

Rendimiento del ácido cítrico extraído del semeruco con respecto al extraído del limón, la naranja y la piña. Usos y beneficios en la piel

Yield of citric acid extracted from semeruco with respect to that extracted from lemon, orange and pineapple. Uses and benefits on the skin

Sonia Desireé Liñan Reinoza¹
<https://orcid.org/0000-0003-2535-5548>
 Investigadora Independiente
sonialinan18@gmail.com

Recibido: 18/10/2020
 Aprobado: 30/11/2020
 Publicado: 04/12/2020

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo comparar el rendimiento del ácido cítrico extraído del *Malpighia Emarginata* (semeruco) con respecto al extraído del limón, la naranja y la piña; así como describir los usos y beneficios que dicho ácido tiene sobre la piel. Es un estudio experimental, en el cual se emplearon diferentes metodologías, como la fermentación sumergida, la cromatografía líquida de alta presión y el análisis volumétrico, seleccionándose ésta última como la más eficiente, ya que cumplió con los parámetros establecidos (tiempo, reactivos, equipos y costos). Se realizaron análisis de los parámetros fisicoquímicos para la caracterización del extracto de semeruco, realizando pruebas de pH y °Brix con el pH-metro y refractómetro respectivamente, arrojando como resultados un pH ácido de 4,0 y una concentración de sacarosa de 1,3 gr de sacarosa por cada 100 gr de jugo. Al comparar la concentración de ácido determinada en el extracto de semeruco con respecto a la concentración del jugo de limón, de la naranja y la piña, se llegó a la conclusión que el limón es la fruta con mayor concentración de ácido cítrico con 46 g/L, presentando una diferencia muy considerable con el semeruco, el cual tiene sólo 0.671 g/L. Se concluye que, independientemente del índice de ácido cítrico que contengan las frutas utilizadas para la obtención del mismo; las vitaminas y citrato de sodio que ofrecen, actúan como un compuesto antioxidante efectivo que retrasa el envejecimiento, aclara la piel, favorece la síntesis de colágeno, actúa como protector solar biológico, ayuda a la cicatrización y brinda protección articular.

Palabras clave: *Malpighia Emarginata*, Ácido Cítrico del limón, Ácido Cítrico de la naranja, Ácido Cítrico de la piña, Valoración Ácido-Base, Piel

Abstract

The present article aims to compare the yield of citric acid extracted from *Malpighia Emarginata* (semeruco) with respect to that extracted from lemon, orange and pineapple; as well as describe the uses and benefits that said acid has on the skin. It is an experimental study, in which different methodologies were used, such as submerged fermentation, high pressure liquid chromatography and volumetric analysis, the latter being selected as the most efficient, since it met the established parameters (time, reagents, equipment and costs). Analysis of the physicochemical parameters were carried out for the characterization of the semeruco extract, performing pH and ° Brix tests with the pH meter and refractometer respectively, yielding an acidic pH of 4.0 and a sucrose concentration of 1.3. gr of sucrose for every 100 gr of juice. When comparing the concentration of acid determined in the extract of semeruco with respect to the concentration of lemon juice, orange and pineapple, it was concluded that lemon is the fruit with the highest concentration of citric acid with 46 g / L, presenting a very considerable difference with the semeruco, which has only 0.671 g / L. 5. It is concluded that, regardless of the citric acid index contained in the fruits used to obtain it; The vitamins and sodium citrate they offer act as an effective antioxidant compound that slows aging, brightens the skin, promotes collagen synthesis, acts as a biological sunscreen, helps healing and provides joint protection.

Key words: *Malpighia Emarginata*, Citric Acid from Lemon, Citric Acid from Orange, Citric Acid from Pineapple, Acid-Base Rating, Skin

¹ Ingeniero Químico. Técnico en Instrumentación Industrial. Experiencia en Química Petrolera y Ácidos Naturales. Ex Docente de Física y Química. Investigadora Independiente

Introducción

En Venezuela existe un número de frutas autóctonas de la región como el semeruco, guanábana, merey, níspero, entre otros, sobre los cuales la información es limitada y cuya demanda es alta en los mercados internacionales.

