

Artículo Original

**OBTENCIÓN DE BETACAROTENO A PARTIR DEL CAMOTE
TOQUECITA (*IPOMOEA BATATA*)**

**OBTAINING BETA-CAROTENE FROM SWEET POTATO TOQUECITA
(*IPOMOEA BATATA*)**

Cinthia Moreira Buenaventura¹ <https://orcid.org/0000-0003-4849-7768>

Andrea Muñoz García¹ <https://orcid.org/0000-0002-8619-033X>

Francisco Sánchez Plaza² <https://orcid.org/0000-0002-9359-5749>

Wilmer Hernán Ponce Saltos³ <https://orcid.org/0000-0002-4250-5184>

Gabriel Alfonso Burgos Briones^{2*} <https://orcid.org/0000-0002-1291-4083>

¹ Carrera de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

² Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador.

Recibido: Abril 17, 2023; Revisado: Abril 22, 2023; Aceptado: Mayo 2, 2023

RESUMEN

Introducción:

El betacaroteno es un carotenoide presente en frutas, verduras y hortalizas, siendo este un precursor de la vitamina A. La variedad de camote “Toquecita” de pulpa color anaranjada del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Portoviejo, Ecuador, ofrece múltiples beneficios en la salud, en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Objetivo:

Extraer betacaroteno a partir de la variedad de camote “Toquecita” (*Ipomea batata*).

Materiales y Métodos:

Se utilizó el método de extracción por soxhlet, que consistió en una extracción sólido - líquido, mediante solventes orgánicos, y también se utilizó una adaptación de extracción por ultrasonido y centrífuga el cual aprovecha la velocidad de desplazamiento para obtener una parte líquida y otra sedimentada.

Resultados y Discusión:

Los análisis de humedad, cenizas, proteína, lignina, celulosa, hemicelulosa y azúcares reductores dieron resultados que se encuentran dentro de rangos bibliográficos. La



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Gabriel A. Burgos, Email: gabriel.burgos@utm.edu.ec



presencia de beta-caroteno en el camote "Toquecita" por el método de Soxhlet fue 3,962 $\mu\text{G/g}$ betacaroteno en solvente Acetona, 2,452 $\mu\text{G/g}$ betacaroteno en solvente metanol y 6,830 $\mu\text{G/g}$ betacaroteno en solvente hexano. Mediante el método de extracción adaptado (ultrasonido-centrífuga) se obtuvo 131,285 mg/g de betacaroteno.

Conclusiones:

Con el método de extracción de ultrasonido-centrífuga se logró obtener 131,285 Ug/g de betacaroteno, siendo así, el que obtuvo los mejores resultados dentro de los rangos establecidos por otros autores citados en la presente investigación, una de las razones es porque este método no fue expuesto a fuentes de calor ni a la luz, permitiendo así mejores rendimiento en la obtención de betacaroteno.

Palabras clave: betacaroteno; camote; carotenoides; extracción soxhlet; ultrasonido-centrífuga.

ABSTRACT

Introduction:

Beta-carotene is a carotenoid present in fruits, and vegetables; it is a precursor of vitamin A. The sweet potato variety "Toquecita" with orange flesh from the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Portoviejo, Ecuador, offers multiple health benefits in the food, pharmaceutical and cosmetic industries.

Objective:

To obtain beta-carotene from the sweet potato variety "Toquecita" (*Ipomea batata*).

Materials and methods:

The soxhlet extraction method was used, which consisted of a solid-liquid extraction, using organic solvents, and an adaptation of ultrasound and centrifuge extraction was also used, which takes advantage of the displacement speed to obtain a liquid part and a sedimented part.

Results and discussion:

Analyses of moisture, ash, protein, lignin, cellulose, hemicellulose, and reducing sugars gave results within bibliographical ranges. The presence of beta-carotene in the sweet potato "Toquecita" by the Soxhlet method was 3.962 $\mu\text{G/g}$ betacarotene in Acetone solvent, 2.452 $\mu\text{G/g}$ betacarotene in methanol solvent and 6.830 $\mu\text{G/g}$ betacarotene in hexane solvent. Using the adapted extraction method (ultrasonido-centrifuge), 131.285 mg/g beta-carotene was obtained.

Conclusions:

With the ultrasound-centrifuge extraction method, it was possible to obtain 131.285 Ug/g of beta-carotene, being thus, the one that obtained the best results within the ranges established by other authors cited in this research, one of the reasons is because this method was not exposed to heat sources or light, thus allowing better performance in obtaining beta-carotene.

Keywords: betacarotene; sweet potato; carotenoids; soxhlet extraction; ultrasonido-centrifuge.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es conocido por ser un país agrícola, es allí donde nace el interés por los pigmentos naturales siendo una alternativa natural en comparación con los colorantes de síntesis; ofreciendo así beneficios en la fabricación de productos farmacéuticos, alimenticios y cosméticos. De acuerdo con (Díaz y Pelayo, 2008) los colorantes naturales son pigmentos coloreados obtenidos de materias primas principalmente de origen animal y vegetal, aunque también los hay de tipo mineral. Según (Vitale y col., 2010) los carotenoides, son comúnmente conocidos por su amplia aplicación en la industria, dando así realce a su valor nutricional, siendo el betacaroteno uno de más abundantes en las frutas, verduras y hortalizas.

