

Introducción

Dentro del área de la Ciencia de Tecnología de Alimentos, ha ido en constante incremento la producción de sustancias orgánicas, que ayudan a mantener el cuerpo humano en equilibrio funcional, siendo una de ellas, el ácido cítrico, este es un ácido orgánico, presente en la mayoría de las frutas cítricas. Posee grandes propiedades acidulantes y preservantes que aseguran el sabor original de los alimentos [1]. Por su parte, el ácido ascórbico también conocido como vitamina C, es un nutriente esencial en la dieta humana, este se puede obtener de diferentes frutas a través de procesos de extracción y purificación química [2].

De allí la relevancia de la presente investigación, puesto que, la industria alimenticia implementa acidulantes en la preparación de sus bebidas y alimentos para mejorar su sabor o también como conservante. El ácido cítrico es el más utilizado en la industria, pues es altamente soluble en agua, ofrece acidez y adecuado para lo mismo. Además, puede quelar iones metálicos potencialmente pro-oxidantes, lo que permite a los antioxidantes funcionar con mayor eficacia en el retraso de la oxidación y deterioro del producto.

La investigación de Rosales [3], en el trabajo especial de grado titulado “Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña”, ratificó la presencia del ácido cítrico, determinándose la concentración en la muestra a través de cromatografía líquida de alta presión. Además, se evaluó el pH y los grados Brix, como parámetros fisicoquímicos de la muestra.

Para idear una metodología eficaz, Fang [2], en su tesis “Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos”, dejó constancia de la ventaja que tiene la HPLC (cromatografía líquida de alta eficiencia) sobre otros métodos para la determinación de vitamina C (ácido ascórbico), por la precisión de resultados. Sin embargo, en referencia a la relación costo/eficiencia, se comprobó que es recomendable la titulación volumétrica de óxido-reducción.

La vitamina C se encuentra principalmente en alimentos frescos de origen vegetal (frutas y hortalizas) y, en menor medida, en alimentos de origen animal. Entre los alimentos de origen vegetal como los cítricos (naranjas, mandarinas, limones, Tampico (Jobito), cajules, mangos, limas y pomelos), kiwi, fresones, brócoli y lechuga, entre otros alimentos, que son fuente natural de vitamina C, y de origen animal como hígado, leche y productos lácteos [4].

Según Pérez y Velázquez [5] el método de análisis volumétrico utilizado en la investigación fue el indicado en consonancia con los factores establecidos para su ejecución. Lo que se adaptó a las condiciones de tiempo, costo y reactivos. En otras investigaciones futuras se utilizarían otros métodos alternativos disponibles.

Desde el punto de vista económico y comercial, el hecho tangible de encontrar, idear o proponer nuevos métodos, que permitan evitar el exceso de importaciones desde el mercado externo, es de suma importancia. En este panorama, Venezuela posee grandes plantaciones de cajuil y mango, estas frutas no han sido empleadas para la elaboración del ácido cítrico y ácido ascórbico, trayendo como consecuencia la importación de dichos compuestos.

Por otro lado, una metodología experimental que permita obtener ácido cítrico y ácido ascórbico, a partir de una propuesta simple y económica, es el objetivo principal de esta investigación. La metodología para la producción de ácido cítrico y vitamina C (ácido ascórbico) a partir del cajuil (*Anacardium occidentale* L.) y del mango (*Mangifera indica*) es importante, puesto que representa una oportunidad para la investigación científica, contribuyendo de ese modo con el desarrollo científico nacional venezolano.

Materiales y métodos

La investigación para la obtención de ácido cítrico y ácido ascórbico, presente en el zumo de mango (*Mangifera indica*) y cajuil (*Anacardium occidentale* L.) se realizó en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta.

Se siguió una investigación de tipo descriptiva, con diseño experimental. La técnica de recolección de datos fue la observación directa, donde las experiencias realizadas en el laboratorio se registraron en tablas contentivas de los parámetros a analizar.

Para la investigación se colectaron 10 pseudofrutos de cajuil (*Anacardium occidentale* L.) tipo criollo (color amarillo) y 10 muestras de mango (*Mangifera indica*) en estado de maduración (amarillos). Las muestras se colectaron en estado de madurez, las unidades se empacaron en bolsas plásticas y se trasladaron al laboratorio, donde fueron lavadas con agua potable y secadas para luego proceder con las experiencias. El zumo de los frutos se obtuvo mediante un extractor de jugos marca Oster® modelo FPSTJE316W y luego se filtró inmediatamente. El volumen del zumo se midió con un cilindro graduado de 200 mL.