El fruto de semeruco (*Malpighia Emarginata*) es una fruta rica en vitamina B6, vitamina B1, vitamina A, flavonoides y minerales esenciales tales como: hierro, calcio, fósforo, potasio y magnesio, que puede ser consumido fresco además de ser utilizado en la elaboración de jugos, helados, mermeladas, compotas, gelatina y licores. Tiene un mercado internacional potencial debido a las cualidades nutritivas, antioxidantes y múltiples usos de su fruta.

Por otra parte, el ácido cítrico tiene una larga lista de aplicaciones en diversos sectores industriales como alimentos, bebidas e industrias farmacéutica. Éste juega un papel muy importante como saborizante y conservante de alimentos congelados, productos de la pesca y carnes, entre otros; para preservarlos de la contaminación de microorganismos. Su crecimiento de la demanda ha traído como consecuencia un aumento de la producción mundial. Es utilizado en la industria alimenticia debido a su agradable sabor ácido y a su alta solubilidad en agua.

El ácido cítrico es una materia prima ampliamente utilizada en Venezuela, es por eso que el objetivo del siguiente trabajo de investigación es determinar la concentración de ácido cítrico presente en el extracto de semeruco y comparar su rendimiento con respecto al del limón, la naranja y la piña. De esta manera establecer una base científica para la impulsión de las frutas de la región como materia prima para la obtención y producción del ácido cítrico, como insumo importante en la industria cosmética en el cuidado de la piel.

Desarrollo

Semeruco

Fruto redondo con un diámetro de entre 1 a 2 cm y 20 g de peso, de piel lisa, de color rojo o amarillo. La textura del semeruco es jugosa y suave, el gusto -sin el añadido de azúcar- es agrídulce-ácido, lo que revela su alto contenido de vitamina C; en efecto es tras el fruto del *Terminalia ferdinandiana*, la fruta comestible con más ácido ascórbico que se conoce. Un fruto del semeruco posee entre 20 a 30 veces más vitamina C que una naranja. Es tan acre, y deja la boca tan áspera, que se suele comer cuando ya está muy madura. Esta fruta contiene sales minerales que ayudan a la remineralización de la piel y proteínas con propiedades hidratantes, por lo que están surgiendo cosméticos que contienen extractos de semeruco. (Arias, 2006 ; Barreto, 2011; Calvo, 2003).

El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarbóxico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula química es C₆H₈O₇. En bioquímica aparece como una molécula intermediaria en el ciclo de los ácidos tricarbóxicos, proceso realizado por la mayoría de los seres vivos.

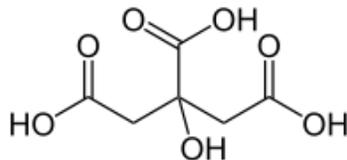


Figura 1. Estructura del ácido cítrico

El ácido cítrico es un sólido translúcido o blanco, inodoro, sabor ácido fuerte no desagradable, fluorescente al aire seco. (Cázares, Christen, Jaramillo, Villaseñor, & y Zamudio, 2000; Betancourt, 2003). Es soluble en agua, alcohol y acetato de etilo. La solución puede llegar a un pH cerca de 2,5 a una temperatura de 25°C. La razón de la acidez del ácido cítrico la causa tres grupos carboxilos (COOH), los cuales pueden perder un protón en las soluciones.

El ácido cítrico se obtenía originalmente por extracción física del ácido del zumo de limón. Hoy en día la producción comercial de ácido cítrico se realiza sobre todo por procesos de fermentación, como la fermentación de azúcares, como la sacarosa o la glucosa, realizada por un microorganismo llamado *Aspergillus Níger*.

Cerca del 92% de la producción de ácido cítrico mundial es elaborado por la Unión Europea, Estados Unidos, China, Brasil y Colombia. (Chang & College, 2002; Ministerio de Fomento, 1977; Cremonesi, 2008).

Tabla 1. Mayores firmas productoras de ácido cítrico

Compañía	Localización	Capacidad total (TMA)
Miles Inc.	EEUU, Brasil, México, Colombia	120,000
Chas Pfizer	EEUU, Irlanda	115,000
A.G. Jubunzlauer	Austria, Alemania, Francia, Indonesia	100,000
Citrique Belge	Bélgica	60,000
Biacor	Italia	28,000
John Sturge	Reino Unido	25,000
Cargill	EEUU	25,000

Tabla 2. Crecimiento de producción de ácido cítrico a razón porcentual anual, por sector

Sector consumidor	Rendimiento anual porcentual
Alimentos y bebidas	5-8
Fármacos	2-3
Detergentes	6-7
Cosméticos	2-3
Otros	9-10

Análisis Volumétrico

Se basa en la determinación de la concentración. La sustancia de concentración desconocida se titula con una disolución estándar de concentración conocida, determinándose a partir del volumen gastado de la sustancia titulante (Danhke, 1989).