Para (Arguedas y col., 2015) la provitamina A más importante es el β -caroteno tanto en términos de bioactividad como de amplia ocurrencia; también menciona que generalmente todas las muestras de alimentos caroteno-génesis de plantas analizados hasta la fecha contienen β -caroteno como constituyente principal o menor. Estructuralmente, la vitamina A es esencialmente la mitad de la molécula de β -caroteno con una molécula adicional de agua en el extremo de la cadena lateral. Así, el β -caroteno es una potente provitamina A, a la que se le asigna un 100% de actividad.

El β -caroteno juega un rol muy importante en la prevención de enfermedades del sistema inmune y otras enfermedades, como el cáncer de mama, próstata, colorrectal y de pulmón; asimismo, para el tratamiento de la osteoporosis, desórdenes cardiovasculares, salud visual y problemas de sensibilidad en la piel (Singh y col., 2015).

El instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIAP), introduce una nueva variedad de camote con código CIP (centro internacional de la papa) 440045, denominado Toquecita, el color predominante de la piel es anaranjado con intensidad intermedia al igual que su pulpa. En Ecuador no se dispone de variedades mejoradas de camote, actualmente el INIAP presenta esta nueva variedad renovada; tanto en vitaminas como minerales, siendo más productivas que las locales, precoz y gran potencial agroindustrial (Cobeña y col., 2017). Mientras que (CIP, 2016) argumenta que; el camote dentro de su composición nutricional posee un alto contenido de betacaroteno, hierro, zinc. Así mismo (Sacón y col., 2016) concluyen en su investigación que la inclusión de harina de camote en la elaboración de pan, permite obtener un producto con propiedades elásticas y mecánicas parecidas al elaborado con harina de trigo.

Para el desarrollo de la investigación se realizó una caracterización del camote anaranjado "Toquecita" dentro de esta caracterización se hizo análisis proximales de humedad, ceniza, proteína, lignina, celulosa, hemicelulosa y azúcares reductores.

En la presente investigación se aplicaron dos tipos de procesos de extracción: Soxhlet y una adaptación de extracción por ultrasonido y centrífuga para un óptimo rendimiento de betacaroteno, basado en estudios realizados por (Leong y Oey, 2012). La importancia de esta investigación radica en promover el consumo de betacaroteno, dado a que posee grandes beneficios para la salud como: propiedades antienvjecimiento, mejora en la visión, mantener la integridad de la membrana de la piel, mejorar la función inmunológica, reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y suprimir el crecimiento de células malignas, (Mohanraj y Sivansakar, 2014) por lo que se emplea

un método de extracción viable que mantenga las propiedades del betacaroteno. La presente investigación tiene como objetivo extraer betacaroteno a partir de la variedad de camote “Toquecita” (*Ipomea batata*).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Bromatología y Calidad de la Estación Experimental Portoviejo INIAP, coordenadas geográficas (1.1246548, 80.4137515) y el laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, Quito, coordenadas geográficas (0.3683737, 78.5550167).

Los métodos experimentales empleados son la técnica extracción sólido – líquido (extracción por Soxhlet y extracción ultrasonido – centrífuga).

2.1. Caracterización

2.1.1. Contenido de humedad

La técnica para cuantificar el contenido de humedad en una muestra, es la determinación gravimétrica, obtenidas de la Norma INEN – ISO 1666, (2014). La muestra se somete a calentamiento en una estufa a 80°C y luego se mide la pérdida de peso debido a la volatilización del agua. Para la aplicación de la técnica se requieren tiempos prolongados de secado en la estufa, entre 3 y 16 horas, dependiendo de la composición de la matriz y temperatura. Se tara la balanza y se pesa 1g de la muestra, se registra la temperatura, tiempo y peso de la muestra húmeda y seca. Se determina el porcentaje de humedad con la ecuación 2:

$$P_a = Ph - P_s \quad (1)$$

$$\%h = \frac{P_a}{P_h} * 100 \quad (2)$$

P_a = Peso del agua (g).

Ph = Peso del material húmedo (g).

P_s = Peso del material sec (g).

$\%h$ = Porcentaje de humedad (%).

2.1.2. Contenido de cenizas

En la Tabla 1, se muestran los pesos obtenidos del crisol y de las muestras antes y después de ser sometidas al calor. Para determinar cenizas se realizó con la técnica gravimétrica basados en la (AOAC, 2023) y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1118, (1984). Se pesa 1,0 g de la muestra de camote Toquecita y se coloca en un crisol previamente pesado, se ubica el crisol en la estufa a una temperatura de 550°C durante 1 hora a 3 horas, enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta que este tenga peso constante y se calcula el porcentaje con la ecuación 3:

$$\%Cenizas = \frac{Peso\ de\ cenizas\ (g) * 100}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)} \quad (3)$$

Tabla 1. Peso de muestras para contenido de cenizas

Muestra 1	Peso del crisol	19,4196 g
	Peso de la muestra	2,0610 g
	Peso de la ceniza	19,3935 g

