

INCIDENCIA DE LOS RANGOS DE TEMPERATURAS EN INTERVALOS DE 10°C EN EL PROCESO DE OXIDACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMOS DE CITRUS AURANTIFOLIAAUTORES: Yoiler Batista Garcet¹Raquel Vera Velázquez²Lissette Beatriz Villavicencio Cedeño³Marieta del Jesús Azúa Menéndez⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: yoiler.batista@unesum.edu.ec

Fecha de recepción: 13/01/2020

Fecha de aceptación: 05/02/2020

RESUMEN

La vitamina C es de importancia vital, puesto que la carencia del ácido ascórbico en el organismo humano produce el escorbuto. Es por esta razón que los seres humanos ingerimos a través de frutas y vegetales esta vitamina. En esta investigación se trabajó con el Citrus aurantifolia (limón criollo) el cual es una de las variedades de limones más conocidas y cultivadas alrededor del mundo. Esta investigación tiene como objetivo conocer la cantidad de ácido ascórbico (Vitamina C) presente en el Citrus aurantifolia que es oxidada por el efecto de diferentes temperaturas, para de esta forma conocer realmente cual es el verdadero contenido nutricional de vitamina C presente en el limón criollo una vez sometidos a diferentes rangos de temperatura en intervalos de 10 °C. Esta variedad de limón contiene entre 30.0-48.7 mg de vitamina C. En esta investigación se utilizó como principal metodología la titulación yodométrica. Esta técnica es un método de análisis cuantitativo en el que se mide el volumen de una disolución de concentración conocida (disolución de yodo) necesario para reaccionar completamente con un compuesto en disolución de

¹ M.Sc. Docente investigador de la Asignatura de Química, de la Carrera de Laboratorio Clínico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Campus Los Ángeles, vía Noboa Km 1 ½ s/n, en Jipijapa,

² M.Sc. Docente investigador de la Asignatura de Matemáticas y Álgebra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Campus Los Ángeles, vía Noboa Km 1 ½ s/n, en Jipijapa.

³ Magister, en Gerencia Educativa, Unidad Educativa Cristo Rey, Portoviejo Manabí.

⁴ M.Sc. Docente investigador de la Asignatura de Álgebra y Cálculo, de la Carrera de Laboratorio Clínico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Campus Los Ángeles, vía Noboa Km 1 ½ s/n, en Jipijapa, Manabí

concentración desconocida (contenido de vitamina C). Se puede afirmar mediante los resultados obtenidos que el calor proporcionado por las altas temperaturas acelera el proceso de oxidación de ácido ascórbico en los zumos de limón. A partir de los 20 °C se pierde más del 20% de contenido de vitamina C en el zumo de limón.

PALABRAS CLAVE: Vitamina C, yodometría, titulación, Citrus aurantifolia

INCIDENCE OF THE TEMPERATURE RANGES IN 10 ° C INTERVALS IN THE OXIDATION PROCESS OF ASCORBIC ACID IN CITRUS AURANTIFOLIA JUICES

ABSTRACT

Vitamin C is of vital importance, since the lack of ascorbic acid in the human body produces scurvy. It is for this reason that humans ingest this vitamin through fruits and vegetables. In this research we worked with Citrus aurantifolia (Creole lemon) which is one of the best known and cultivated lemon varieties around the world. This research aims to know the amount of ascorbic acid (Vitamin C) present in Citrus aurantifolia that is oxidized by the effect of different temperatures, in order to really know what is the true nutritional content of vitamin C present in Creole lemon once subjected to different temperature ranges in 10 ° C intervals. This lemon variety contains between 30.0-48.7 mg of vitamin C. Iodometric titration was used as the main methodology in this research. This technique is a quantitative analysis method in which the volume of a solution of known concentration (iodine solution) required to fully react with a compound in solution of unknown concentration (vitamin C content) is measured. It can be affirmed through the results obtained that the heat provided by the high temperatures accelerates the oxidation process of ascorbic acid in lemon juices. From 20 ° C more than 20% of vitamin C content is lost in lemon juice.

KEYWORDS: Vitamin C, iodometry, titration, Citrus aurantifolia

INTRODUCCIÓN

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios para el ser humano en cantidades muy pequeñas, sin embargo, estas sustancias no pueden ser sintetizadas por el organismo, así que deben obtenerse de la dieta

La vitamina C, o ácido ascórbico, es un nutriente esencial para el ser humano dado que interviene en la formación de colágeno, proteína que alimenta, refuerza y mantiene unidos los tejidos del cuerpo. Sana®, V. (2018)

Tabla 1. Cantidad de Vitamina C recomendada. ODS. (17 de Febrero de 2016)