Desarrollo Experimental

a) Selección de una metodología para la determinación del ácido cítrico presente en el extracto del semeruco

En la siguiente fase se procedió a seleccionar la metodología más eficiente para llevar a cabo la determinación del ácido cítrico presente en el extracto del semeruco. (Hernandez, Lobo, & Gonzalez, 2009).

Los factores que se tomaron en cuenta para la selección del método fueron:

- **Tiempo:** La selección de la metodología se basó en el tiempo disponible para llevar a cabo la investigación.
- **Equipos:** Se tomó en cuenta los equipos disponibles en el laboratorio de química de la Universidad Rafael Urdaneta para la selección de la metodología.
- **Reactivos:** Se analizó la metodología que principalmente requiriera la menor cantidad de reactivos posibles y que dichos reactivos estuvieran a disposición en el laboratorio de la universidad, además que tuvieran un bajo grado de peligrosidad y que no solicitaran un permiso para su obtención y manipulación.
- **Costos:** Se consideró factible la metodología cuyos costos fueran accesibles.

b) Caracterización del extracto del semeruco

Para la determinación del pH del extracto del semeruco se tomó una alícuota de 20 ml del extracto de semeruco natural y se transfirieron a un beaker de 30 ml. Luego se lavaron

los electrodos con agua destilada y se secó con papel absorbente. Se sumergió el electrodo en el recipiente con el extracto de semeruco y se efectuó la lectura del pH.

Por otra parte, para determinar los °Brix del extracto del semeruco se conectó el refractómetro marca Baush & Lomb y se dejó calentar por 15 minutos. Usando papel impregnado de alcohol se limpió la porta muestras del refractómetro. Se procedió a calibrar el equipo. Y luego se colocó una gota del extracto de semeruco para proceder a realizar la lectura de °Brix. (Hernández, 2003; Lopatinski, 2008).

c) Determinación del rendimiento del ácido cítrico en el semeruco

En la tercera fase de la investigación se realizaron los experimentos en el laboratorio para la obtención del rendimiento de ácido cítrico presente en el jugo de semeruco.

Materiales

Balanza analítica (marca OHAUS), pH-metro (marca Boeco Germany, modelo Meter BT-500), bureta, matraces, vasos de precipitado, embudo, soporte universal, pipeta volumétrica (25ml), pera de succión y agitador magnético.

Reactivos

Hidróxido de sodio (marca MERCK), hidrogenoftalato de Potasio (marca FISHER), fenolftaleína (marca Riedel-de Haën AG), agua destilada, zumo de semeruco natural.

Preparación de la solución de NaOH

Se Pesaron 4,0 gramos aproximadamente de NaOH sólido, en una balanza analítica previamente calibrada según las instrucciones del fabricante. Este se pasó inmediatamente a un vaso de precipitado anteriormente lavado y se adicionó la cantidad necesaria de agua destilada para disolver con la ayuda de una plancha para calentar y un agitador magnético.

Una vez disuelta la solución, se vertió en un matraz o balón aforado de 1 L, previamente lavado con agua destilada y se enrasó con la misma. Este preparado debió almacenarse en envases de vidrio, lavando varias veces el interior del envase con pequeñas porciones de la disolución de NaOH que se desea estandarizar antes de su almacenamiento.

Para valorar la solución de NaOH 0.1 N se usó el patrón primario hidrogenoftalato de potasio. (Méndez, 2000).

Preparación de la solución de hidrogenoftalato de potasio 0.1 N

Para preparar una solución de 500 ml fue necesario pesar, aproximadamente, 10 gramos del reactivo sólido en una balanza analítica previamente calibrada. Este se trasvasó a un

matraz o balón aforado de 500 ml, anteriormente lavado con agua destilada y se procedió a enrasar con la misma.