Muestra 2	Peso del crisol	19,3767 g
	Peso de la muestra	1,7203 g
	Peso de la ceniza	19,4400 g

2.1.3. Contenido de proteína

Para determinar el porcentaje de proteína se utilizó la técnica de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 20483, (2013) y la (AOAC, 2023), donde se pesa exactamente 1g de la muestra seca de camote anaranjado y se le añade la pastilla más 1 ml de ácido sulfúrico en tubos de ensayos, estos se llevan a digestión por 1 hora hasta que el color de la muestra se torne a un verde claro. Posteriormente se lleva la muestra a un equipo de destilación en el cual se le agrega a la muestra 50 ml de agua. En un vaso Erlenmeyer se agregan 40 ml de ácido bórico al 4 % donde las moléculas de amoníaco quedan atrapadas para luego ser tituladas y comprobar el porcentaje de proteína mediante la ecuación 4:

$$\%proteína = \frac{((AG)-factor)}{PM} * 100 \quad (4)$$

AG-F=Ácido gastado – blanco (L).

F= factor (obtenido de la normalidad del ácido) (g/L).

PM= peso de la muestra (g).

2.1.4. Determinación de celulosa

Según (Domínguez y col., 2012) se toma 1,0 g de la muestra, se le añaden 15 ml de ácido acético al 80% de concentración, se añade 1,5 ml de ácido nítrico y se lleva a agitación constante durante 20 minutos. La muestra tratada se filtra y se lava con etanol, se seca en una estufa con temperatura de 100-105 °C con un tiempo de 3 horas con 30 minutos y se pesa (material A). Se procede a la incineración en una mufla a una temperatura de 540 °C (material B) se deja secar en un desecador y finalmente se pesa. El cálculo necesario para la determinación de celulosa se lo realiza con la ecuación 5:

$$\%Celulosa = \frac{mtl A - mtl B}{P.de la muestra} * 100 \quad (5)$$

mtl = Material (g).

2.1.5. Determinación de lignina

Según (Domínguez y col., 2012) se pesa 1,0 g de la muestra, se añaden 70 ml de solución al 1,5 % de ácido sulfúrico y se lleva a agitación constante por 2 h, se filtra y se lava con agua destilada. A este material se le añaden 30 ml de una solución al 72% de ácido sulfúrico a agitación o durante 4 h. La muestra tratada se filtra y se lava con agua destilada, se seca en estufa a una temperatura de 100-105 °C durante 2 h y se pesa (material C) se procede a la incineración a 540 °C (material D), se deja secar en un desecador y se procede a pesar. Para la determinación del porcentaje de lignina se utiliza la ecuación 6:

$$\%Lignina = \frac{mtl C - mtl D}{peso de la muestra} * 100 \quad (6)$$

mtl = Material (g).

2.1.6. Determinación de Holo celulosa/Hemi celulosa

Según el método de (Wise y col., 1946) se toman 2 g de nuestra muestra libre de extractos y se coloca en un matraz de 500 ml, se añaden 160 ml de agua destilada, 1 g de clorito de sodio y 0,2 ml de ácido acético; se introduce en un baño de agua entre 70-80°C. Pasado 1 h se vuelve añadir 1 g de clorito de sodio y 0,2 ml de ácido acético, se repite este proceso al menos tres veces durante 3 h hasta que la muestra se torne blanca. Se espera 1 h después de la última adición hasta que se enfríe en un baño de hielo hasta que alcance 10°C, se filtra la muestra y se lava con 500 ml de agua destilada fría, se recoge el residuo y se introduce en un crisol previamente pesado, se procede a secar a 105 ±3 °C durante 3 h hasta peso constante, el contenido de Holo-celulosa se calcula mediante la ecuación 7:

$$\%Holo\text{celulosa} = \frac{\text{peso del residuo seco (g)}}{\text{Peso de la muestra original libre de extracto (g)}} * 100 \quad (7)$$

Sabiendo que es la suma de Hemi-celulosa y celulosa, se despeja Hemi-celulosa.

$$\%Hemicelulosa = \%Holo\text{celulosa} - \%Celulosa \quad (8)$$

2.1.7. Determinación de azúcares reductores

Según la norma INEN 1707, (2012), se pesan 4 g de muestra y se disuelven con 50 ml de agua destilada agitando con una varilla de vidrio, luego se agregan 16 ml de EDTA al 4% y se transfiere la mezcla a un matraz de 250 ml aforándolo con agua destilada. Cuando el material es muy viscoso se calienta previamente en un baño de maría a 50°C por 6 horas. Luego se toman 100 ml de la muestra preparada, tomar con la pipeta 5 ml de la solución Fehling A y 5 ml de solución Fehling B en un matraz Erlenmeyer, añadir un poco de piedra pómez y 5 gotas de parafina líquida. Con la bureta adicionar 15 ml de la solución muestra a la solución de Fehling, se calienta la mezcla hasta alcanzar la ebullición si el color no ha sido reducido se vuelve a adicionar 5 ml de la solución de Fehling hasta que el color original del reactivo se desaparezca. Luego se titula añadiendo de 3 a 4 gotas de azul de metileno hasta que el indicador esté completamente decolorado.