Etapa de la vida	Cantidad recomendada
Bebés hasta los 6 meses de edad	40 mg
Bebés de 7 a 12 meses de edad	50 mg
Niños de 1 a 3 años de edad	15 mg
Niños de 4 a 8 años de edad	25 mg
Niños de 9 a 13 años de edad	45 mg
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años de edad	75 mg
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años de edad	65 mg
Adultos (hombres)	90 mg
Adultos (mujeres)	75 mg
Adolescentes embarazadas	80 mg
Mujeres embarazadas	85 mg
Adolescentes en período de lactancia	115 mg
Mujeres en período de lactancia	120 mg

La cantidad de ácido ascórbico que debe ingerir el ser humano es un tema que se sigue debatiendo hasta la actualidad, sin embargo, el Instituto de Medicina de los EE. UU publicó que las ingestas son de 90 mg/día para un hombre adulto y 75 mg/día para una mujer adulta. Dieta y Nutrición (2005)

Lamentablemente esta vitamina es un compuesto inestable, debido a la facilidad con la que se oxida. Mientras mayor sea el contacto que tienen con el oxígeno y la luz solar mayor será su oxidación. Diz, M. (2013)

La cantidad de vitamina C en los cítricos está influenciada por la temperatura a la cual están sometidos estos zumos. Generalmente en la mayoría de frutas, las elevadas temperaturas disminuyen sus niveles de ácido ascórbico (vitamina C). Lado, J, Pascual, M., Zacarías, L., & Rodrigo, M. J. (Junio de 2015)

Los zumos naturales de limón que contienen ácido ascórbico están sometidos constantemente a grandes variaciones de temperaturas, lo cual muchas veces ocasiona una insuficiente concentración vitamínica en este cítrico; es por esta razón que esta investigación plantea la siguiente interrogante: ¿Los diferentes valores de temperatura en intervalos de 10°C tienen una afectación en el contenido nutricional de ácido ascórbico en los zumos naturales de limón?

La vitamina C es de importancia vital, puesto que la carencia del ácido ascórbico en el organismo humano produce el escorbuto. Es por esta razón que los seres humanos ingerimos a través de frutas y vegetales esta vitamina. Brenda. (2018)

En esta investigación se trabajará con el Citrus aurantifolia (limón criollo) el cual es una de las variedades de limones más conocidas y cultivadas alrededor del mundo. Esta variedad de limón contiene entre 30.0-48.7 mg de vitamina C. Tomás Bruzos, D. B. (s.f.).(2018)

Para poder realizar esta investigación se someterán los zumos de limón a cinco temperaturas diferentes en intervalos de 10 °C (10°C, 20°C, 30°C, 40°C y 50°C). Estas temperaturas podrán ser obtenidas a través de una estufa de laboratorio y serán necesarias para conocer las concentraciones de vitamina C en los zumos de limón criollo a diferentes temperaturas. Para cada temperatura se realizarán 20 muestras diferentes para tener una mayor fiabilidad de los datos.

El tema fue escogido porque se considera que las vitaminas forman una parte esencial para la correcta nutrición del ser humano, y es de mucho interés conocer si realmente las personas ingieren la totalidad de la concentración de vitamina C de las frutas, puesto que muchas veces desconocer este tipo de temáticas puede provocar alteraciones perjudiciales en la salud de los individuos.

Para realizar la cuantificación de la vitamina C se utilizó la técnica de titulación yodométrica. La cual es una técnica analítica que permite conocer la concentración de una disolución, basándose en

una reacción redox entre un analito (zumo de limón) y la sustancia valorante (yodo). Mayores, U. p. (2011)

La reacción entre el yodo y el ácido ascórbico presenta una estequiometría 1:1, por lo cual en el punto final de la titulación el número de moles de yodo reducido será equivalente a los moles de ácido ascórbico oxidado. Mayores, U. p. (2011)

Los resultados obtenidos a partir de esta investigación indican claramente que los diferentes valores de temperatura en intervalos de 10°C tienen una afectación en el contenido nutricional de ácido ascórbico (vitamina C) en los zumos naturales de limón. Altas temperaturas ocasionan que la cantidad de ácido ascórbico contenido en el limón disminuya, mientras que a menor temperatura existe una mayor concentración de vitamina C.

Esta investigación tiene como **objetivo** conocer la cantidad de ácido ascórbico (Vitamina C) presente en el Citrus aurantifolia que es oxidada por el efecto de diferentes temperaturas, para de esta forma conocer realmente cual es el verdadero contenido nutricional de vitamina C presente en el limón criollo una vez sometidos a diferentes rangos de temperatura en intervalos de 10 °C.