Estandarización de la solución de NaOH

Para la estandarización de la solución previamente preparada, se agregó la solución de NaOH en una bureta de 50 ml anteriormente lavada con agua destilada. Se tomó, con una pipeta volumétrica, una muestra de 25 ml de hidrogenoftalato de potasio 0.1 N y se trasvasó a un vaso de precipitado de 100 ml, anticipadamente lavado con agua destilada. A continuación, se agregaron 5 gotas del indicador fenolftaleína, y se introdujo el electrodo en la porción de muestra, ajustando por medio del sistema de corrección del pH-metro la temperatura a la cual se llevó a cabo la determinación; fue necesario además tener especial cuidado de que el electrodo se encontrara por encima del nivel del agitador magnético. Se tomó el pH de la solución y luego se tituló con NaOH agregando incrementos cada dos minutos hasta observar el cambio de coloración del indicador a rosa pálido. (Milson & Meers, 1985; Pandey, 2001).

Con los datos de la estandarización se registró una ecuación de la recta, donde el volumen del punto de equivalencia vino dado por la división del intercepto con el eje X entre la pendiente de la recta. Para calcular la concentración del hidróxido de sodio fue necesaria la siguiente ecuación:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

V_1 : Volumen gastado de hidróxido de sodio.

C_1 : Normalidad del hidróxido de sodio.

V_2 : Volumen de hidrogenoftalato de potasio.

C_1 : Normalidad del hidrogenoftalato de potasio.

Titulación volumétrica

En un matraz de 100 ml se preparó una muestra que contenía 10 ml de zumo natural de semeruco, 90 ml de agua destilada y 5 gotas de fenolftaleína. Se llenó una bureta de 50 ml de la solución estandarizada de NaOH y se montó la bureta en un soporte universal. Manteniendo la muestra en agitación con la asistencia de una plancha agitadora y un agitador magnético, se tituló rápidamente la muestra hasta observar en la misma un cambio de color a rosa pálido que perdure por al menos 30 segundos. Se reportó en la Tabla 4.5 el volumen gastado del NaOH de la titulación. Este ensayo fue repetido 5 veces más por cada una de las muestras analizadas.

Cálculo de la acidez titulable a partir del punto final de la titulación

La acidez titulable se expresa en gramos del ácido predominante de la fruta en 100 ml del producto y se calculó para cada uno de los puntos finales determinados en los métodos de titulación volumétrica, empleando la siguiente fórmula, para frutas con productos líquidos:

$$Ac = \frac{V_2 \times N \times f \times 100}{V_1} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

Ac: Acidez titulable, en gramos por 100 mililitros.

V₁: Volumen de la muestra, en mililitros.

V₂: Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en mililitros.

N: Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

f: Factor de conversión de equivalencia de 1 mililitro de NaOH 0.1 normal al ácido

El factor f, para diferentes tipos de ácidos predominantes viene expresado en la siguiente tabla:

Tabla 3. Factor de conversión de equivalencia de 1 ml de NaOH 0.1 N de diferentes ácidos constituyentes

Ácido	Factor de Conversión
Málico	0.067
Oxálico	0.045
Tartárico	0.075
Láctico	0.090
Cítrico	0.064

d) Contraste del rendimiento del ácido cítrico extraído del semeruco con respecto al extraído del limón, naranja y piña

Se contrastaron los resultados obtenidos del rendimiento de ácido cítrico presente en el extracto de semeruco con respecto al rendimiento reportado de los extractos de limón, naranja y piña. Para representar los resultados finales se utilizaron tablas comparativas y gráfico de barras.

Resultados

a) Metodología para la determinación de ácido cítrico

Tabla 4. Matriz evaluativa para la selección de la metodología

		Criterios a evaluar			
		Tiempo	Equipos	Reactivos	Costos
Metodologías	Proceso de fermentación realizado por el microorganismo <i>Aspergillus Níger</i>	No	Si	No	Si
	Técnica de cromatografía líquida de alta presión (HPLC)	Si	No	Si	No
	Análisis Volumétrico (Titulación)	Si	Si	Si	Si

Tabla 5. Resultados de los parámetros fisicoquímicos del extracto del semeruco

Parámetros fisicoquímicos	Valor obtenido del extracto de semeruco
pH	4,0
°Brix	1,3