Para obtener el porcentaje de azúcares reductores se utiliza la ecuación 9:

$$AR = \frac{a*0.5}{m} \quad (9)$$

AR: porcentaje de azúcares reductores en la mezcla (%).

a: miligramos de azúcar invertidos por cada 100 ml de disolución (mg).

m: masa original de camote en grasa (mg).

2.2. Extracción de Beta-caroteno

2.2.1. Método de Soxhlet

Para la obtención del betacaroteno se seleccionaron aproximadamente 5 kilos de camote anaranjado “Toquecita”, al cual se le eliminan las impurezas para luego proceder a la fase de trituration, posterior a esto se lleva a secar la muestra a una estufa con una temperatura de 40°C a 60°C por 8 horas continuas, porque según (Camacho y col., 2004) la elevación de la temperatura ocasiona un bajo rendimiento de carotenoides, los mismos que son sensibles a temperaturas altas y la luz. El camote libre de humedad se lleva a triturar y por último a tamizar obteniendo una muestra fina parecido al almidón.

Para la extracción se utilizó el método de (Ortiz y Mamani, 2015) extracción continua mediante un equipo extractor Soxhlet, en la cual se pesaron 50 g de la muestra seca y tamizada que se ubican en el cilindro con peso conocido. Los solventes a utilizar son hexano, acetona y metanol realizando el mismo procedimiento con los tres tipos de solvente ya mencionados. El cilindro se llenó con 250 ml de solvente (la mitad de la capacidad del balón) y colocado en la manta de calefacción, se realiza la extracción continua hasta observar que el solvente que cae del sifón sea de un color cristalino (cortar la extracción) aproximadamente se realizan de 12 a 20 sifonadas.

El extracto obtenido en el balón se lleva a una destilación sencilla para recuperar el solvente empleado, el extracto natural obtenido es de 30 ml aproximados el mismo que es depositado en un envase de vidrio color ámbar para protegerlo de la luz. En la Figura 1 se muestra el proceso sobre la extracción del betacaroteno por Soxhlet.

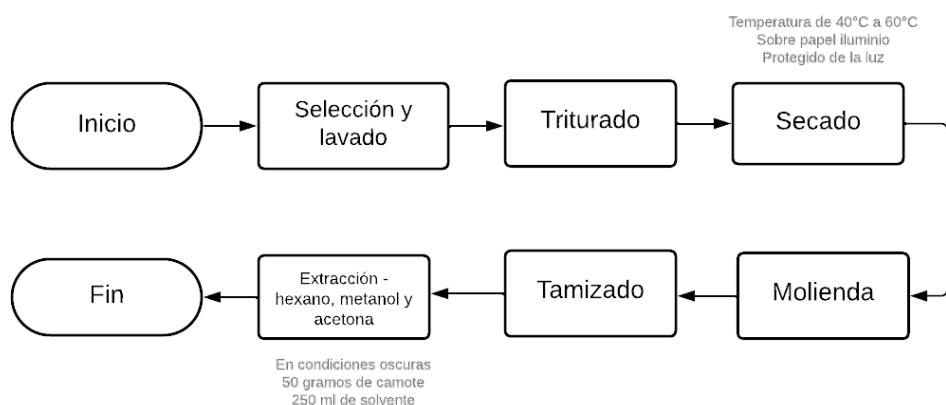


Figura 1. Diagrama de proceso de extracción de betacaroteno por Soxhlet

2.2.2. Método de extracción ultrasonido-centrífuga

Según (Alcívar y col., 2021) el ultrasonido es un método para la obtención de extractos a los aplicados convencionalmente en las técnicas de extracción, procesamiento y conservación y que ofrece ventajas en términos de productividad, rendimiento y selectividad ya que generan mejores tiempos de procesos. Para la extracción se basa en el método de (Leong y Oey, 2012) al cual se le realiza algunas modificaciones recomendadas por el laboratorio de nutrición y calidad de la estación experimental Santa Catalina, Quito. Se pesó aproximadamente 0,2 g de muestra liofilizada en un tubo de vidrio para centrífuga protegida de la luz, se adicionan 5 ml de solución extractora (mezcla de 50% hexano, 25% etanol, 25% acetona y 0,1% BHT (v/v)) y colocar una bola de cerámica. Se llevó las muestras al equipo FastPrep por un minuto a una velocidad de 6,5 m/s, sonificar en un ultrasonido por 10 minutos y centrifugar por 10 minutos más, luego se traslada la fase orgánica a un balón ámbar de 25 ml, en el mismo tubo se añaden nuevamente 5ml de solución extractora y se repite todo el proceso desde la agitación, se realizan los ciclos hasta que la extracción se observe completamente incolora. Una vez terminado el proceso se afora con solución extractora el balón de 25 ml, que contiene la muestra, se mide en un espectrofotómetro UV – visible Shimadzu a 450 nm. Los resultados obtenidos se expresan en $\mu\text{gBetacaroteno/g}$. En la Figura 2 se aprecia el proceso de la obtención del betacaroteno por el método del Ultrasonido - Centrífuga.