Se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos en las muestras de los jugos (preparadas con 40% de fruto y 60% de agua destilada): pH y °Brix (contenido de sólidos solubles totales). Además, se analizaron los parámetros de la composición proximal de los frutos mango y cajuil: contenido de humedad (%), contenido de cenizas (%) y contenido de grasas (%).

Para cumplir con el proceso de investigación, se siguieron cuatro fases y se establecieron los procedimientos indicados para la obtención de los datos. Estas fases fueron las siguientes:

Fase I. Caracterización fisicoquímica del zumo de mango y del zumo de cajuil y la composición proximal de las pulpas de mango y cajuil

En primera instancia se realizó la determinación de parámetros como el pH y °Brix (contenido de sólidos solubles totales) por triplicado:

Determinación del pH

Para medir el pH fue utilizado un pH- metro, marca OAKTON®, modelo PH 50 Series, mediante la Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN 1315-79 [6]. En un vaso precipitado que contenía agua destilada, se calentó por 5 minutos y fueron retirados los electrodos del agua destilada, se secaron con una toalla de papel fino. En la determinación del valor de pH de las muestras se utilizó un volumen de 150 mL, en un vaso precipitado de 300 mL, se realizó con una tolerancia de 0,01 a 0,09 unidades, como lo sugiere Rosales [3].

Determinación de grados °Brix

Para la determinación de los grados °Brix del jugo de mango y jugo de cajuil, el producto se agitó para asegurar una homogeneidad en las muestras, y luego se filtraron a través de un algodón absorbente, según la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 924-83 [7]. Se continuó la circulación de agua a través de la camisa del medidor refractómetro marca AICHOSE®, modelo SR-0028BE, durante un tiempo suficiente para que la temperatura de los prismas y de la muestra se tornaran iguales y constantes al efectuar la lectura.

Luego se realizaron los siguientes parámetros de la composición proximal de los frutos mango y cajuil, por triplicado:

Determinación de humedad

Las muestras obtenidas de 5 a 10 gramos de frutos fueron secadas y pesadas previamente. Se colocaron en cápsulas limpias y luego se llevaron en la estufa (marca MEMMERT®, modelo Universal Ufe-550), a una temperatura de 103 °C por 2 horas, siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1156-79 [8]. Las muestras se retiraron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente en el desecador para luego proceder a tomar su peso. Del mismo modo, culminado la primera fase, se colocaron nuevamente en la estufa por 30 minutos, se dejaron enfriar y pasado el tiempo y se pesaron nuevamente hasta obtener un peso constante.

Determinación de cenizas

Se calentó previamente el horno (marca *Thermolyne*®, modelo ThermoScientific - FB1410M) y se introdujeron los crisoles lavados por 20 minutos, se retiraron y se dejaron enfriar en el desecador a temperatura

ambiente, para posteriormente pesar en los crisoles de 2 a 6 gramos de las muestras, siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1155-79 [9]. Estos fueron colocados en contacto directo con el mechero hasta lograr la combustión completa del material. Finalmente, se colocaron los crisoles en el horno a aproximadamente 550 y 600° por 2 horas.

Determinación de grasas

Las grasas fueron determinadas a través del método de extracción por Soxhlet (marca LaboyGlass, aparato de extracción con 45/50 y 24/40) siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1219-2000 [10]. Primeramente, se colocó el éter de petróleo (solvente) en los balones con las perlas, para el calentamiento a 60- 80 °C (temperatura de ebullición del solvente). El condensado cayó sobre el recipiente que contenía un cartucho con la muestra (10 gramos de las pulpas de los frutos mango y cajuil) en su interior, este ascendió su nivel cubriendo el cartucho hasta el punto donde se produce el reflujo que devuelve el solvente con el material extraído del balón. Lo extraído fue concentrando en el balón del solvente.

El equipo utilizado para este procedimiento es un extractor de grasa (marca LABCONCO®, modelo 3000500100) en el que se colocó la muestra que fue extraída de los equipos Soxhlet, por 15 minutos cada muestra a 40 °C. Este equipo permitió la evaporación del éter de petróleo (solvente) y la obtención de las grasas.

Fase II. Determinación del rendimiento del ácido cítrico y ácido ascórbico presentes en el zumo de mango (*Mangifera indica*) y cajuil (*Anacardium occidentale* L.)

