

TITULO:

Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá

AUTORES:

Priscila Castillo Soto¹, Luis Miranda Sánchez²

¹Tecnóloga en Alimentos, 1995

² Director de Tesis, ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil, 1971 .
Postgrado Ingeniería en Alimentos. Universidad de Campinas, Sao Paulo, Brasil.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar si las pérdidas de Vitamina C durante la elaboración industrial de jugo concentrado y congelado de maracuyá, sobrepasan o no los valores teóricos obtenidos mediante modelos matemáticos y de ser así las recomendaciones necesarias a fin de mantener la calidad nutricional de este importante producto de exportación. Para lo cual determinaré los parámetros de estudio (temperatura y tiempo) y el número de muestras necesarias para establecer la cinética de pérdida de la vitamina C en forma teórica para compararlos con los resultados obtenidos en el monitoreo en las plantas procesadoras.

INTRODUCCION

Entre las exportaciones de productos no tradicionales que generan importantes divisas al país, están los jugos concentrados congelados, siendo el primero el jugo de maracuyá, exótico y preferido por su sabor y aroma. El jugo concentrado congelado de maracuyá ubicó al país en el primer sitio como exportador mundial de este producto en 1999 (12). Es reconocido internacionalmente por su calidad organoléptica, relegando la importancia de la calidad nutricional del producto. El jugo de maracuyá es rico en vitaminas A y C, las cuales se pierden durante el procesamiento. Las pérdidas de vitaminas, disminuyen la calidad nutricional de los alimentos, no así su calidad organoléptica. La vitamina más sensible o lábil es el Acido Ascórbico o Vitamina C, que se pierde fácilmente por parámetros tales como, oxidación, interacción con otros metales, temperatura, etc.. Por esta razón es considerada como índice de retención de vitaminas (2).

Se han realizado estudios para determinar la cinética de pérdidas de las vitaminas, estableciéndose que siguen una ecuación de primer orden, cuya constante de degradación, está regida por el modelo de Arrhenius (1). La constante de degradación es específica para cada producto y es necesario determinarla experimentalmente, para establecer un modelo matemático para la cinética de degradación de la Vitamina C en jugos de maracuyá.

Este trabajo permitirá conocer el nivel de retención de nutrientes en el jugo concentrado de maracuyá en procesos monitoreados, determinando la pérdida vitamina C total y en cada una de las etapas del proceso. Los resultados se compararán con las pérdidas deducidas por el modelo experimental. Esto nos llevará a determinar si en los procesos industriales para obtener jugo concentrado y congelado de maracuyá, las pérdidas de Vitamina C sobrepasan los valores teóricos calculados y las posibles correcciones para evitar las pérdidas en los procesos.

CONTENIDO

Para el estudio de la cinética de degradación de la vitamina C en el jugo de maracuyá, es necesario realizar un diseño experimental que facilite la ejecución del mismo. El diseño del experimento consiste en la determinación de:

- Las variables que pueden intervenir en el proceso de degradación de la vitamina C.
- El número de corridas experimentales que se van a realizar,
- Los métodos que se van a utilizar,
- Los materiales necesarios.
- La cuantificación de contenidos

Todo esto nos llevará a planificar el experimento con el fin de obtener la ecuación y conocer la ecuación de la cinética de degradación de la vitamina C en jugo fresco de maracuyá para su posterior comparación de resultados con la pérdida de vitamina C que ocurre durante el proceso de concentrado de jugo de maracuyá (2)

Para estudiar la pérdida de la vitamina C, como una reacción de primer orden, hay que tener en claro que el ácido L-ascorbico tiene una oxidación reversible a ácido dehidroascorbico, y que este último es muy inestable a la acción del calor (2). Los factores que aceleran esta reacción de oxidación son:

- El oxígeno del aire

- La presencia de luz
- Los álcalis
- La presencia de metales como el Cobre
- La temperatura

Se ha tratado de aislar la mayor cantidad de variables posibles, así las muestras eran puestas en matraces de vidrio, evitando el contacto con materiales metálicos. Estos eran colocados en baño maría con tapa para evitar la presencia de luz. El oxígeno del aire no se aisló, pero todas las muestras estuvieron en las mismas condiciones de aire atmosférico.

Las variables con las que se realizó el experimento fueron la temperatura y el tiempo de exposición a las mismas.

Se realizó el experimento tomando en consideración cuatro temperaturas y cinco tiempos de estudios para cada una de ellas.