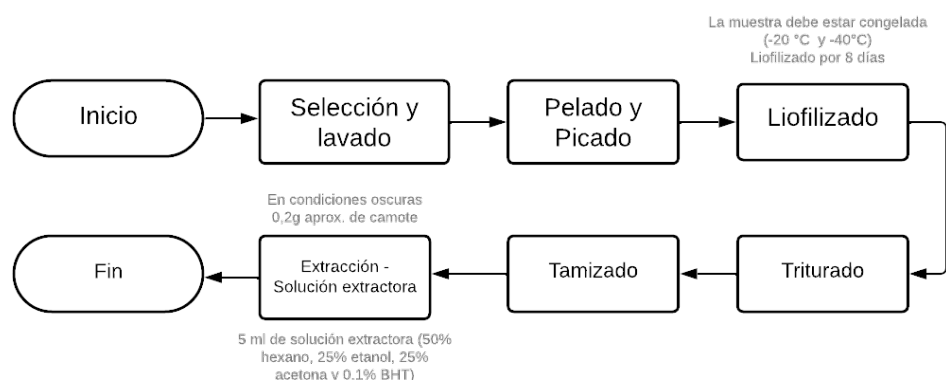


Figura 2. Diagrama de proceso de extracción de betacaroteno por Ultrasonido-Centrífuga

2.3. Identificación del betacaroteno

2.3.1. Análisis cualitativo

Se puede observar que el extracto natural obtenido posee características similares que la muestra de beta-caroteno patrón CAS RN: 7235-40-7 de la marca TCI (Tokyo Chemical Industry CO., LTD). En la Tabla 2, se describe el análisis cualitativo del betacaroteno como; olor, color, sabor y textura obtenido por los dos métodos de extracción empleados.

Tabla 2. Características cualitativas de los extractos obtenidos en el laboratorio

<i>Extracción Soxhlet</i>	<i>Extracción ultrasonido - centrífuga</i>	<i>Extracción Soxhlet de Ortiz y Mamani, (2015)</i>
Olor: característico	Olor: característico	Olor: característico
Sabor: característico	Sabor: característico	Sabor: característico
Color: anaranjado rojizo	Color: amarillo intenso	Color: rojo intenso
Textura: líquido aceitoso	Textura: líquida	Textura: líquido aceitoso

2.3.2. Análisis cuantitativo

Para el análisis cuantitativo de ambos métodos se utilizó el espectrofotómetro UV-2600 de la marca SHIMADZU, para esto se pesaron 5 mg de betacaroteno patrón y se disolvieron en 50 ml de solvente hexano. Se tomó 0,1 ml de la solución madre y se aforó a 5 ml de hexano. Se prepararon 6 disoluciones con concentraciones de 0,25; 0,50; 0,75; 1; 1,25 y 1,50 (ppm) y se llevan al espectrofotómetro en un rango de longitud de 450 nm, según la Norma INEN 275, (2013). En *Microsoft Excel* se graficó la curva de calibración con un R^2 de 0,998.

Se realizaron tres disoluciones del extracto de betacaroteno obtenido del camote por triplicado las cuales fueron llevadas al espectrofotómetro para medir la absorbancia de cada una y mediante el *Microsoft Excel* se obtiene la concentración de betacaroteno obtenido en unidades de $\mu\text{g/g}$, con la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración de betacaroteno} = C_{inter} \times V \times FD / \text{Peso} \quad (10)$$

C_{inter} = Concentración interpolada del betacaroteno patrón (mg/L).

V = Volumen de disolución (L).

FD = Factor de dilución (Sin unidades).

Peso = Peso de la muestra de camote (g).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se reportan los resultados de los porcentajes obtenidos de humedad, cenizas, proteína, celulosa, lignina, azúcares reductores y hemicelulosa que se le realizó al camote crudo y se realiza la comparación con resultados obtenidos por otros autores, debido a que la normativa ecuatoriana vigente solo indica técnicas más no resultados.

Tabla 3. Análisis proximales obtenidos al camote anaranjado Toquecita

<i>Análisis</i>	<i>Porcentajes obtenidos</i>	<i>Porcentajes teóricos según autores</i>
Humedad	75,49 %	75,39%
Cenizas	2,45%	3,69%
Proteína	1,32%	1,57%
Celulosa	5,66%	7%
Lignina	4,71%	7%
Azúcares reductores	1,19%	7,7%
Hemicelulosa	1,06%	7%

Según los datos de (Cobeña y col., 2017), la humedad del camote es de 75,39%, mientras que, los datos obtenidos por en la presente investigación son de 75,4783 % dando lugar a resultados verificados. El camote morado conocido usualmente en Ecuador presenta una humedad de 67,99%, permaneciendo así dentro de los rangos bibliográficos y experimentales, Triviño (2021).