Se plantea como hipótesis que a mayor temperatura existirá una menor cantidad de ácido ascórbico en el Citrus aurantifolia, debido a que se acelerará el proceso de oxidación de la Vitamina C. Se plantea que esta vitamina es un compuesto inestable por la facilidad con la que se oxida al estar en contacto con el aire a causa de la presencia de oxígeno, y su oxidación será mucho mayor cuando sean sometidos a calor. En este caso a mayores temperaturas existirá mayor presencia de calor, y por lo tanto la oxidación del ácido ascórbico aumentará.

Variable dependiente: concentración de ácido ascórbico (vitamina C) en los zumos naturales de limón criollo. Esta variable está en dependencia de las temperaturas a las que se somete el zumo del cítrico.

Variable Independiente: temperatura (10°C, 20°C, 30°C, 40°C y 50°C) que serán obtenidas mediante una estufa de laboratorio ($\pm 5^\circ\text{C}$).

Variables controladas: el tipo de limón escogido: citrus aurantifolia (limón criollo)

La cantidad de zumo de limón en las muestras. (10 ml). Se controlará esta variable con una pipeta de 10 ml ($\pm 1\text{ml}$).

El tiempo (5 minutos) durante el cual se someterá el zumo de limón a las temperaturas deseadas. Se controlará esta variable mediante un cronómetro. El número de muestras. (20 muestras por cada una de las temperaturas)

La concentración de yodo al 2% es necesaria mantenerla durante toda la experimentación para que los datos sean pertinentes.

Se controlará el volumen del almidón agregado (0,25 ml) mediante una micropipeta. El cual funcionará como un indicador durante la titulación.

DESARROLLO

Materiales y métodos

Titulación yodométrica.

RANGOS DE TEMPERATURAS EN INTERVALOS DE 10 °C EN EL PROCESO DE OXIDACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMOS DE CITRUS AURANTIFOLIA

En esta investigación se utilizará como principal metodología la titulación yodométrica. Esta técnica es un método de análisis cuantitativo en el que se mide el volumen de una disolución de concentración conocida (disolución de yodo) necesario para reaccionar completamente con un compuesto en disolución de concentración desconocida (contenido de vitamina C) Para determinar cuándo ha finalizado la titulación se debe agregar un indicador (disolución de yodo) el cual debe sufrir un cambio físico apreciable, como el cambio de color. El almidón se utiliza como indicador para el yodo, debido a que forma un complejo de color azul intenso con el mismo. Mayores, U. p. (2011)

La reacción entre el yodo y el ácido ascórbico presenta una estequiometría 1:1, por lo cual, en el punto final de la titulación el número de moles de yodo reducido es equivalente a los moles de ácido ascórbico oxidado. Mayores, U. p. (2011)

Materiales: Balanza, Almidón, Agua destilada, Agua, Vasos precipitados 50 ml ($\pm 1ml$), Pipetas 10 ml ($\pm 1ml$), Calentador magnético, Removedor magnético, Estufa de laboratorio ($\pm 5^{\circ}C$), Exprimidor, Papel filtro, Embudo, Cronómetro, Soporte universal, Pinzas de sujeción, Bureta 50 ml ($\pm 1ml$), Matraz de Erlenmeyer ($\pm 1ml$), Micropipeta, Ácido clorhídrico (15%), Yodo metálico, Yodo disuelto (2%), Mandil, Guantes de laboratorio, Gafas de laboratorio, Termómetro, Baño termostático.

Metodología. Se pesarán 0,25 gr de almidón en la balanza. En un vaso precipitado de 50 ml, se verterán 24,75 ml de agua con ayuda de una pipeta de 10 ml.

Se añadirán los 0,25 g de almidón en el recipiente con agua y para homogeneizar la solución, se usará un calentador magnético.

Utilizando un exprimidor se obtendrá el zumo de varios limones. El líquido se verterá en cinco vasos precipitados diferentes, de 50 ml cada uno, pasando por un embudo con papel filtro.

Cada uno de los vasos precipitados con el zumo de limón serán introducidos a la estufa calentada a las diferentes temperaturas (10°C, 20°C, 30°C, 40°C y 50°C), durante cinco minutos cada una.

Para poder realizar la titulación yodométrica se colocará un soporte y se le anclarán unas pinzas de sujeción.

Se enganchará la bureta de 50 ml a las pinzas de sujeción.

En un Erlenmeyer se vaciarán 15 ml de agua destilada por medio de una pipeta de 10 ml.

Mediante una micropipeta, se añadirán 0,25 ml de HCl al 15% dentro del Erlenmeyer.

Usando una micropipeta, se añadirán 0,25 ml de la suspensión de almidón al Erlenmeyer, el cual funcionará como un indicador para la titulación.

Una vez transcurridos los 5 minutos, se sacará el zumo de limón de la estufa.

Se introducirán 10 ml de zumo dentro del Erlenmeyer con una pipeta de 10 ml.