Cada corrida experimental consiste en mantener la temperatura constante y realizar la cuantificación de la vitamina C en el jugo a cuatro tiempos diferentes.

Para comparar resultados se realizó cada corrida tres veces, es decir que se ejecutaron 12 corridas experimentales y cada muestra por triplicado, una de ellas servía de blanco para la muestra

El método más apropiado para realizar el experimento es el de Roe y Colaboradores, debido a que el jugo de maracuyá es sometido a tratamientos térmicos, durante su procesamiento para la elaboración de jugo concentrado y congelado de maracuyá. La temperatura favorece a la conversión de ácido L-ascórbico a ácido dehidroascórbico, por lo que es necesario determinar el ácido ascórbico total, que se pueda cuantificar (1).

La ecuación de primer orden que rige a la pérdida de vitaminas, es la siguiente:

$$\int_{\{C_o\}}^{\{C\}} \frac{dC}{\{C\}} = -k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{\{C\}}{\{C_o\}} = -kt$$

Donde:

K = Constante de velocidad de degradación

C = Concentración al tiempo t

Co = Concentración inicial

t = Tiempo

Debido a C/C_0 es un índice de retención de la vitamina C, se graficó en escala logarítmica el índice de retención vs. el tiempo, con el fin de obtener un modelo matemático específico para cada una de las temperaturas estudiadas. El grafico 1, describe las pérdidas de vitamina C a diferentes temperaturas

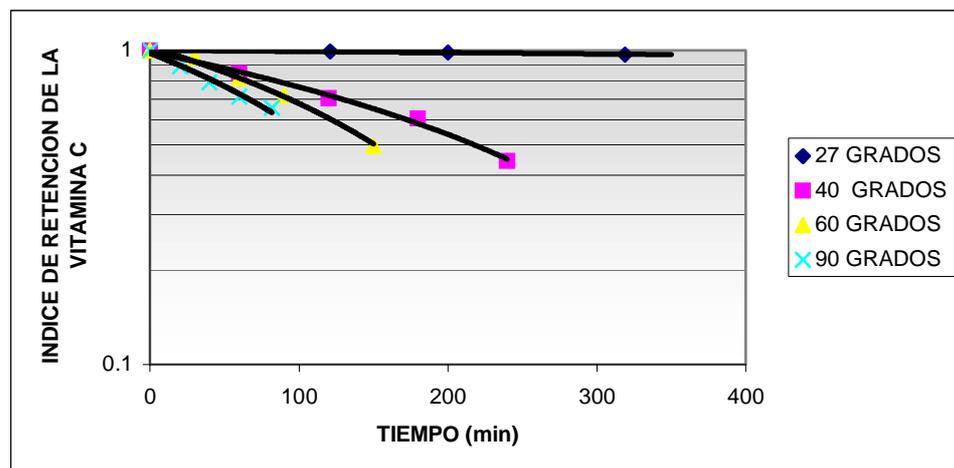


Gráfico 1. Efecto de la temperatura y tiempo sobre la retención de ácido ascórbico en jugo fresco de maracuya

Los modelos matemáticos que describen este comportamiento se presentan en la tabla I

TABLA I.-MODELOS EXPERIMENTALES DETERMINADOS PARA LAS TEMPERATURAS DE ESTUDIO

TEMPERATURA	MODELO MATEMATICO	COEFICIENTE DE CORRELACION (r^2)
27	$-0.000002 t + 1,0019$	0.97
40	$-0.00004 t + 0.9896$	0.99
60	$-0.00006 t + 1.0229$	0.98
90	$-0.00007 t + 0.9803$	0.97

Es importante conocer que las ecuaciones deducidas de pruebas experimentales solo son válidas para las temperaturas a las cuales fueron realizadas. Para conocer el índice de retención o la cantidad de ácido ascórbico a cualquier temperatura es indispensable calcular K.

Mediante la teoría de Arrhenius la cual establece que

$$K = k'e^{EA/R(TA)}$$

Donde:

K: Constante de velocidad de degradación

K': Factor de frecuencia

E_A: Energía de activación

R: Constante de los gases

T_A : Temperatura Absoluta.

Se dedujo la constante de velocidad de degradación para el jugo de maracuyá siendo la siguiente:

$$K = 0.006 e^{-1.5552x}$$

Con el fin de comparar las pérdidas que se pueden calcular mediante el modelo teórico de la degradación de la vitamina C con un proceso de elaboración e jugo concentrado de maracuyá Se monitoreo dos tipos de procesos que hacían el mismo producto pero con diferentes tecnologías Las principales diferencias se detallan en la tabla II.

TABLA II
DIFERENCIAS ENTRE LOS PROCEOS A Y B EN TO LA
ELABORACION DE JUGO CONCENTRADO DE MARACUYA

ETAPAS DE PROCESO	PROCESOS	
	A	B
RECEPCION	No hay diferencia	
LAVADO	No hay diferencia	
SELECCION	No hay diferencia	
EXTRACCION	No hay diferencia	
PULPEADO	No hay diferencia	
CLARIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina exceso de pulpa y pepas 	<ul style="list-style-type: none"> • Centrífuga que recircula la pulpa extraída del extractor
PASTEURIZACION	<ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador de placas Temp. = 95 -100°C Tiempo= 2 minutos	<ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador de placas Temp. = 95 -100°C Tiempo= 2 minutos
EVAPORACION	Evaporador de película ascendente (13-15 Brix a 50 Brix) Q= 700 lt/hora de concentrado P= 260 PSI Tiempo= 1 min Temp. = 62-63 °C	<ul style="list-style-type: none"> • Primera evporación, Evaporador de película ascendente (13-15 Brix a 23Brix) Q= 2400 lt/hora de concentrado P= 260 PSI Tiempo= 49 seg- 1min Temp. = 25 °C
		<ul style="list-style-type: none"> • Evaporación tipo centrífuga (13-15 a 50+-0.5 Brix) Q =2400 lt/hora de concentrado P= 115 PSI Tiempo= 45 seg- 1min Temp. = 63 °C
ENFRIAMIENTO	No hay diferencia	
CONGELACION	No hay diferencia	

Se muestreó en los procesos A y B siete puntos, tomando muestras de jugo de de maracuyá procedente de:

- Materia prima
- Extracción
- Clarificación
- Pasteurización
- Primera evaporación (Solamente en proceso B)
- Evaporación
- Producto final

Los resultados de la comparación de los procesos A y B se presentan en la tabla III Y IV y en los gráficos 2 y 3

TABLA III

PERDIDAS PORCENTUALES DE VITAMINA C POR ETAPA EN LOS PROCESOS A Y B

	PROCESO A	PROCESO B	PROMEDIO
MATERIA PRIMA	0.000	0.000	0.000
EXTRACCION	1.668	3.375	2.522
CLARIFICACION	20.728	2.912	11.820
PASTEURIZACION	1.830	9.658	5.744
PRE-EVAPORACION (dil)	No hay	8.112	8.112
CONCENTRADO (dil)	6.645	9.361	8.003
PRODUCTO FINAL (dil)	1.226	1.851	1.539

TABLA IV

PERDIDAS PORCENTUALES DE VITAMINA C EN LOS PROCESOS A Y B

	FABRICA A	FABRICA B	PROMEDIO
MATERIA PRIMA	-	-	-
EXTRACCION	1.668	3.375	2.522
CLARIFICACION	22.046	6.192	14.119
PASTEURIZACION	23.473	15.250	19.362
PRE-EVAPORACION (dil)	23.473	22.113	22.793
CONCENTRADO (dil)	28.549	23.172	25.860
PRODUCTO FINAL (dil)	29.425	24.594	27.009

GRAFICO 2. PERDIDAS PORCENTUALES DE VITAMINA C POR ETAPA DE LOS PROCESO A Y B

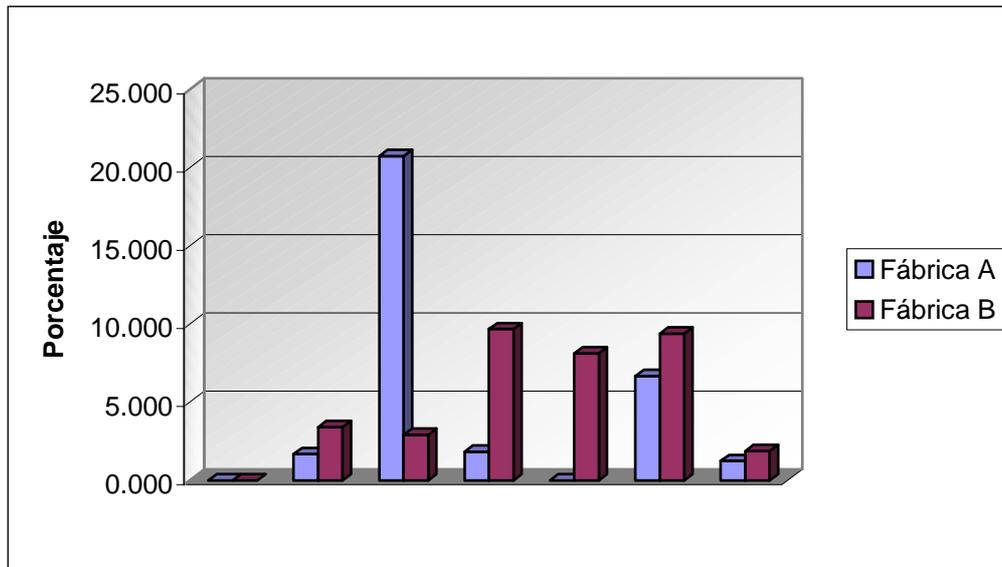
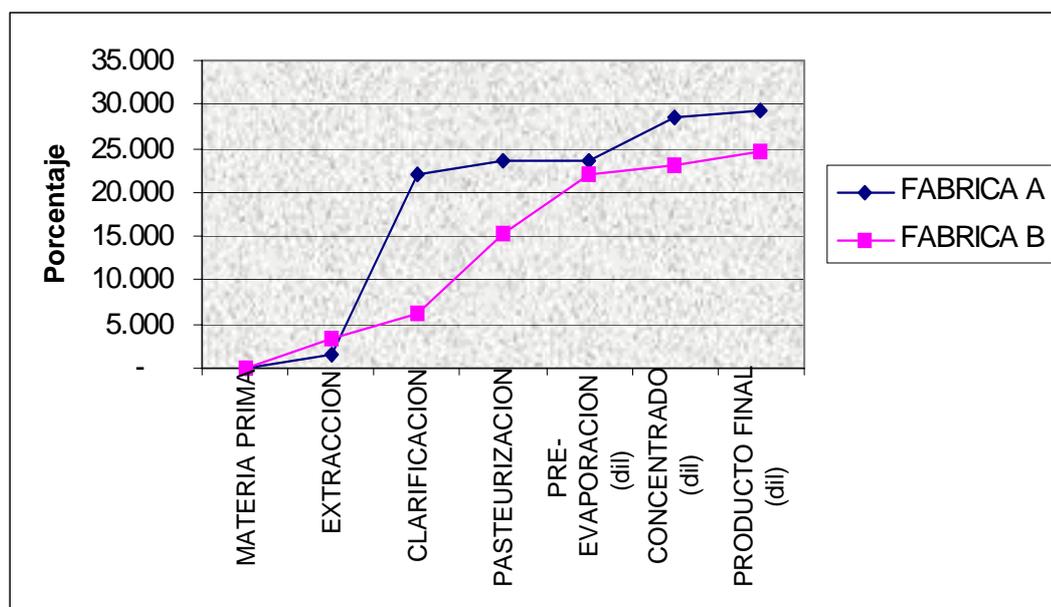


GRAFICO 3. PERDIDAS PORCENTUALES DE VITAMINA C EN LOS PROCESOS A y B



Nuestros resultados teóricos aplicados a cada etapa del proceso en comparación con los datos experimentales se resumen en la tabla V:

TABLA V
CUADRO COMPARATIVO DE LAS PERDIDAS EN LAS ETAPAS DE LOS
PROCESO A Y B CON LOS DATOS TEÓRICOS

	PROCESO A		PROCESO B	
	Teórico	Real	Teórico	Real
PASTEURIZACION	1.09	1.83	1.09	9.65
PRE-EVAPORACION			0.2	8.11
EVAPORACION	0.4	6.64	0.3	9.36

Hay que tener consideración que la vitamina C es el más lábil de los nutrientes y que una gran parte se pierde en el procesamiento de alimentos. El ácido ascórbico es relativamente termoestable. Sin embargo el ácido dehidroascórbico es fácilmente destruido por el calor. La oxidación del ácido ascórbico y la degradación térmica son entre otras las más importantes en la inestabilidad de la vitamina C.

Datos bibliográficos indican que el jugo de naranja puede perder hasta 100 % de ácido Ascórbico cuando se calienta en un recipiente abierto, sin embargo, concentrado al vacío y congelado retiene 95% de su contenido original.

Otra forma de destrucción del ácido ascórbico es a través de las reacciones de oxidación efectuadas por la enzima ácido ascórbico oxidasa que puede estar presente y no recibe la correcta inactivación al inicio del proceso.

La fruta en mal estado puede originar al ingreso de oxígeno dentro de la fruta, para el aceleramiento de la degradación de la vitamina C

Los resultados experimentales muestran que el ácido ascórbico es relativamente termoestable y que la incidencia de otros factores afectan en cada una de las etapas del proceso, provocando pérdidas totales del 24-29 % en los procesos A y B.

CONCLUSIONES

El estudio de la cinética de pérdida de vitamina C en el jugo concentrado y congelado de vitamina C, conlleva a las siguientes conclusiones:

1. El contenido de vitamina C en el jugo de maracuyá se encuentra entre 14 y 18 mg/100 g.

2. La ecuación de Arrhenius calcula la constante de velocidad de degradación en función de la temperatura y el tiempo de exposición.
3. Datos experimentales demuestran que la energía de activación de degradación de la vitamina C en el jugo de maracuyá es 12,92 KJ/g mol
4. Las pérdidas de vitamina C durante el proceso de elaboración de jugo concentrado y congelado de maracuyá es de 29,4 y 24,5 en los procesos monitoreados A y B respectivamente.
5. El jugo concentrado de maracuyá es un producto de exportación reconocido por la alta calidad organoléptica y que es comercializado por sus parámetros concentración y pH
6. La calidad nutricional del producto final (jugo de maracuyá concentrado a 50 Brix y congelado) no es considerada debido a que algunos productores suelen confundirse en la concentración de vitamina C en el producto final; esto es consecuencia que como se encuentra concentrado, su contenido aumenta de 100-120 %.
7. Según el estudio durante el proceso de elaboración de jugo concentrado y congelado de maracuyá, la degradación de la vitamina C no depende de la temperatura y tiempo de exposición.
8. En las etapas anteriores a los tratamientos térmicos se observa porcentajes de pérdidas de vitamina C entre 9-20 %, esto se debe a que el proceso permite que otros factores que no sean temperatura influyan en la degradación de la vitamina C, así como también, las operaciones propias del proceso pueden producir pérdidas y diluciones de la vitamina C.
9. En ambos procesos se pudo constatar que agua de lavado caía a la extractora, produciendo que la concentración de vitamina C disminuya por dilución.
10. Este estudio es el inicio para seguir una investigación mas profunda para identificar las principales causas de la pérdida de vitamina C en los procesos A y B. Se pueden enumerar algunos de los factores que intervienen no solo en la degradación de la vitamina c , sino también en la pérdida de ella por : mala calidad de la materia prima inicial, diseño que permite el ingreso de agua al sistema de operaciones previas, lo cual provoca una dilución de Vitamina C .

11. Tomando en cuenta todos los factores como temperatura, ausencia de aire, adecuada inactivación de la enzima ascórbico oxidasa, ausencia de trazas de cobre en el equipo de proceso y buen diseño de la línea pueden lograrse condiciones de trabajo bajo las cuales la pérdida de vitamina C se reduzca al mínimo.

BIBLIOGRAFIA

1. Alvarado, Juan de Dios. **Principios de ingeniería aplicados a los alimentos**. Editorial. Secretaría General de la OEA en Ecuador. Quito, Ecuador. pp 86-97
2. Badui Dergal, Salvador. **Química de alimentos**. Editorial Acribia. Zaragoza, España
3. Braverman, J.B. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Editorial. Acribia. Zaragoza, España.
4. Castro, Rafael. **Informe de prácticas profesionales**. Programa de Tecnología en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000
5. Cheftel, Jean Claude **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Vol I. Editorial acribia. Zaragoza, España. 1976 pp.301-303
6. Cornejo, Fabiola. **Modelación matemática de la cinética de deshidratación osmótica de la Carica papaya**. (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral., 2000)
7. Hart, Leslie; Fischer, Harry. **Análisis moderno de los alimentos**, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1991, pág 553
8. Matissek, Reinhard. **Análisis de los alimentos. Fundamentos Métodos, Aplicaciones**. Editorial. Acribia. Zaragoza, España
9. Pearson. **Análisis y Composición de alimentos**. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1996
10. Quimi, Flor. **Informe de prácticas profesionales**. Programa de Tecnología en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1993

11. Facultad de Ingeniería de Alimentos, **Curso de Conceptos Modernos y Técnicas de la esterilización de Alimentos.** Universidad de Campinas, 1971
12. <http://www.corpei.org.ec>
13. <http://www.thetropicalsource.com>
14. <http://www.ultimatecitrus.com>
15. <http://www.sica.gov.org.ec>