Los valores obtenidos en el análisis de cenizas fueron de 2,4969 % siendo similares al manual técnico del cultivo de camote de la estación experimental INIAP con un porcentaje de 3,69 %. El porcentaje de celulosa obtenido es de 2,0922 %, asimismo el valor obtenido de hemicelulosa es de 1,0560% encontrándose dentro del rango del 7% establecido por Guzmán (2021), en donde afirma que esta fibra está constituida principalmente de celulosa, hemicelulosa, pectina y en menor medida de lignina. De igual manera, la lignina bajo una serie triplicada de muestra obtuvo un promedio de 0,4254 %. En los análisis de proteína, se obtuvo 1,32%, siendo un valor estándar dentro de los parámetros bibliográficos. Según Aldaz (2015), el porcentaje de proteína en camote es de 1,57%.

El contenido de azúcares reductores es de 1,19%; según los valores obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango emitido según un estudio realizado por Aliaga y Nieto, (2009).

Los datos de los análisis proximales realizados al camote anaranjado “Toquecita” crudo (*Ipomoea batata L.*) se presenta en la tabla 3, los cuales son similares a los que reporta en el libro Manual Técnico del Cultivo de Camote (Cobeña y col., 2017) y también otros autores según lo citado en la bibliografía, demostrando así características y valores nutricionales que complementan el estudio del betacaroteno en el camote “Toquecita”,

ya que están directamente relacionados con los beneficios que este camote presenta.

Antes de realizar la parte experimental se tuvo en cuenta que, los carotenoides son por naturaleza altamente inestables, porque son termolábiles y foto lábiles, así mismo tienden a oxidarse con la luz y la atmósfera, es por esto que, las muestras fueron sometidas a liofilización por 8 días laborables, para el proceso de extracción adaptado (ultrasonido-centrífuga) emitido por (Leong y Oey, 2012), obteniendo así una menor cantidad de fitoquímicos, mientras que, las muestras que se utilizaron para la extracción Soxhlet fueron sometidas a estufa a temperatura de 60°C durante dos semanas, luego extracción del betacaroteno y destilación del solvente según lo indicado por (Ortiz y Mamani, 2015).

Según la investigación realizada por Van y col., (2006), el camote “Toquecita” presentó valores de betacaroteno que se encuentran dentro de los rangos de 132 a 194 $\mu\text{g/g}$, los cuales se extrajeron utilizando el mismo método de extracción por ultrasonido-centrífuga y analizado por HPLC.

En la Tabla 4, se describe el contenido de betacaroteno obtenidos por (Carpio y col., 2017) según el tratamiento de cocción que se empleó.

Tabla 4. Contenido de betacaroteno según la cocción del camote

<i>Tratamiento de cocción</i>	<i>Contenido de betacaroteno (mg/100g pf)</i>	
	<i>Valor mínimo</i>	<i>Valor máximo</i>
Crudo	11,38	24,72
Ebullición	10,29	20,52
Horneado	9,12	19,68

En la Figura 3 se graficó una curva de calibración elaborada en *Microsoft Excel* luego de varias pruebas de estandarización en el espectrofotómetro UV-2600, los puntos se ajustan a un $R^2 = 0,998$.

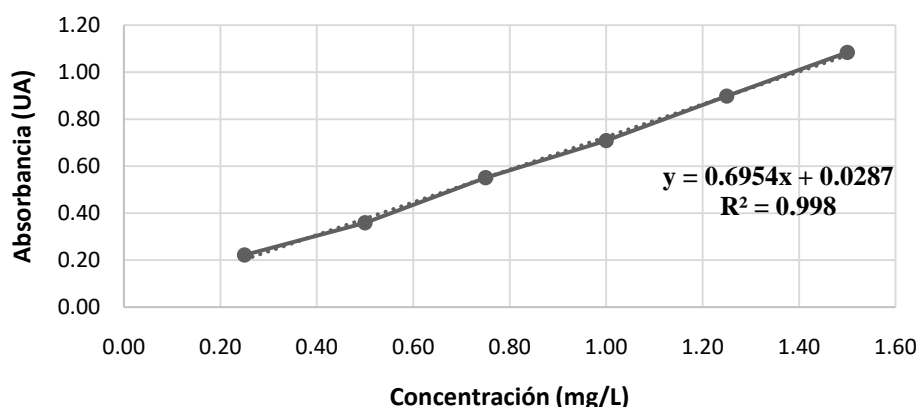


Figura 3. Curva de calibración del betacaroteno patrón

En la tabla 5, se aprecia los resultados de $\mu\text{g/g}$ de betacaroteno obtenidos en ambos métodos con los solventes empleados. Cuantitativamente se obtuvo mediante el método de Soxhlet 3,962 $\mu\text{g/g}$ de betacaroteno con el solvente Acetona, 2,452 $\mu\text{g/g}$ de betacaroteno con el solvente metanol y 6,830 $\mu\text{g/g}$ de betacaroteno con el solvente hexano. Mediante el método de extracción adaptado (ultrasonido-centrífuga) se adquirió

por triplicado 128,684; 132,598 y 132,572 (μg de betacaroteno/ g) para una media de 131,285.

Tabla 5. Valores obtenidos de $\mu\text{g}/\text{g}$ de betacaroteno

<i>Método</i>	<i>Solvente</i>	<i>$\mu\text{g}/\text{g}$ betacaroteno</i>
Soxhlet	Acetona	3,962
	Metanol	2,452
	Hexano	6,830
Ultrasonido-Centrífuga	Solución Extractora	131,285

En la Tabla 6, se muestran los valores de betacaroteno obtenidos por varios autores en $\mu\text{g}/\text{g}$ de pulpa seca, los mismos que mediante el método de Soxhlet no se encuentran dentro de los rangos establecidos por los autores, por lo tanto, no se recomienda este método de extracción para betacaroteno, ya que los resultados que se obtendrán no serán los esperados, sin embargo, los análisis obtenidos de $\mu\text{g}/\text{g}$ de betacaroteno mediante método de extracción adaptado ultrasonido - centrífuga sí se encuentran dentro de los rangos expuestos, entendiéndose así que el método de extracción arrojó resultados positivos y sobre todo certifica la teoría de que cualitativamente sí existía betacaroteno en el camote “Toquecita”, dando respaldo, a una hipótesis que fue comprobada.

Tabla 6. Valores obtenidos de $\mu\text{g}/\text{g}$ de betacaroteno por otros autores

<i>Referencias Bibliográficas</i>	<i>$\mu\text{g}/\text{g}$ betacaroteno</i>
Van y col., (2006)	132-194
Carpio y col., (2017)	76,2-176,9
CIP (2016)	10-260

4. CONCLUSIONES

La cuantificación de betacaroteno en el camote anaranjado de variedad “Toquecita” realizado mediante la extracción por dos métodos demuestra que:

1. Los valores obtenidos de betacaroteno en el camote “Toquecita” mediante el método de extracción soxhlet no fueron los esperados, debido a la degradación de carotenoides a causa de la temperatura empleada en el método, debido a que, son foto lábiles como termolábiles y tienden a oxidarse si no se protegen de la luz y atmósfera.
2. Los resultados de la extracción de betacaroteno mediante el método adaptado fueron favorables ya que el camote no fue expuesto a fuentes de calor ni a la luz, permitiendo así un mejor rendimiento con valores de $135,776 \mu\text{g}/\text{g}$ de betacaroteno los cuales se encuentran dentro de los rangos expuestos en la tabla 6.
3. El consumo del camote “Toquecita” es favorable para el ser humano debido a que este posee dentro de sus nutrientes betacaroteno, el cual es un carotenoide de vital importancia siendo el precursor de la vitamina A.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de la Estación Experimental de Portoviejo (EEP), al laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina y al Programa Coreano en Agricultura Internacional (KOPIA) por el interés, colaboración y financiamiento para la ejecución de dicha investigación, así como también se agradece de sobremana a la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí.

REFERENCIAS

- Alcívar, U., Burgos, G., Daza, A., y Lucas, M., Efecto del ultrasonido en el rendimiento y composición fitoquímica de los extractos de lippia alba (Mill) N.E. Brown., Revista Colon Ciencias, Tecnologías, Negocios, Vol. 8, No. 1, 2021, pp. 47-59. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v8n1a4>
- Aldaz, K., Estudio de la situación actual y comercialización de camote en el Ecuador., Tesis presentada en opción para el título de Ingeniera en Comercio y Finanzas Internacionales Bilingüe, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2015. <http://201.159.223.180/bitstream/3317/5885/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-229.pdf>
- Aliaga, P., y Nieto, C., Contenido de azúcares de diez camotes (*Ipomoea batatas* (L) Lam) de la colección de germoplasma., UNALAM, Vol. 70, No. 2, 2009, pp. 7-8. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/493/483>
- Arguedas, P., Mora, J., y Sanabria, J., Comparación del contenido de carotenoides en productos nutraceuticos elaborados a partir de dos variedades de camote y yuca., Tecnología en marcha, Vol. 28, No. 4, 2015, pp. 42-53. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/citationstylelanguage/get/modern-language-association?submissionId=2442&publicationId=2000
- AOAC., Métodos Oficiales de Análisis de AOAC Internacional 22ª., 2023. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Camacho, B., Moreno, M., Alemán, R., & Álvarez, F., Efecto de la temperatura de secado sobre la degradación de carotenoides en frutos de coroba., Ciencia y Tecnología Alimentaria, Vol. 4, No. 3, 2004, pp. 206-210. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11358120409487762>
- Carpio, R., Sotelo, A., y Gruneberg, W., Contenido de betacaroteno, hierro y zinc, efecto de almacenamiento y tipo de cocción en genotipos de camote *Ipomoea batatas* L., Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, Vol. 28, No. 2, 2017, pp. 242-254. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13076>
- CIP., Centro Internacional de la papa., El camote y la nutrición, Lima, Perú. 2016. <https://cipotato.org/es/programas-de-investigacion/camote/sweetpotato-nutrition/>
- Cobeña, G., Cañarte, E., Mendoza, A., Cárdenas, F., y Guzman, A., Manual Técnico del Cultivo de Camote: Instituto nacional de investigaciones agropecuarias., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Hums, 2017, pp. 67-83. <https://doi.org/978-9942-8595-9-4>
- Díaz, M., y Pelayo, A., Obtención de un colorante natural para alimentos a partir de la
-

- zanahoria., Tesis presentada en opción al Grado de Ingeniero Químico, Especialidad Ingeniería Química en la Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela, 2008. <https://es.scribd.com/document/324723682/Obtencion-de-un-colorante-natural-para-alimentos-a-partir-de-la-zanahoria-pdf#>
- Domínguez, M., Alvarez, A., Granados, M., y Hernández, F., Estudio de la cinética del pretratamiento e hidrólisis ácida del bagazo de caña de azúcar., Iberoamericana de Polímeros, Vol. 13, No. 4, 2012, pp. 203-211. <file:///C:/Users/GAD%20Eloy%20Alfaro/Downloads/138613200207070735.pdf>
- Guzmán, H., Características fisicoquímicas, propiedades nutricionales, compuestos fitoquímicos y actividad antioxidante de variedades de camote (*ipomoea batatas N. Lam.*) Cultivadas en Milpas del estado de Yucatán., Tesis presentada en opción al Grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, Instituto Nacional Tecnológico de Conkal, México, 2021. https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4387/1/Repositorio_Harumi.pdf
- INEN, 275., Norma Técnica Ecuatoriana, Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Margarina, Determinación del contenido de vitamina A., Septiembre, 2013, pp. 3-14. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/275-1R.pdf>
- INEN-ISO, 1666., Norma Técnica Ecuatoriana, Almidones y féculas, determinación del contenido de humedad, método de desecación en estufa., Enero, 2014, pp. 3-5. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_1666.pdf
- INEN, 1118., Norma Técnica Ecuatoriana, Determinación de las cenizas insolubles en ácido., Abril, 1984, pp. 2-7. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1118.pdf>
- INEN-ISO, 20483., Norma Técnica Ecuatoriana, Cereales y leguminosas, determinación del contenido en nitrógeno y cálculo del contenido de proteína bruta, método de Kjeldahl (IDT)., Septiembre, 2013, pp. 6-14. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_20483.extracto.pdf
- Leong, Y., & Oey, I., Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables., Food Chemistry, Vol. 133, No. 4, 2012, pp. 1577-1587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.052>
- Mohanraj, R., y Sivansakar, S., Camote (*Ipomoea batatas [L.] Lam*): un valioso alimento medicinal: una revisión., Journal of Medicinal Food, Vol. 17, No. 7, 2014, pp. 733-741. <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.2818>
- NTE-INEN, 1707., Norma Técnica Ecuatoriana., Alimentos zootécnicos, melazas: Determinación de azúcares totales expresados como reductores., Noviembre, 2012, pp. 3-12. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1707-C.pdf>
- Ortiz, A., y Mamani, M., Obtención de beta-caroteno a partir de la zanahoria y su aplicación en la industria alimenticia., Tesis presentada en opción al Grado de Ingeniero en Químico Industrial, Especialidad Ingeniería en Química Industrial en la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, 2015. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9307>
- Sacón, E.F., , Rivadeneira, G.F., Dueñas, A.A, Alcívar, U.E., Zambrano, J.F., & López, N., Evaluación de las propiedades elásticas y mecánicas de una masa de pan con sustitución de harina de camote (*ipomoea batata*)., Centro Azúcar , Vol. 43, No. 4, 2016, pp. 42-49. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-
-

[48612016000400005&Ing=en&tIng=es](https://doi.org/10.1039/C5RA10243J)

- Singh, A., Ahmad, S., & Ahmad, A., Green extraction methods and environmental applications of carotenoids-a review., RSC advances, Vol. 5, No. 77, 2015, pp. 1-95. <https://doi.org/10.1039/C5RA10243J>
- Triviño, J., Influencia del camote (Ipomoea batatas) y cáscara de maracuyá (Passiflora edulis) en bebida de soya (Glycine max)., Tesis presentada en opción al grado de Ingeniero Agrícola, Especialidad Ingeniería Agrícola en la Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, 2021. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VILLAGO%20TRIVIÑO%20JORGE%20OLUIS.pdf>
- Van, J., Wet, M., Harmse, N., & Rodríguez, A., Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato., Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 19, No. 4, 2006, pp. 321-329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.10.007>
- Vitale, A., Bernatene, E., & Pomilio, A., Carotenoides en quimioprevención: Licopeno., Acta bioquímica clínica latinoamericana, Vol. 44, No. 2, 2010, pp. 195-238. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572010000200005
- Wise, L., Marphy, M., & Adieco, A., Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and studies on the hemicelluloses., Scinapse, Vol. 122, No. 2, 1946, pp. 35-43. <https://www.scinapse.io/papers/1484916491>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Estud. Cinthia Moreira Buenaventura. Investigación, conceptualización, análisis formal y redacción - primera redacción.
 - Estud. Andrea Muñoz García. Investigación, conceptualización, análisis formal y redacción - primera redacción.
 - M.Sc. Francisco Sánchez Plaza. Supervisión.
 - M.Sc. Wilmer Hernán Ponce Saltos. Análisis formal, validación.
 - M.Sc. Gabriel Alfonso Burgos Briones. Análisis formal, redacción - revisión y edición.
-