Se llenará la bureta con yodo al 2%, para esto es necesario obtener en primer lugar esta sustancia valorante:

Obtención del yodo al 2%

Para poder obtener el yodo al 2% se necesita disolver 0,5 moles de yodo metálico en 250 ml de agua destilada.

Ecuación 1 Obtención del yodo al 2%

$$\% \frac{m}{V} = \frac{\text{moles del soluto}}{\text{volumen del soluto}} \times 100$$

$$0,02\% \frac{m}{V} = \frac{\text{moles del soluto}}{250 \text{ ml}} \times 100$$

$$\text{moles del soluto} = \frac{0,02 \times 250}{100} = 0,5 \text{ moles.}$$

Se posicionará el Erlenmeyer bajo la bureta y se empezará a titular la disolución abriendo la llave de paso.

Se debe ir agitando con un remover magnético a medida que el yodo vaya cayendo al Erlenmeyer.

Cuando la titulación comience a tener toques azulados se deberá cerrar la llave de paso porque la titulación habrá concluido.

Se anotará el volumen de yodo consumido en el proceso.

Se repetirá este método para las diferentes muestras de temperaturas que se tenga. Panchón, C. (2014)



Ilustración 1 Titulación yodométrica



Ilustración 2 Calentador y agitador magnético



Ilustración 3 Zumo de limón

Resultados y Discusión

La tabla 2 contiene los datos brutos obtenidos en el procedimiento experimental. Se muestran los valores del yodo añadido a los zumos de limón que habían sido sometidos a las diferentes temperaturas.

Temperatura °C (± 5°C)	Volumen del yodo (2%) añadido (ml) (± 1ml)										Desviación estándar
10	28,5	29,5	26,6	26,9	26,3	27,2	26,8	29,4	26,5	26,2	0,939
	27,1	27,0	27,1	26,6	27,5	27,1	26,4	27,5	26,4	26,8	
20	26,3	25,1	25,4	26,1	24,5	23,3	23,7	25,0	26,5	23,2	1,046
	25,3	26,0	23,1	25,9	24,6	24,2	25,6	25,1	24,8	23,9	
30	18,5	19,4	21,7	21,4	19,1	21,5	21,7	18,3	19,6	18,1	1,230
	20,5	18,7	20,4	19,4	20,3	19,3	18,1	18,0	20,1	19,6	
40	14,1	14,8	15,4	16,8	15,3	16,8	14,1	16,9	15,9	16,7	0,950
	15,9	14,7	16,0	14,5	15,3	15,2	14,8	14,1	15,3	14,4	
50	13,0	11,7	13,3	15,0	11,6	13,4	13,8	14,5	11,7	11,2	1,229

	13,0	12,1	11,6	13,2	13,3	14,5	14,0	14,1	11,5	11,2	
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

Tabla 2 Volumen total del yodo añadido al finalizar la titulación yodométrica para cada temperatura.

Los datos obtenidos mostraron que cuando el zumo de limón fue sometido a una temperatura de 10 °C el volumen del yodo (2%) añadido oscilaba entre los 26 a 28 mililitros. Cuando el cítrico fue expuesto a una temperatura de 20 °C el volumen del yodo incorporado fluctuaba entre los 23 a 26 mililitros. Cuando fue sujeto a una temperatura de 30 °C el volumen del yodo añadido fluctuaba entre los 18 a 21 mililitros. Cuando fue sometido a una temperatura de 40 °C el volumen del yodo que se tituló oscilaba entre los 14 a 16 mililitros. Y finalmente cuando fue sometido a una temperatura de 50 °C el volumen del yodo incorporado fluctuaba entre los 11 a 15 mililitros. Estos valores nos muestran que, a menor temperatura, existía una mayor cantidad de volumen de yodo que había sido añadido al matraz de Erlenmeyer una vez que había sido concluida la titulación. Al contrario, cuando las temperaturas aumentaban el yodo que se tituló fue disminuyendo.

En el punto final de la titulación el número de moles de yodo reducido (yodo añadido al matraz) es equivalente a los moles de ácido ascórbico oxidado, por lo cual, la existencia de un mayor volumen de yodo en menores temperaturas nos muestra que existía una mayor cantidad de ácido ascórbico que fue oxidado, por el contrario, a medida que las temperaturas se incrementaban, la cantidad de vitamina C oxidada disminuía.

En los datos no se evidencia ningún valor extraño. Para cada temperatura existe una tendencia general del yodo añadido, lo cual nos permite inferir que el porcentaje de error de las muestras realizadas fue mínimo, lo cual contribuye a que el resultado obtenido sea más exacto. Cabe destacar que este pequeño porcentaje de error está evidenciado en todas las gráficas y tablas para proporcionarle a esta investigación una mayor validez.