Tabla 6. Datos experimentales de la estandarización de la solución de NaOH

2da solución NaOH		
ml NaOH	pH	$vb \cdot 10^{(-pH)}$
0	3,61	
5	3,94	
10	4,24	5,75E-4
15	4,43	5,57E-4
20	4,68	4,19E-4
25	5,02	2,39E-4
27	5,28	1,42E-4
30	8,06	

Tabla 7. Normalidad del NaOH

Normalidad de NaOH
0,073

Tabla 8. Concentración de ácido cítrico presente en el semeruco para las diferentes muestras

Compuesto (ácido cítrico)	Volumen de NaOH gastado en la titulación (ml)	Concentración (g/L)
Muestra #1	14,9	0,668
Muestra #2	15,0	0,672
Muestra #3	14,9	0,668
Muestra # 4	15,1	0,676
Muestra # 5	15,1	0,676
Muestra # 6	14,9	0,668

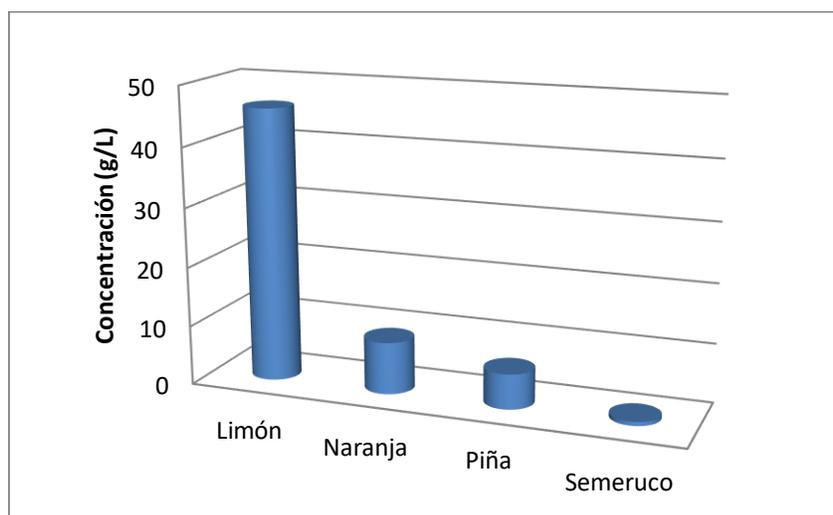
Tabla 9. Concentración de ácido cítrico extraído del semeruco

Compuesto	Concentración (g/L)
ácido cítrico	0,671

Tabla 10. Resultados de las concentraciones de los extractos de limón, naranja, piña y semeruco.

Extracto	Concentración (g/L)
Limón	46
Naranja	8,8
Piña	5,906
Semeruco	0,671

Figura 2. Comparación de las concentraciones de ácido cítrico de los jugos de limón, naranja, piña y semeruco



Discusión de Resultados

Para la selección adecuada de la metodología a utilizar se evaluaron 3 procesos: fermentación realizado por el microorganismo *Aspergillus Níger*, técnica de cromatografía líquida de alta presión (HPLC) y análisis volumétrico. A través de la matriz evaluativa se pudo observar que, aunque el método de fermentación es el más utilizado a nivel mundial para la obtención de ácido cítrico y posee una gran cantidad de ventajas con respecto a otros métodos, este procedimiento requiere una mayor cantidad de tiempo y recursos que no se encontraban disponibles para la realización de la investigación. La metodología que cumplió con todos los factores evaluados (tiempo, reactivos, equipos y costos) fue el método de análisis volumétrico.

Por otra parte los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del extracto de semeruco demostraron que este fruto tiene un grado de acidez elevado ya que una sustancia se considera muy ácida cuando presenta un pH igual o menor a 4, y el extracto de semeruco registró un pH de 4,0. Debido a que el pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias, podemos decir que el extracto de semeruco se encuentra dirigido a los iones de hidrogeno (H+). De igual manera se registraron los resultados de la evaluación de los °Brix, que miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido, arrojando como resultado un valor de 1,3; lo que significa que el jugo de semeruco contiene 1,3 gr de sacarosa por cada 100 gr de jugo.

Para la determinación del rendimiento de ácido cítrico presente en el jugo natural de semeruco se utilizó el procedimiento establecido por la norma venezolana COVENIN 1151-77 (Ministerio de Fomento, 1977). Los diferentes volúmenes de NaOH gastados para cada una de las titulaciones que se llevaron a cabo presentan un rango entre 14,9 y 15,1 ml. Realizando un promedio de las concentraciones obtenidas se establece que la concentración final de ácido cítrico presente en el semeruco es 0,671.

