinante en la degradación del ácido ascórbico en el jugo. El calor destruyó casi completamente el contenido de ácido ascórbico.

TABLA II

Modelos cinéticos y coeficientes de correlación en jugo de parchita fresco y pasteurizado.

Jugo	Temperaturas	Orden de Reacción	Modelos Cinéticos	Coefficiente de Correlación
Fresco	0 °C	Cero	$C_A = -0,03702 t + 9,4857$	0,959
	10 °C	Primer	$\ln C_A = -0,13695 t + 2,4576$	0,986
	25 °C	Cero	$C_A = -0,11243 t + 11,337$	0,982
	40 °C	Cero	$C_A = -0,39371 t + 5,1586$	0,999
	60 °C	Cero	$C_A = -0,04776 t + 7,8305$	0,972
Pasteurizado	0 °C	Cero	$C_A = -0,00940 t + 0,9405$	0,990
	10 °C	Segundo	$1/C_A = 0,04644 t + 0,9011$	0,941

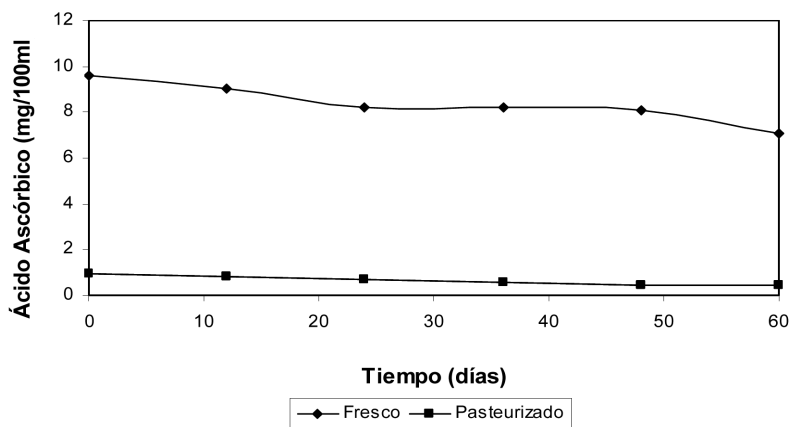


Figura 1. Contenido de ácido ascórbico en jugo de parchita fresco (◆) y pasteurizado (■) almacenado a 0 °C.

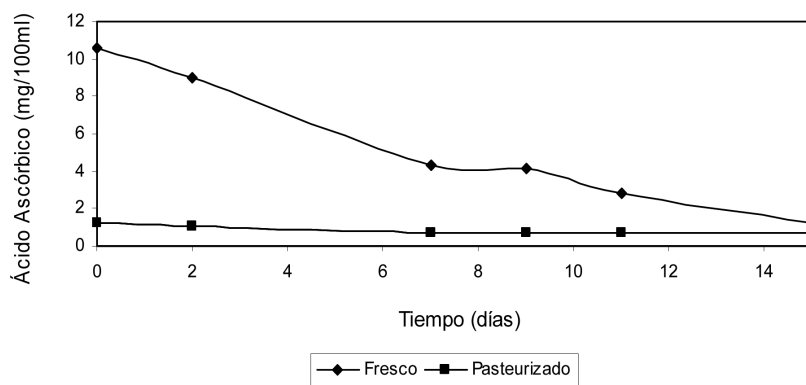


Figura 2. Contenido de ácido ascórbico en jugo de parchita fresco (◆) y pasteurizado (■) almacenado a 10 °C.

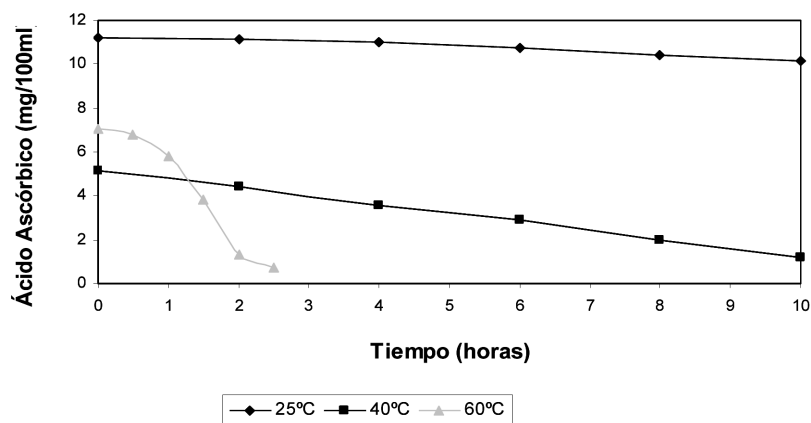


Figura 3. Contenido de ácido ascórbico en jugo de parchita fresco almacenado a 25 °C (◆), 40 °C (■) y 60 °C (▲).

Estos resultados concuerdan con los establecidos por Schwartz y col.⁽¹²⁾ que reportan una disminución de la vitamina C en Kiwi con el aumento de la temperatura. Así mismo, Koutchma y col.⁽¹³⁾ observaron que el jugo de zanahoria, naranja y manzana al ser sometidos a diferentes tratamientos térmicos como irradiaciones Gamma, irradiaciones UV y calentamiento en microondas, experimentaban pérdidas de ácido ascórbico entre un 18% y 89%. En la figura 4 se observa el efecto de la temperatura sobre la constante de la velocidad de reacción en jugo de parchita fresco de acuerdo a la ecuación de Arrhenius: $\ln k = \ln k_0 - E_a / R.T$ para las reacciones de orden cero a las temperaturas de 0 °C, 25 °C, 40 °C y 60 °C. La energía de activación fue de 92,1675 J/mol; el factor de frecuencia (k_0) dio $1,58346 \times 10^{13} \text{ min}^{-1}$ y el coeficiente de correlación de la regresión lineal fue de 0,995.

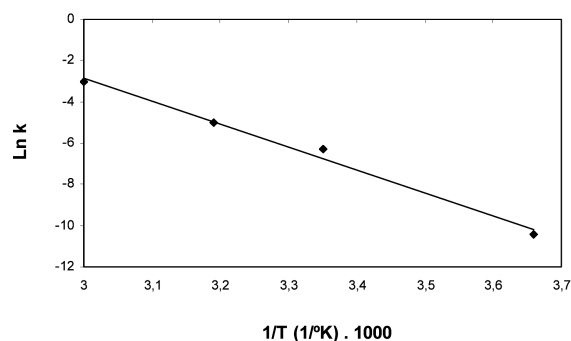


Figura 4. Representación de la constante de velocidad de reacción en función del recíproco de las temperaturas en k para las reacciones de orden cero en jugo de parchita fresco. ($y = \ln k$; $x = (1/t) \cdot 1000$).

CONCLUSIONES

El comportamiento cinético del jugo de parchita para las temperaturas 0 °C, 25 °C, 40 °C y 60 °C corresponden satisfactoriamente a una cinética de orden cero; para el jugo de parchita fresco refrigerado a 10 °C la cinética es de primer orden, mientras que para el jugo de parchita pasteurizado refrigerado a 10 °C le corresponde una cinética de segundo orden.

La energía de activación fue de 92,167 J/mol y el factor de frecuencia fue de $1,583 \times 10^{13} \text{ min.}^{-1}$ en el jugo de parchita fresco a las temperaturas de 0 °C, 25 °C, 40 °C y 60 °C correspondientes a una cinética de orden cero.

BIBLIOGRAFÍA

- ⁽¹⁾. Duckworth R.: «Frutas y Verduras». Editorial Acribia. España: Zaragoza, 1968.
- ⁽²⁾. Guzmán J.: «Cultivo de la Parchita». Espasande, S.R.L. Editores. 1990.
- ⁽³⁾. Escobar A., Bravo R.: «Industrialización de Algunas Frutas Tropicales». Universidad del Zulia. Venezuela: Maracaibo, 1991.
- ⁽⁴⁾. Cheftel J., Cheftel H.: «Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos». Volumen I. España: Zaragoza, 1976.
- ⁽⁵⁾. Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma N° 1295-82. Determinación del ácido ascórbico (vitamina C). 1982.

⁽⁶⁾. Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma N° 924-77. Determinación de sólidos solubles. 1977.

⁽⁷⁾. Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma N° 1315-79. Determinación del pH (acidez iónica). 1994.

⁽⁸⁾. Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma N° 1151-77. Determinación de la acidez. 1977.

⁽⁹⁾. Gail M.: «Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar». *Planeering Research Division, Quartermaster Research and Engineering Center, Massachuset*. 1959.

⁽¹⁰⁾. Dubois M., Gilles K., Hamilton J., Rebers P., Smith F.: «Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances». *Division of Biochemistry University of Minnesota, St. Paul, Minn*. 1956; 28(3).

⁽¹¹⁾. Levenspiel O.: «Ingeniería de las Reacciones Químicas». Editorial Reverté, S.A. México, 1997.

⁽¹²⁾. Schwartz M.; Núñez H.; Muñoz A.: «Efecto de la Temperatura de Concentración de Pulpa de Kiwi sobre el Color, Clorofila y Ácido Ascórbico». *Archivos Latino-americanos de Nutrición* 1999 Marzo; 49(1):44-48.

⁽¹³⁾. Koutchma T. y Shmalts M.: «Degradation of vitamin C after alternative treatments of juices». *Nonthermal processing of foods*. 2002