Algo que se debe destacar es el desafío que se enfrentó a inicios de la investigación. En el procedimiento experimental se necesitaba del yodo al 2%, sin embargo, este elemento no se encontraba en el laboratorio, ni en puntos de ventas comerciales, por lo cual hubo que obtenerlo mediante un proceso experimental, en el cual se disolvió 0,5 gramos de yodo metálico en 250 mililitros de agua destilada.

A continuación, se obtendrán los valores medios del volumen del yodo (2%) añadido al Erlenmeyer una vez concluida la titulación yodométrica. 10 °C

Ecuación 2 Valor medio del volumen de yodo añadido una vez finalizada la titulación.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

((28,5 + 29,5 + 26,6 + 26,9 + 26,3 + 27,2 + 26,8 + 29,4 + 26,5 + 26,2 + 27,1 + 27 + 27,1 + 26,6 + 27,5 + 27,1 + 26,4 + 27,5 + 26,4 + 26,8))/20

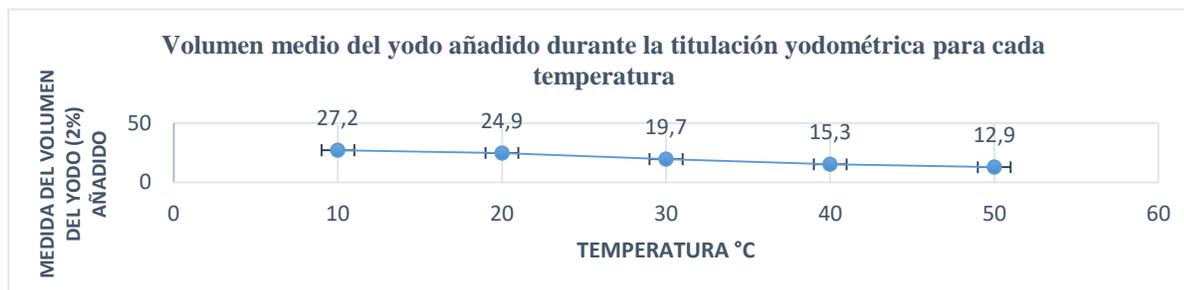
$$\bar{X} = \frac{543,4}{20}$$

$$\bar{X} = 27,2$$

Tabla 3. Volumen medio del yodo añadido durante la titulación yodométrica para cada temperatura.

Temperatura (± 5°C)	°C	Media del volumen del yodo (2%) añadido (ml) / (± 1ml)	Desviación Estándar
10		27,2	0,939
20		24,9	1,046

30	19,7	1,230
40	15,3	0,950
50	12,9	1,229



Gráfica 2 Media del volumen de yodo añadido

Mediante esta tabla y gráfica podemos observar que a medida que aumenta la temperatura el volumen del yodo añadido al zumo de limón una vez concluida la titulación yodométrica disminuye entre 2 a 5 ml. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la media fue obtenida a partir de 20 valores para cada temperatura, teniendo cada uno de ellos un error de ($\pm 5ml$). Además, se debe mencionar que cada uno de los materiales de laboratorio utilizados en la experimentación tienen un porcentaje de error, lo cual limita la fiabilidad de las mediciones.

Los datos mostrados anteriormente nos indican indirectamente la variación de la concentración de Vitamina C en los zumos de limón a diferentes temperaturas. Desde el momento de la experimentación, la reacción redox que se suscitó entre el analítico (zumo de limón) y la sustancia valorante (yodo) pudo mostrar que los zumos de limón que habían sido sometidos a concentración de vitamina C. Este análisis se pudo inferir debido a que el yodo que había sido añadido era equivalente a las moles de ácido ascórbico oxidado, y en el procedimiento, siempre se titulaba una mayor cantidad de yodo cuando las temperaturas eran inferiores.

Se debe indicar que se presentó un contratiempo durante el proceso experimental debido a que la estufa de laboratorio que se había utilizado no alcanzaba temperaturas de 10 °C, por lo cual se tuvo que implementar dentro de la metodología un baño termostático para poder someter al zumo de limón a esta temperatura. Este factor pudo provocar que los datos obtenidos de las muestras a los 10 °C tengan una pequeña variación con respecto a las temperaturas que fueron alcanzadas mediante la estufa, puesto que la precisión respecto a mediciones de temperatura de un baño termostático y de una estufa no son iguales. Para mejorar la exactitud de la temperatura de 10 °C se pudo haber utilizado el calentador magnético en lugar del baño termostático, para alcanzar una mayor precisión en los datos.

Datos cualitativos.

Durante la titulación yodométrica, fue un poco complejo poder notar los primeros matices azulados, puesto que rápidamente se tornaban a un color negruzco, y no se sabía con precisión el momento en que se debía cerrar la llave de paso. Este hecho provocó que se realizarán una mayor cantidad de muestras de las que se tenían previstas, debido a que el color del zumo se convertía en negro antes de que se pudiera finalizar la titulación.

Algo peculiar durante la experimentación fue el hecho de que ciertos zumos de limón tenían una coloración diferente, es decir, que no todos los limones producían la misma tonalidad de color. Algunos limones tenían una tonalidad más transparente, mientras que otros producían un zumo de color verdoso o amarillento. Esto puede ser a causa de que hayan tenido cultivos diferentes, o al tiempo que tenían los limones desde que fueron producidos. Sin embargo, este factor no tuvo un mayor impacto sobre la experimentación ya que al mezclar los diferentes zumos, el contenido vitamínico de los diferentes limones se niveló.

Tabla 4. Rango de tiempo para la finalización yodométrica

Temperatura de los zumos de limón °C (± 5°C)	Rango de tiempo en el cual los zumos tenían sus primeros matices azulados. (minutos)
10	9-11 minutos.
20	7-8 minutos
30	6-8 minutos
40	4-7 minutos
50	2-3 minutos.

En la tabla anterior se puede observar el rango promedio de tiempo en los cuales concluía la titulación yodométrica, es decir, se muestra un promedio de tiempo en el cual los zumos de limón comenzaron a tener sus primeros matices azulados.

Durante la cuantificación del ácido ascórbico se pudo observar que cuando el yodo se añadía al zumo de limón, la disolución contenida en el Matraz tardaba más tiempo en matizarse de un color azul cuando las temperaturas eran más bajas. En cambio, a medida que la temperatura a la que fue sometido el zumo de limón aumentaba, el proceso de titulación finalizaba en menor cantidad de tiempo. Este dato nos permite inferir que a menores temperaturas se añadía una mayor cantidad de yodo.

Cuando existió una menor temperatura en los zumos de limón el proceso de oxidación se ralentizó, lo cual favoreció a la preservación el contenido vitamínico durante más tiempo, en cambio, cuando lo zumos del cítrico fueron sometidos a altas temperaturas se aceleró el proceso de oxidación provocando una pérdida en las concentraciones de vitamina C.

Concentración aproximada de Vitamina C. Practica 21. (s.f.). (2018)10 °C

Inicialmente se necesitará averiguar la cantidad química del ácido ascórbico (vitamina C). Para esto se necesitará multiplicar el volumen del yodo añadido por su concentración (2%)

Ecuación 3 Concentración de Vitamina C a los 10 °C

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = \text{Volumen del yodo añadido} \times \text{Concentración}$$

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 0,0272 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 5,44 \times 10^{-5} \text{ moles}$$

Una vez obtenidos los moles de Vitamina C, se multiplicarán por la masa molecular del ácido ascórbico para poder obtener la masa del ácido ascórbico en gramos.

$$C_6H_8O_6 = 176,12 \text{ g/mol}$$

Masa del ácido ascórbico = Moles de vitamina C \times Masa molecular del compuesto

$$\text{Masa del ácido ascórbico} = 5,44 \times 10^{-5} \times 176,12 = 9,58 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Finalmente, se dividirán los gramos del ácido ascórbico por los litros de zumo titulados.

$$\frac{9,58 \times 10^{-3} \text{ g}}{0,01 \text{ ml}} = \frac{0,958 \text{ g}}{\text{L}} = 95,8 \text{ mg/L}$$

20 °C

Ecuación 4 Concentración de Vitamina C a los 20 °C

Cantidad química a. ascórbico = Volumen del yodo añadido \times Concentración

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 0,0249 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 4,98 \times 10^{-5} \text{ moles}$$

$$C_6H_8O_6 = 176,12 \text{ g/mol}$$

Masa del ácido ascórbico = Moles de vitamina C \times Masa molecular del compuesto

$$\text{Masa del ácido ascórbico} = 4,98 \times 10^{-5} \times 176,12 = 8,77 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\frac{8,77 \times 10^{-3} \text{ g}}{0,01 \text{ ml}} = \frac{0,877 \text{ g}}{\text{L}} = 87,7 \text{ mg/L}$$

30 °C

Ecuación 5 Concentración de Vitamina C a los 30 °C

Cantidad química a. ascórbico = Volumen del yodo añadido \times Concentración

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 0,0197 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 3,94 \times 10^{-5} \text{ moles}$$

$$C_6H_8O_6 = 176,12 \text{ g/mol}$$

Masa del ácido ascórbico = Moles de vitamina C \times Masa molecular del compuesto

$$\text{Masa del ácido ascórbico} = 3,94 \times 10^{-5} \times 176,12 = 6,939 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\frac{6,939 \times 10^{-3} \text{ g}}{0,01 \text{ ml}} = \frac{0,6939 \text{ g}}{\text{L}} = 69,4 \text{ mg/L}$$

40 °C

Ecuación 6 Concentración de Vitamina C a los 40 °C

Cantidad química a. ascórbico = Volumen del yodo añadido \times Concentración

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 0,0153 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 3,06 \times 10^{-5} \text{ moles}$$

$$C_6H_8O_6 = 176,12 \text{ g/mol}$$

Masa del ácido ascórbico = Moles de vitamina C × Masa molecular del compuesto

$$\text{Masa del ácido ascórbico} = 3,06 \times 10^{-5} \times 176,12 = 5,39 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\frac{5,39 \times 10^{-3} \text{ g}}{0,01 \text{ ml}} = \frac{0,539 \text{ g}}{\text{L}} = 53,9 \text{ mg/L}$$

50 °C

Ecuación 7 Concentración de Vitamina C a los 50 °C

cantidad química a. ascórbico = Volumen del yodo añadido × Concentración

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 0,0129 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cantidad química a. ascórbico} = 2,58 \times 10^{-5} \text{ moles}$$

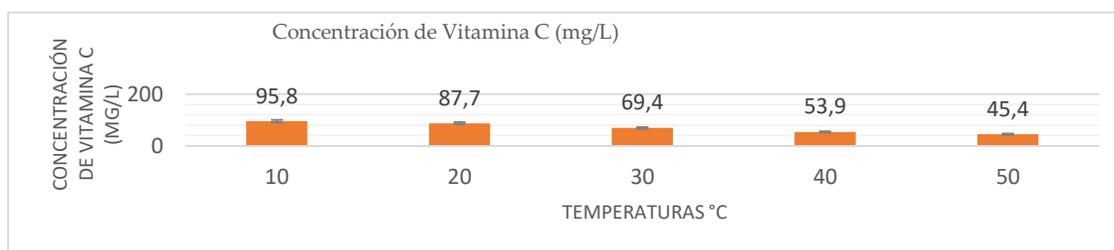
$$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 = 176,12 \text{ g/mol}$$

Masa del ácido ascórbico = Moles de vitamina C × Masa molecular del compuesto

$$\text{Masa del ácido ascórbico} = 2,584 \times 10^{-5} \times 176,12 = 4,54 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\frac{4,54 \times 10^{-3} \text{ g}}{0,01 \text{ ml}} = \frac{0,454 \text{ g}}{\text{L}} = 45,4 \text{ mg/L}$$

Tabla 5. Contenido del Ácido Ascórbico (Vitamina C) en los zumos de limón sometidos a diferentes temperaturas



Gráfica 3 Concentración de Vitamina C

Temperatura (± 5°C)	°C	Concentración de Vitamina C ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$)	Variación de la concentración de Vitamina C a medida que aumenta la temperatura (%)
10		95,8	0
20		87,7	9,24
30		69,4	26,3
40		53,9	28,7
50		45,4	18,7

Mediante los datos obtenidos de las concentraciones de ácido ascórbico se puede apreciar que a medida que la temperatura aumenta en 10 °C, la concentración de Vitamina C disminuye. A partir de los 20 °C se pierde más del 20% del contenido de vitamina C con respecto a la concentración de ácido ascórbico en los 10 °C ($95,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$), únicamente a los 20 °C la variación de la concentración de vitamina C no supera el 10%. Las concentraciones de ácido ascórbico presentaban una tendencia de disminución a medida que las temperaturas de los zumos de limón aumentaban

Es por esta razón que podemos afirmar que cuando se presentan temperaturas por encima de los 20 °C existe una degradación bastante significativa del contenido de vitamina C en los zumos del limón criollo.

Esta investigación nos mostró que la hipótesis planteada fue acertada. Se pudo mostrar que la temperatura tiene una relación indirectamente proporcional con la concentración de ácido ascórbico en el limón puesto que a medida que la temperatura aumentaba, la cantidad de vitamina C en el *Citrus aurantifolia* disminuía. Mediante este trabajo investigativo se verificó que esta vitamina es un compuesto inestable, el cual se oxida muy rápidamente cuando está en contacto el aire y se reveló que esta oxidación es aún mayor cuando el zumo de limón que presenta ácido ascórbico es sometido al calor mediante altas temperaturas.

A pesar de que la titulación yodométrica reveló que la concentración de vitamina C era inferior en altas temperaturas, los procedimientos matemáticos que se realizaron fueron pertinentes puesto que pudieron verificar los contenidos nutricionales de ácido ascórbico.

Sin embargo, se debe mencionar que la fiabilidad de los datos se ve afectada por el hecho de que el zumo de limón tiene otros compuestos, como el sodio, hierro, y otras proteínas que pudieron haber interferido al momento de la titulación yodométrica, puesto que existe la posibilidad de que hayan actuado como sustancias reductoras y en consecuencia aumentarán el volumen del yodo añadido. Este factor pudo haber provocado una posible sobreestimación de la concentración de vitamina C en los zumos de limón. Para una próxima investigación se debería usar pastillas de ácido ascórbico puras para evitar que haya una posible sobreestimación de las concentraciones de este compuesto. (Panchón, 2014)

Finalmente, se pudo comprobar que la temperatura es uno de los mayores enemigos del ácido ascórbico (vitamina C), puesto que aceleran su oxidación. Las diferentes temperaturas provocan que los zumos de limón pierdan sus propiedades, y en específico, provocan una disminución en la concentración de vitamina C, como se pudo comprobar mediante la experimentación.

CONCLUSIONES

En conclusión, y en respuesta a la pregunta de investigación se puede afirmar que los diferentes valores de temperatura en intervalos de 10 °C tienen una afectación en el contenido nutricional de ácido ascórbico (vitamina C) en los zumos naturales de limón. Altas temperaturas ocasionan que la concentración de ácido ascórbico contenido en el limón disminuya, mientras que a menor temperatura existe una mayor concentración de vitamina C. Se puede afirmar que el calor proporcionado por las altas temperaturas acelera el proceso de oxidación de ácido ascórbico en los zumos de limón. A partir de los 20 °C se pierde más del 20% de contenido de vitamina C en el zumo de limón.

Lamentablemente esta vitamina es un compuesto inestable debido a la facilidad con la que se oxida. Es por esta razón que las personas que consumen el limón criollo como fuente de vitamina C deben estar conscientes de que la temperatura a la que está sometido este cítrico (sobre todo si son altas temperaturas) pueden provocar una disminución en la concentración de ácido ascórbico, y afectar de esta forma a la ingesta diaria de vitamina C de los seres humanos, provocando problemas a la salud por una mala nutrición puesto que esta vitamina es un nutrimento esencial que no puede ser sintetizado por el cuerpo.

Se debe señalar que en esta investigación las concentraciones de vitamina C en el limón criollo fueron valores inesperados, debido a que comúnmente esta variedad de limón contiene entre 30.0-

RANGOS DE TEMPERATURAS EN INTERVALOS DE 10 °C EN EL PROCESO DE OXIDACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMOS DE CITRUS AURANTIFOLIA

48.7 mg de vitamina C. Tomás Bruzos, D. B. (s.f.)(2018). Sin embargo, en la experimentación realizada, los zumos de limón con una temperatura de 10 °C llegaron a alcanzar una concentración de ácido ascórbico superior a 90 mg/L.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brenda. (2018). *Fuente Saludable*. Recuperado el 24 de Mayo de 2018, de <https://www.fuentesaludable.com/frutas-saludables-1/cuantos-mg-de-vitamina-c-tiene-un-limon-cantidad-de-vitamina-c-en-el-jugo-de-un-limon/>
- Dieta y Nutrición*. (3 de Abril de 2005). Recuperado el 24 de Mayo de 2018, de <http://www.iqb.es/nutricion/vitaminac/vitaminac.htm>
- Diz, M. (11 de Julio de 2013). *Hablando de Ciencia*. Recuperado el 24 de Mayo de 2018, de <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2013/07/11/hdc-en-las-aulas-estudio-del-contenido-de-vitamina-c-en-zumos-comerciales/>
- Lado, J, Pascual, M., Zacarías, L., & Rodrigo, M. J. (Junio de 2015). *Scielo*. Recuperado el 1 de Agosto de 2018, de Efecto de la temperatura de conservación en el contenido de carotenoides y vitamina C en frutos de pomelo rojo: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100006
- Mayores, U. p. (2011). *Cuantificación de la Vitamina C*. Recuperado el 24 de Mayo de 2018, de www3.uah.es/mapa/mayores/practicas/.../Cuantificacion%20de%20Vitamina%20C.doc
- ODS. (17 de Febrero de 2016). *National Institus of Health*. Obtenido de Vitamina C: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-DatosEnEspanol/>
- Panchón, C. (2014). *Dpbiologia*. Recuperado el 28 de 06 de 2018, de http://dpbiologia.weebly.com/uploads/2/1/5/5/21553524/monograf%C3%ADa_carlos_pach%C3%B3n_2014.pdf
- Practica 21*. (s.f.). Recuperado el 12 de 07 de 2018, de Vitamina C en bebidas: <http://docencia.udea.edu.co/cen/tecnicaslabquimico/02practicas/practica21.htm>
- Sana®, V. (2018). *Alimentación sana*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/Nutricion/vitaC.htm>
- Tomás Bruzos, D. B. (s.f.). *Sabelotodo.org*. Recuperado el 28 de Junio de 2018, de http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/limon.html#Usos_como_alimento