Al realizar la comparación del rendimiento de ácido cítrico presentes en las frutas limón, naranja, piña y semeruco se puede apreciar que el jugo de limón presenta la mayor concentración de ácido cítrico y su acidez es característica ya que posee un pH de 2,3. A través de la tabla comparativa se observa que el extracto de piña presenta un índice moderado de ácido cítrico (5,9 g/L), concentración que es muy cercana a la del jugo de naranja (8,8 g/L) (Prisma, 2008; Maldonado, Guerrero, & Ramirez, 2005; Rosales, 2010; Salkindn, 1997).

Por el contrario, la concentración de ácido cítrico presente en el extracto del semeruco con respecto al limón, naranja y piña es muy bajo reportando un valor de 0,671 g/L, por lo que es descartable la idea de utilizar el semeruco como materia prima para la obtención de ácido cítrico. Así mismo es importante acotar que no se posee una normativa o un estudio con el cual comparar los resultados obtenidos, ya que hasta ahora no se ha realizado este tipo de análisis en el extracto de semeruco.

Usos y beneficios del ácido cítrico en la piel

El ácido cítrico obtenido principalmente del zumo de limón, y de una gran variedad de frutas cítricas, es comúnmente utilizado para la fabricación de productos para la belleza, estética y el cuidado de la piel, puesto que reduce adecuadamente el pH y actúa como un compuesto antioxidante efectivo. Por tal razón, dicho ácido representa una materia prima fundamental en la elaboración de productos cosméticos antimanchas y cremas despigmentantes. Este compuesto químico contribuye a la protección de la piel ante la oxidación, por lo que es frecuentemente incorporado en la composición de cremas, geles, sérum, aerosoles y soluciones para el cuerpo. Entre los más destacados se encuentran los exfoliantes, debido a que el ácido cítrico tiene la capacidad de eliminar células muertas de piel, limpiándola adecuadamente, sin provocar irritaciones no deseadas.

Específicamente la *Malpighia Emarginata*, conocida coloquialmente como semeruco, acerola, cerecita, o manzanita, ha representado por mucho tiempo un alimento anti-aging importante por su capacidad antioxidante que permite la neutralización de radicales libres, provocado un retraso en el envejecimiento de la piel y todo el organismo.

Científicamente se ha comprobado que el ácido cítrico puede aclarar la piel, corregir las hiperpigmentaciones y reducir las líneas de expresión. Los productos cosméticos que tienen ácido cítrico han sido formulados frecuentemente por dermatólogos y dermocosmiatras para su uso en tratamientos de pieles manchadas y arrugadas; recomendándose su aplicación incluso, en los labios, cerca de la boca, cerca de los ojos, y cerca de la nariz, así como, para pieles de bebés.

El ácido cítrico y sus sales también se ha utilizado para la fabricación de aerosoles para el cabello, axilas, y cuerpo en general. La sal de ácido cítrico, conocida como citrato de sodio, se utiliza en la industria cosmética para fabricar pinturas de labios, jabones corporales y detergentes para limpieza. Además, se puede utilizar como conservantes de cosméticos y productos de cuidado personal, así como, para ajustar el nivel de pH en la piel.

Por último, cabe acotar que la vitamina C que se encuentra en frutas cítricas, incluidas el limón, la naranja, la piña, y el semeruco; favorece grandemente la síntesis de colágeno en la piel, y puede actuar como protector solar biológico, puesto que, reduce los efectos dañinos del sol sobre el ADN celular. Dicho efecto, también ayuda a la cicatrización y protección articular, problemas que pueden presentar algunas personas cuando tienen un accidente o por alguna enfermedad sistémica.