Para la consolidación de esta etapa, se llevó a cabo un procedimiento de titulación volumétrica del jugo de mango y del jugo de cajuil respectivamente.

Titulación volumétrica del ácido cítrico

Para la titulación volumétrica del zumo de mango y pseudofruto de cajuil, en un matraz de 100 mL se preparó una muestra que contenía 10 mL de zumo natural, 90 mL de agua destilada y 5 gotas de indicador de fenolftaleína. Se llenó una bureta de 50 mL de la solución estandarizada de NaOH (hidróxido de sodio) 0,1 N y se ubicó 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, este ensayo fue repetido tres veces por cada una de las muestras analizadas.

Se midió la concentración del ácido cítrico por la ecuación 1, siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1151-77 [11]:

$$\text{Concentración del ácido cítrico} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) = 10 \cdot V1 \cdot N \cdot me / V \quad (1)$$

Donde:

V1: Volumen de la solución de Hidróxido de Sodio empleado en la titulación, en mililitros.

N: Normalidad de la solución de Hidróxido de Sodio (0,1 N).

me: Peso miliequivalente del ácido cítrico.

V: Volumen de la muestra en mililitros.

Titulación volumétrica para la determinación de ácido ascórbico

En un matraz Erlenmeyer se colocaron 10 mL de zumo, 15 mL de agua destilada, 5 gotas de ácido clorhídrico (1 M) (como catalizador) y 10 gotas de almidón al 1%. Posteriormente, se llenó la bureta con 15 mL de solución yódica (1 %). Se tituló lentamente mientras se mantenía la agitación de la solución en el Erlenmeyer, hasta que la solución se tornó de un color azul. Finalmente, se calculó el volumen total de la solución yódica gastado para lograr la reacción que mostró la presencia del ácido ascórbico. Este procedimiento se realizó por triplicado. La concentración de ácido ascórbico se calculó con la ecuación 2, según lo indicado por los investigadores Fang [2], Campos [12] y Harris [13]:

$$\text{Concentración del ácido ascórbico} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) = V \cdot \left(\frac{C_{\text{patrón}}}{V_{\text{patrón}}} \right) \quad (2)$$

Donde:

V: volumen gastado de la solución yódica para la muestra.

C_{patrón}: Concentración del patrón del ácido ascórbico (0,25 g/L).

V_{patrón}: Volumen gastado de la solución yódica para la solución patrón de ácido ascórbico (6,8 mL).

A continuación, se presenta la Tabla 1, que indica las diferentes ecuaciones utilizadas para los cálculos dentro de la caracterización fisicoquímica y el cálculo de rendimiento de los jugos de mango y cajuil, respectivamente.

Tabla 1. Ecuaciones para el cálculo para parámetros fisicoquímicos y de rendimiento

Parámetro	Ecuación		Descripción / nomenclatura
Humedad	$H\% = (H_2 - H_1) \cdot \frac{100}{H_1 - H_0} \quad (3)$	(3)	H ₀ = Peso de la muestra vacía, en gramos H ₁ = Peso de la cápsula conteniendo la muestra, antes de desecarla, en gramos H ₂ = Peso de la cápsula y la muestra, después de desecarla, en gramos.
Cenizas	$C\% = \frac{(C_2 - C_0) \cdot 100}{C_1 - C_0} \quad (4)$	(4)	C ₀ = Peso del crisol vacío, se mide en gramos C ₁ = Peso del crisol conteniendo la muestra de ensayo, se mide en gramo C ₂ = Peso del crisol y cenizas, se mide en gramos.
Grasas	$\%G = \frac{(G_2 - G_1) \cdot 100}{G_0} \quad (5)$	(5)	G ₀ = Masa de la muestra inicial G ₁ = Masa del frasco y su contenido posterior a la extracción, medida en gramos G ₂ = Masa del frasco antes de la extracción, medida en gramos

Se realizaron análisis estadísticos de medias y desviaciones estándar para todas las determinaciones de parámetros fisicoquímicos de los jugos y las composiciones proximales de las pulpas de los frutos; además, para las titulaciones y para las concentraciones del ácido cítrico y ácido ascórbico.

Resultados y discusión

En esta etapa se detallan los resultados obtenidos, logrando alcanzar los objetivos mediante el diseño seleccionado para la investigación, los instrumentos de recolección pertinentes y las fases de la investigación.

Caracterización fisicoquímica del zumo de cajuil y mango y la composición proximal de las pulpas de mango y cajuil

En la Tabla 2 se presentaron los diferentes análisis fisicoquímicos que se realizaron y los resultados obtenidos en los experimentos:

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del zumo de cajuil y mango y la composición proximal de las pulpas de mango y cajuil

Tipo de análisis	Zumo de cajuil Valor ($\mu \pm \sigma$)	Zumo de mango Valor ($\mu \pm \sigma$)	Valor de referencia (máximo-aceptable)	Método empleado
pH	4,75± 0,11	4,52± 0,06	4,5	COVENIN 1315-79
Sólidos solubles totales (°Brix)	2,5± 0,07	4,5± 0,04	13,5 (mango) 3,54 (cajuil)	COVENIN 924-83
Contenido de humedad (%)	96,18 ± 0,47	94,94 ± 0,54	68-82% (mango) 84-89% (cajuil)	COVENIN 1156-79
Contenido de cenizas (%)	0,04± 0,16	0,15± 0,09	0,4-0,5 (mango) 0,19-0,34 (cajuil)	COVENIN1155-79
Contenido de grasas (%)	0,34± 0,01	0,49± 0,03	0,4 (mango) 0,005-0,5 (cajuil)	COVENIN 1219-2000

Valores de la forma $\mu \pm \sigma$, donde μ representa la media y σ la desviación estándar

En la Tabla 2 se observó que los valores obtenidos tanto para pH como para °Brix se encuentran fuera del rango establecido por lo reportado por otros autores [14,15, 16, 17,18]. El parámetro fisicoquímico, sólidos solubles totales, se asocia al grado de madurez de las frutas, aunque su uso principal es como índice de calidad organoléptica, y dichos sólidos están constituidos, principalmente, por azúcares simples, sales, ácidos, y otros compuestos solubles en agua, siendo los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa, y algunos ácidos orgánicos, los compuestos de mayor abundancia, para este tipo de materias primas, como lo son la fruta mango y el pseudofrutocajuil [19]. Demostrando de esta manera que la concentración de azúcares viene ligada a varios parámetros como la madurez de la fruta, variedad, nutrientes, tiempo de cosecha, entre otros, al igual que la dilución y la acidez propia de las frutas. Del mismo modo, el contenido de humedad elevado indica la jugosidad en la pulpa del fruto.

El contenido de cenizas se encuentra por debajo de los valores referenciados por otros autores [17, 20, 21,22] que presentan datos en pulpa de fruta, lo que es de esperarse, debido al hecho de que lo analizado en este trabajo es una dilución, es decir, el jugo de la fruta. Las cenizas son indicadores del contenido total de minerales, que cumplen las funciones metabólicas importantes en el organismo, es necesario destacar que diversos factores influyen en la composición nutricional de las frutas, como nutrientes en planta, sistema de desinfección en plantas, estado de madurez, variedad de la fruta, entre otros [16].

Finalmente, el contenido de grasas obtenido en el jugo de mango fue ligeramente superior a lo reportado por otros autores; mientras que, el contenido de grasa detectado en el jugo de cajuil coincide con los valores presentados en la literatura [14,15]. La obtención de grasa comestible a partir de frutas, específicamente del mango y cajuil, constituyen una alternativa viable para la elaboración de alimentos funcionales [16].

Concentraciones del ácido cítrico y ácido ascórbico presentes en el zumo de cajuil y mango

La determinación de las concentraciones del ácido cítrico y el ácido ascórbico en el zumo de cajuil y mango se basó en la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1151-77 [11] para la determinación de ácidos en frutas y en sus productos derivados, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Concentración de ácido cítrico presente en el cajuil y mango para las diferentes muestras de los zumos

Muestras	Volumen de NaOH gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el cajuil	Volumen de NaOH gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el mango
Muestra 1	0,40	20	0,10	38,30
Muestra 2	0,40	19,96	0,10	38,11
Muestra 3	0,40	19,72	0,10	37,92

La Tabla anterior muestra que el volumen de NaOH consumido por el cajuil se mantiene constante en 0,4 mL; mientras que, el del mango se mantiene constante en 0,1 mL. Por tanto, calculando la concentración para cada una de las pruebas realizadas se obtuvieron valores entre 19,72 g/L-20 g/L de ácido cítrico para el cajuil y 37,92 g/L-38,30 g/L para el mango. Además, se presentan en la Tabla 5 los valores promedio (μ) y de la desviación estándar (σ) de la concentración de ácido cítrico presente en el zumo de cajuil y en el zumo de mango.

Tabla 5. Concentración de ácido cítrico extraído del cajuil y el mango

Zumos de los frutos	Concentración (g/L) Valor ($\mu \pm \sigma$)
Cajuil	19,89 \pm 0,14
Mango	38,11 \pm 0,19

Valores de la forma $\mu \pm \sigma$, donde μ representa los valores promedios y σ la desviación estándar

En la Tabla 6 se presenta la concentración de ácido ascórbico obtenida para las muestras de cajuil y mango.

Tabla 6. Concentración de ácido ascórbico presente en el cajuil y mango para diferentes muestras

Muestras	Volumen de yodo al 1% gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el cajuil	Volumen de yodo al 1% gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el mango
Muestra 1	2,6	13,02	0,8	13,37
Muestra 2	2,5	8,53	0,8	11,96
Muestra 3	2,3	4,31	0,8	10,56

La Tabla 6 se detalla los volúmenes de yodo al 1% gastados en cada una de las titulaciones realizadas, donde se muestra que el volumen gastado no se mantiene constante, sino en un rango entre 2,6 mL-2,3 mL de yodo 1% para el cajuil. Sin embargo, para el mango se observó que el volumen gastado se mantuvo en un mismo patrón de 0,8 mL de yodo al 1%. En la Tabla 7 se muestran las concentraciones de los valores promedios (μ) y de la desviación estándar (σ) de ácido ascórbico en las muestras de los zumos analizados, siendo mayor en el zumo de mango que en el de cajuil.

Tabla 7. Concentración de ácido ascórbico extraído del cajuil y el mango

Zumos de las frutas	Concentración (g/L) Valor ($\mu \pm \sigma$)
Cajuil	8,62 \pm 4,35
Mango	11,96 \pm 1,40

Comparación de la composición de ácido cítrico y ácido ascórbico en el cajuil y el mango

La Tabla 8 exhibe los resultados que fueron obtenidos en la presente investigación en la determinación de la concentración de ácido cítrico y ácido ascórbico, presentes en el cajuil y el mango, al igual que los valores reportados en otros trabajos de investigación con otros frutos cítricos como: limón, naranja [23], piña [24] y semeruco [25] para el ácido cítrico, y el de naranja, mandarina, limón y Tampico (Jobico) para el ácido ascórbico [2].

Tabla 8. Concentraciones de ácido cítrico de los extractos de frutos cítricos

Extracto	Concentración (g/L)
Limón	46,00
Naranja	8,80
Piña	5,90
Semeruco	0,67
Cajuil	19,89
Mango	38,11

A manera de observación la comparación entre los diferentes extractos en cuanto a la concentración de ácido cítrico, se presenta la Figura 1:

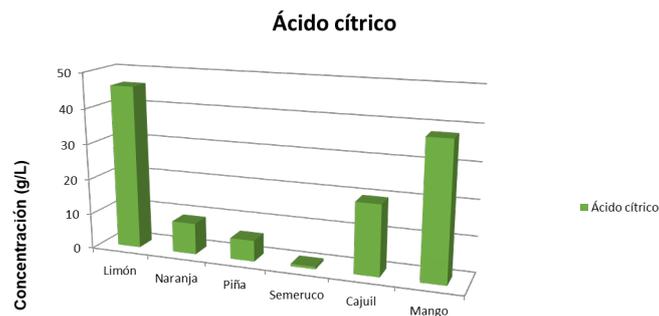


Figura 1. Comparación de las concentraciones de ácido cítrico

En la Figura 1 se apreció la concentración de ácido cítrico extraído del limón, naranja, piña y semeruco, comparado con la concentración de ácido cítrico determinado en el cajuil y el mango, mostrando diferencias apreciables. El jugo de limón presenta la mayor concentración de ácido cítrico seguido por el mango con 38,11 g/L y el cajuil de 19,89 g/L, por lo que, el mango y el cajuil pueden ser utilizados como materia prima para la obtención artesanal de ácido cítrico.

En relación con el contenido de ácido ascórbico en las muestras, en la tabla 9 se resumen las concentraciones de este ácido orgánico en diferentes frutos cítricos.

Tabla 9. Concentraciones de ácido ascórbico en los extractos de frutos cítricos

Extracto	Concentración (g/L)
Naranja	0,6512
Mandarina	0,239
Limón	0,57
Tampico	0,253
Cajuil	8,624
Mango	11,968

Con el fin de observar la comparación de las concentraciones de ácido ascórbico a partir de diferentes frutos de una manera gráfica, se presentó la figura 2.

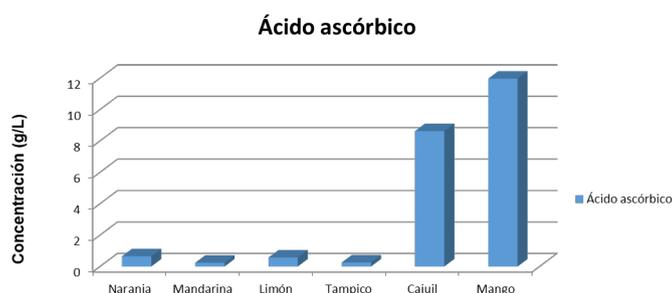


Figura 2. Comparación de las concentraciones de ácido ascórbico

La Figura 2 muestra la concentración de ácido ascórbico que se encuentra presente en los zumos de naranja, mandarina, limón, Tampico, cajuil y mango. En esta se evidencian diferencias existentes entre dichas concentraciones, siendo la mandarina la que tiene menor concentración de vitamina C (ácido ascórbico) con 0,239 g/L. Ahora bien, en cuanto a los jugos de mango y cajuil obtenidos en este trabajo, se obtuvieron resultados favorables, de 8,624 g/L de ácido ascórbico para el cajuil y 11,96 g/L para el mango, demostrando de esta manera que estos frutos representan una materia prima prometedora para la producción de ácido ascórbico, lo cual representa una ventaja para la industria alimenticia venezolana, puesto que con ello no tendría que seguir exportándose dicho producto para el consumo de la población.

Conclusiones

La caracterización fisicoquímica de los jugos de y mango a través de los métodos utilizados indican que los valores obtenidos son aceptables para los jugos y néctares. Se evidenció que el mango contiene valores mayores en sólidos totales (4,5°Brix), contenido de humedad (94,94%), cenizas (0,15%) y grasas (0,49%) en comparación con el cajuil, con sólidos totales (2,5°Bx), humedad (96,18%), cenizas (0,04%) y grasas (0,34%), colocando al mango como una fruta enriquecida y funcional para la dieta del ser humano.

El mango contiene mayor cantidad tanto de ácido cítrico (38,11 g/L) y de ácido ascórbico (11,96 g/L), comparativamente con el cajuil (19,89 g/L de ácido cítrico y 8,62 g/L de ácido ascórbico).

El zumo de limón contiene mayor concentración de ácido cítrico en comparación al zumo de piña, naranja, semeruco, mango y cajuil. Mientras que, en relación con el ácido ascórbico, el zumo de mango contuvo la mayor concentración al compararlo con los jugos de naranja, mandarina, limón, Tampico y cajuil.

Referencias bibliográficas

- [1] Muñoz-Villa, A., Sáenz-Galindo, A., López-López, L., Cantú-Sifuentes, L. y Barajas-Bermúdez, L. “**Ácido Cítrico: Compuesto Interesante**”. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Volumen 6, No 12, 18-23, (2014). https://www.academia.edu/34844431/%C3%81cido_C%C3%ADtrico_Compuesto_Interesante_Citric_Acid_Interesting_Compound
- [2] Fang Z. “**Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos**”. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Farmacia. UCM. Madrid, España, (2017).
- [3] Rosales, P. “**Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña**”. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química. URU. Maracaibo, Venezuela, (2010).
- [4] UNED. “**Guía de alimentación y salud. Guía de nutrición**”. Uned.es. https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/guia_nutricion/index.htm

[5] Pérez, M. y Velázquez, F. **“Producción artesanal de ácido cítrico y vitamina C (ácido ascórbico) a partir del cajuil (*Anacardium occidentale L.*) y el mango (*Mangifera indica*)”** (Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química). Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. (2021).

[6] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **“Alimento. Determinación del pH (Acidez iónica)”**. (1ra. Revisión). COVENIN 1315:2021. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (2021).

[7] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **“Frutas y productos derivados. Determinación de sólidos solubles por refractometría”**. (1raRev.). COVENIN 924:1983. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (1983).

[8] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **“Alimentos para animales. Determinación de humedad”**. COVENIN 1156-79. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (1979).

[9] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **“Alimentos para animales. Harina de Arroz”**. COVENIN 1155-79. Caracas, Venezuela. Fondonorma, (1979).

[10] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **“Carne y productos cárnicos: Determinación de grasa total”**. (3ra Revisión). COVENIN 1219-2000. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (2000).

[11] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **“Frutas y productos derivados. Determinación de la acidez”**. COVENIN 1151-77. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (1977).

[12] Campos, C. **“Métodos analíticos para la determinación de vitamina C”**. Trabajo de fin de grado. Facultad de Farmacia. Universidad de la Laguna. Santa Cruz de Tenerife. España, (2021).

[13] Harris, D. **“Análisis químico cuantitativo”**. 3a Edición. Barcelona. Editorial Reverté, S. A, 2006.

[14] Faneite, A., Borjas, M. y Ferrer, J. **“Estudio de factibilidad para el establecimiento de una fábrica semi-industrial de compotas de pseudofruto de cajuil (*Anacardium occidentale L.*) En el estado Zulia”**. Revista Tecnocientífica URU, No. 10, 79-94, (2016). <https://revistas.fondoeditorial.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/article/view/329>

[15] Cardozo, R., Faneite, A. & Ferrer, J. **“Elaboración de una mermelada artesanal a partir del pseudofruto del cajuil”**. Revista INIA Divulga, Vol. 36, No. 36, 44-51, (2017). https://www.researchgate.net/publication/319838616_Elaboracion_de_mermelada_a_partir_del_pseudofruto_de_cajuil

[16] Alejos-Pineda, R., Arenas de Moreno, L., Ferrer, J., Castellano, G., Nuñez-Castellano, K. y Pérez-Pérez, E. **“Caracterización fisicoquímica del seudo-fruto de dos tipos de merey (*Anacardium occidentale L.*) De una plantación en Mara, estado Zulia, Venezuela”**. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Vol. 23, No. 2, p. 166, (2022). <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798007/html>

[17] Osuna, J., Guzmán, M., Tovar, B., Mata, M. y Vidal, V. **“Calidad del mango ataulfo producido en Nayarit, México”**. Revista Fitotecnia Mexicana, Vol. 25, No. 3, 367 – 374, (2002).

[18] Briceño, S., Zambrano, J., Materano, W., Quintero, I. y Valera, A. **“Calidad de los frutos de mango bocado, madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica”**. Revista Agronomía Tropical, Vol. 56, No. 4, 461-473, (2005). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000400001

[19] Sulbarán, B.; González, B.; y Fernández, V. **“Caracterización química y actividad antioxidante del pseudofruto de cajuil (*Anacardium occidentale L.*)”**. Revista de la Facultad de Agronomía, Vol. 30, No. 3, 454-469, (2013). https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_septiembre2013/v30n3a2013455469.pdf

[20] Jibaja, L. y Sánchez, J. **“Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de la harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) variedad “Criollo” procedente de la provincia de Sullana en Piura”**. Revista Tecnología & Desarrollo. Vol. 13, No. 1, 023-026, (2015). <https://doi.org/10.18050/td.v13i1.748>

[21] Vásquez, W. **“Biometria y características químicas proximales de la cáscara, pulpa, semilla y almendra del mango común (*Mangifera indica* L.) Estados verde, pintón y maduro, de Yarinacocha”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. UNU, Pucallpa, Perú, (2023).

[22] Zárate-Juárez, M., Bahena-Rodríguez, R., Flores-Castro, A. y Lores-Castro Alejandra, y Rodríguez-Rodríguez, J. **“Evaluación de mango (*Mangifera indica*) fresco en polvo del estado de Guerrero, obtenido mediante el método de secado por liofilización”**. Foro de Estudios sobre Guerrero. Vol. 7 No. 1, 11-18, (2020). <https://revistafesgro.cocytieg.gob.mx/index.php/revista/article/view/520>

[23] Pérez, E. y Granadillo, Y. **“Estudios comparativos del rendimiento del ácido cítrico extraído del limón y la naranja”**. (Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química). Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. (2006).

[24] Rosales, P., y Shirley M. **“Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña”**. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela, (2011).

[25] Maldonado, W. y Liñan, S. **“Comparación del rendimiento del ácido cítrico extraído del semeruco (*Malpighia emarginata*) con respecto al extraído del limón, naranja y piña”**. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela, (2014).