Conclusiones

- Se seleccionó la metodología de Análisis Volumétrico para determinar la concentración de ácido cítrico presente en el extracto de semeruco, ya que cumplió con los parámetros establecidos de tiempo, equipos, reactivos y costos adecuados.
- Se analizaron los parámetros fisicoquímicos, pH y °Brix para el jugo natural del semeruco, determinando el grado de acidez elevado y la cantidad total de sacarosa en el jugo de semeruco bajo.
- Se determinó la concentración de ácido cítrico en el extracto de semeruco a través de la metodología establecida por la norma venezolana COVENIN 1151-77 para la determinación de acidez en frutas y productos derivados, identificando la presencia del ácido.
- La comparación del rendimiento de ácido cítrico extraído de las frutas limón, naranja, piña y semeruco, estableció que el jugo de limón posee mayor concentración, y el semeruco presenta un bajo índice de éste ácido en su jugo natural.
- Independientemente del índice de ácido cítrico que contengan las frutas utilizadas para la obtención del mismo; las vitaminas y citrato de sodio que ofrecen, es muy útil en la industria cosmética, ya que actúa como un compuesto antioxidante efectivo que retrasa el envejecimiento, y ayuda al aclaramiento de la piel en caso de hiperpigmentaciones graves. Además, favorece la síntesis de colágeno en la piel, y puede actuar como protector solar biológico, puesto que, reduce los efectos dañinos del sol sobre el ADN celular. Por último, también ayuda a la cicatrización y protección articular.

Agradecimientos

Agradezco a Jehová Dios por darme la guía y sabiduría necesaria para culminar este trabajo de investigación.

Mi agradecimiento hacia la Universidad Rafael Urdaneta y el Departamento de Química, por permitirme utilizar las instalaciones del laboratorio para realizar las pruebas experimentales que contribuyeron a los resultados de la investigación.

Un agradecimiento especial al Ingeniero José R. Ferrer G. tutor y asesor del presente trabajo de investigación, quien, con su experiencia como ingeniero químico, representó la guía para la culminación del presente estudio científico. E-mail: josferrer1@gmail.com

Referencias Bibliográficas

Arias, F. (2006). El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. *Editorial Episteme*.

- Barreto, F. (2011). *Análisis químico un enfoque ecológico*. Mexico: Mc Graw Hill Interamericana.
- Betancourt, A. (2003). *Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación en cultivo líquido*. tesis de grado, Universidad nacional de Colombia, Colombia.
- Calvo, A. (2003). *Conservación y restauración. Materiales, técnicas y procedimientos*. Barcelona: Ediciones del Serval.
- Cázares, H., Christen, E., Jaramillo, L., Villaseñor, R., & y Zamudio, R. (2000). *Técnicas Actuales de Investigación Documental. (3a eda)*. Mexico: Editorial Trillas-UAM.
- Chang, R., & College, W. (2002). *Química*. Mexico: Mc Graw-Hill Interamericana editores, S.A.
- Cremonesi, P. (2008). *Modificar las propiedades y la acción del agua y de los disolventes orgánicos, incrementando su viscosidad gracias a los gelificantes*. Obtenido de www.ge-iic.com/file/cursos/cremonesi_Ponencia.pdf: www.ge-iic.com/file/cursos/cremonesi_Ponencia.pdf
- Danhke, L. (1989). *Investigación y comunicación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernández, R. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- Hernandez, Y., Lobo, M., & Gonzalez, M. (2009). *Factors affecting simple extraction in the liquid chromatographic determination of organic acids in papaya and pineapple*. Londres: Editorial Elsevier.
- Lopatinski, M. (2008). *Obtención de biocombustible orgánico a partir de Zea Mays con aplicación de Alfa-Amilasa*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción, Guayaquil.
- Maldonado, R., guerrero, R., & Ramirez, M. (enero de 2005). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(1), 34-41.
- Méndez, A. (2000). *Guía química*. Obtenido de <http://quimica.laguia2000.com/general/indicadores-acido-base>
- Milson, P., & Meers, J. (1985). *Citric Acid*. Bandre Anzli, Irán: Editorial Limusa.
- Ministerio de Fomento. (1977). COVENIN 1151-77 Norma venezolana. Frutas y productos derivados. Determinación de la acidez. Caracas.
- Pandey, A. (Octubre de 2001). Production of organic acids by solid state fermentation. In solid state fermentación in Biotechnology-Fundamentals and applications. *Revista Brasileña de Ingeniería Química*, 22(4).
- Prisma, E. (2008). *Historia del ácido cítrico*. Obtenido de www.elprisma.com/apuntes/quimica/acidocitrico/

Rosales, M. (2010). *Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña*. Tesis de grado, Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela.

Salkind, N. (1997). *Métodos de investigación (3era edición)*. Mexico: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana.