



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha
ISSN: 1665-0204
rbaez@ciad.mx
Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de camote provenientes de Manabí-Ecuador

Armijos, Gabriela; Villacrés, Elena; Quelal, María Belén; Cobeña, Gloria; Álvarez, Javier
Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de camote provenientes de Manabí-Ecuador
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 21, núm. 2, 2020
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81365122009>

Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de camote provenientes de Manabí-Ecuador

Physico-chemical and functional evaluation of seven varieties of sweet potato from Manabí-Ecuador

*Gabriela Armijos*¹
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias,
Ecuador
gabyarmijos@gmail.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81365122009>

*Elena Villacrés*²
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias,
Ecuador
elena.villacres@gob.ec

*María Belén Quelal*³
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias,
Ecuador
maría.quelal@iniap.gob.ec

*Gloria Cobeña*⁴
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias,
Ecuador
gloria.cobena@iniap.gob.ec

*Javier Álvarez*⁵
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias,
Ecuador
javier-084@hotmail.com

Recepción: 09 Julio 2020
Aprobación: 06 Septiembre 2020
Publicación: 31 Diciembre 2020

RESUMEN:

La presente investigación se enfocó en la caracterización físico-química y funcional de siete variedades de camote en estado crudo y cocido provenientes de la Estación Experimental Portoviejo-INIAP, Manabí, Ecuador. Las variedades de camote estudiadas

NOTAS DE AUTOR

- 1 Estación Experimental Santa Catalina-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Panamericana Sur, km1, Mejía Ecuador. E-mail: gabyarmijos@gmail.com. Teléfono: + (593 2) 3006524
- 2 Estación Experimental Santa Catalina-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Panamericana Sur, km1, Mejía Ecuador. E-mail: elena.villacres@gob.ec. Teléfono: + (593 2) 3006524
- 3 Estación Experimental Santa Catalina-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Panamericana Sur, km1, Mejía Ecuador. E-mail: maría.quelal@iniap.gob.ec. Teléfono: + (593 2) 3006524
- 4 Estación Experimental Portoviejo-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Panamericana Sur, Km 12 vía Santa Ana, Portoviejo, Ecuador. E-mail: gloria.cobena@iniap.gob.ec. Teléfono: +(593 5) 2420556
- 5 Estación Experimental Santa Catalina-Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Panamericana Sur, km1, Mejía Ecuador. E-mail: javier-084@hotmail.com. Teléfono: +(593 2) 3007134

presentaron diferentes tonalidades de color (amarillo, naranja y morado), que influyó en las diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre variedades. El valor de proteína y grasa no fue significativo por ser una planta de tipo tuberosa; sin embargo, el camote presentó un importante contenido de almidón entre 48.20-66.97 (g/100g base seca) y fibra dietética. Con respecto a los compuestos bioactivos, las antocianinas se destacan sobre todo en las variedades de pulpa morada (204.68-109.04 mg/100g), la mayor capacidad antioxidante se registró en la variedad de camote Morado Brasil (16661.44 μg trolox equivalente/g); con la aplicación del proceso térmico de cocción incidió en la disminución de estos compuestos y su capacidad antioxidante. Sin embargo, los resultados mostraron que las variedades de camote estudiadas pueden ser utilizadas como harinas en la formulación de alimentos o en la industria de panificación.

PALABRAS CLAVE: almidón, cocción, capacidad antioxidante, fibra dietética, tubérculo.

ABSTRACT:

The present research focused in the physical-chemical and functional characterization of seven varieties of sweet potato in raw and cooked condition from Estación Experimental Portoviejo-INIAP, Manabí, Ecuador. The varieties of studied sweet potato presented different color tonalities (yellow, orange and purple), they influenced in the significant statistical differences ($p < 0.05$) between varieties. The protein and fat value was not significant for being a tuberous plant; however, the sweet potato presented important starch content between 48.20-66.97 (g/100g dry basis) and dietetic fiber. With respect to bioactive compounds, the anthocyanins emphasized especially in purple fleshed varieties (204.68-109.04 mg/100g), the highest antioxidant capacity searched in Morado Brasil sweet potato variety (16661.44 μg of equivalents of trolox/g); with application of thermal cooking process affected the decrease of these compounds and their antioxidant capacity. However, the results showed that sweet potato studied varieties can be used as flours in food formulation or baking industry.

KEYWORDS: starch, cooking, antioxidant capacity, dietary fiber, tuber.

INTRODUCCION

El camote (*Ipomoea batata*) es un tubérculo tradicional en América. Su expansión a nivel mundial ocurrió muy rápido con la llegada de los españoles a América. Actualmente, constituye un cultivo importante en Asia y África. El tubérculo se adapta en áreas tropicales, subtropicales y templadas; podría contribuir a solucionar los problemas de seguridad alimentaria (Basurto, y otros 2015). En el Ecuador, su producción y consumo se concentra en los sectores rurales de la Costa, Sierra y Amazonía, se agrupa de acuerdo al color de la pulpa: anaranjada, amarilla, blanca y morada (Cobeña, y otros 2017).

Desde el punto de vista nutricional, es considerado como un alimento energético por su contenido de azúcares, también posee carbohidratos no digeribles para el organismo humano en forma de celulosa y hemicelulosa; el aporte de proteína es bajo, pero contiene aminoácidos esenciales ideales para el adecuado funcionamiento del organismo (Vidal, y otros 2018). De igual forma, se destaca el contenido de vitaminas y minerales; posee compuestos activos como carotenoides, ácido ascórbico y polifenoles sobre todo antocianinas (cianidina) y ácidos fenólicos (ácido clorogénico) (Zannou, y otros 2017). Aunque existen diferencias en su composición química debido a la variedad, estado de maduración, condiciones del suelo y clima, época de producción y los periodos de conservación en el depósito (Cobeña, y otros 2017). Varios estudios han demostrado que el camote además de brindar aportes nutricionales, se utiliza como cardioprotector, hepatoprotector, anticancerígeno, antidiabético y antiulcerogénico debido a sus sustancias bioactivas (Vidal, y otros 2018).

El camote se consume cocido, al vapor, frito, horneado o en microondas, sin embargo el procesamiento térmico puede causar cambios en las características físicas y químicas de los tubérculos (Wang y Kays, 2001), sobre todo de compuestos funcionales y su capacidad antioxidante; no existe ningún método de cocción que pueda retener la mayor cantidad de sustancias bioactivas; pero se puede optar por alternativas culinarias que favorezcan una mayor retención de estos compuestos (Tang, y otros 2015). El objetivo del estudio fue evaluar las características físicas, químicas y funcionales de siete variedades de camote (Zapallo, Pedrito, Morado Ecuador, Morado Brasil, Guayaco Morado, Philipino y Toquecita) cultivadas en la Estación Experimental Portoviejo-INIAP, Manabí, Ecuador, y establecer la influencia de la cocción sobre estos compuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

En la investigación, se trabajó con siete variedades de camote (Zapallo, Pedrito, Morado Ecuador, Morado Brasil, Guayaco Morado, Philipino y Toquecita), las cuales fueron proporcionadas por el Programa de Camote de la Estación Experimental Portoviejo-INIAP, Manabí, Ecuador.

Preparación de muestras

El camote fue sometido a operaciones de limpieza y clasificación. Una parte de las muestras fueron cortadas y colocadas en bandejas de aluminio. Las mismas fueron congeladas por 24 horas. Los tubérculos se liofilizaron en un liofilizador (Labconco Lyph Lock 12, Kansas, U.S) a una temperatura (-30°C) y presión (-0.9 bares). Otra porción de muestras se sometió a un proceso de cocción, el cual consistió en sumergir los camotes en agua hirviendo (92 °C), hasta que presenten una textura blanda, aproximadamente entre 35-50 min dependiendo de la variedad. Los camotes fueron cortados y colocados en bandejas, y se aplicó el mismo procedimiento que las muestras frescas. Las muestras secas se molieron en un molino (Retsch KG -5657, Hann, Alemania), provisto de un tamiz (U.S malla 60), que alcanza un polvo fino de 250 µm; posteriormente fueron empacadas en fundas aluminizadas y almacenadas en un lugar seco.

Métodos

Caracterización física.

El diámetro mayor y menor de los tubérculos se midió en un paquímetro digital Mitotutyo (Kawasaki, Japón). El peso fresco con una balanza gravimétrica Ohaus (Parsippany, U.S) se expresó en gramos. La textura en un equipo manual *Fruit Pressure Tester* FT 327 (Facchini srl, Alfonsine, Italia) se expresó en kilogramo fuerza (Kgf) (Durán et al., 2001). El color interno y externo con un colorímetro DR LANGE espectro-color, modelo LZM 268 (Chelmsford, Reino Unido), en base al sistema de color CIE L^* , a^* , b^* .

Caracterización química.

Para el análisis proximal (proteína, grasa, fibra cruda y ceniza) se aplicó la metodología descrita por la AOAC (AOAC, 1996), el contenido de carbohidratos fue por diferencia. La composición mineral se determinó por espectrofotometría de absorción atómica y oxidación húmeda, en el caso del fósforo por colorimetría según los métodos de la AOAC (1996).

El contenido de almidón total por polarimetría (Ewers, 1965). La cantidad de amilosa/amilopectina mediante espectrofotometría, tomando como referencia una curva estándar de amilosa (Morrison & Laignelet, 1983), mientras que la fibra dietética soluble e insoluble fue cuantificada utilizando los métodos enzimáticos 991.42 y 993.19 de la AOAC (AOAC, 1995).

Caracterización funcional.

La determinación de polifenoles totales por colorimetría a una absorbancia de 765 nm (Waterhouse, 2002). Los resultados se expresaron como ácido clorogénico/100g base seca. La extracción de antocianinas totales se realizó con una solución de etanol y ácido clorhídrico, la cuantificación por espectrofotometría a una absorbancia de 700 nm, 545 nm y 515 nm (Jansen y Flamme, 2006). Las antocianinas monoméricas a partir del diferencial del pH (Giusti y Wrolstad, 2001).

El ácido ascórbico (Vitamina C) con un reflectómetro (RQflex, Darmstadt, Alemania) provisto de un juego de tirillas impregnadas con ácido molibdofosfórico que cambia de color con la presencia de ácido ascórbico (Merck, 2016). Para la capacidad antioxidante se aplicó el método ABTS, que se basa en la reducción del radical 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfónico) por acción de compuestos antioxidantes en comparación con un antioxidante estándar (Trolox) (Re, y otros 1999).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa Infostat (Di Rienzo, y otros 2015); se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con la prueba de significancia de Tukey ($p < 0.05$). Todos los análisis se realizaron por triplicado; y se reportan como la media \pm desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física de los tubérculos

Las variedades de camote presentaron un diámetro mayor entre 153.59-90.91 mm y un diámetro menor de 85.73-31.47 mm; generalmente estos tubérculos son de forma cilíndrica levemente achatados, irregulares y con superficies rugosas (Cobeña, y otros 2017); valores similares se reportaron al analizar una variedad de pulpa morada proveniente de la provincia del Carchi que alcanzó un diámetro mayor 143.4 mm y un diámetro menor de 61.4 mm (Estevéz, 2014). Sin embargo, con respecto a otros estudios en variedades de camote (*D. remotiflora* y *D. sparsiflora*) alcanzan un diámetro mayor 250-400 mm y un diámetro menor entre 50-60 mm (Guízar Miranda, y otros 2008).

En cuanto al tamaño, estos presentaron una amplia diferencia, entre repeticiones y variedades, como se muestra en la tabla 1. De acuerdo al Manual Agrícola de Camote, considera de peso grande a tubérculos entre 920-1.360 g, mediano (690-919 g) y pequeños (454 a 689 g). En base a esta clasificación todas las variedades en estudio estarían dentro de la categoría "pequeño" (Lardizábal, 2003); Sin embargo, algunos autores consideran que estos tubérculos pueden llegar a pesar hasta 3000 g (Guízar Miranda, y otros 2008). La calidad comercial está influenciada por el tamaño y el peso; los cuales son usados como parámetros en el proceso de empaquetado de los mismos; de ahí la importancia de que exista una menor variabilidad entre tubérculos. Aunque, son características intrínsecas de las variedades, así como de las condiciones climáticas y prácticas agronómicas (García-Méndez, y otros 2016).

Con respecto a la textura del camote existió diferencias estadísticas significativas, como se indica en la tabla 1; en el caso de variedades de papa nativa se reportaron valores inferiores 7.09-12.23 Kgf (Quilca, 2008). Según Guerra (1989), considera a los tubérculos firmes en estado fresco, aquellos que se encuentran en un rango entre 9-12 Kgf (Espinosa, y otros 1998). La variedad Morado Brazil y Philipino superan el rango establecido.

TABLA 1
Diámetro mayor y menor, peso y textura de los tubérculos

Variedad	Diámetro (mm)		Peso (g)	Textura Kgf
	Mayor	Menor		
Zapallo	115.35±9.25 ^{ab}	85.73±7.84 ^a	412.98±252.99	9.61±0.41 ^c
Pedrito	108.47±7.33 ^{ab}	45.68±5.25 ^b	97.06±7.14	10.62±0.30 ^{bc}
Morado Ecuador	90.91±3.25 ^b	49.39±4.56 ^b	158.97±100.25	11.07±0.64 ^{bc}
Morado Brasil	150.07±1.26 ^a	31.47±5.73 ^b	84.93±33.04	14.31±1.55 ^a
Guayaco Morado	153.59±12.38 ^a	46.38±4.51 ^b	248.5±203.46	11.39±0.42 ^{bc}
Philipino	131.22±8.24 ^{ab}	52.68±4.96 ^{ab}	187.95±89.82	12.23±1.01 ^{ab}
Toquecita	120.86±5.76 ^{ab}	48.50±7.01 ^b	97.33±20.83	10.63±0.36 ^{bc}

Valores con diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). (n=3)

En la tabla 2 se indica el color externo e interno de las variedades de camote estudiadas en estado fresco, existieron diferencias significativas debido a que presentaron diferentes colores entre variedades (amarillo, naranja, morado claro y morado intenso). De acuerdo al sistema CIE L^* , a^* , b^* , las variedades se localizaron en el primer cuadrante, que comprende la posición a rojo (+) y b amarillo (+), a excepción del color interno del camote Morado Brasil que se localiza en el cuarto cuadrante $-b$ (azul).

TABLA 2
Color externo e interno de los tubérculos

Variedad	L	C	H	a	b
Color Externo					
Zapallo	65.35±2.11 ^a	35.98±1.01 ^b	68.47±0.55 ^b	13.21±0.67 ^{cd}	33.45±0.81 ^b
Pedrito	27.09±3.20 ^e	23.02±0.58 ^c	46.25±2.73 ^c	15.01±0.58 ^{bc}	16.76±1.33 ^c
Morado Ecuador	59.20±1.52 ^b	38.81±1.70 ^b	67.57±1.87 ^b	14.81±0.22 ^{bc}	35.86±1.96 ^b
Morado Brasil	30.18±1.33 ^e	25.03±0.64 ^c	47.58±0.84 ^c	16.4 ± 0.26 ^b	18.57±0.56 ^c
Guayaco Morado	43.49±1.29 ^d	23.42±0.59 ^c	47.68±1.66 ^c	15.47±0.88 ^{bc}	17.34±0.42 ^c
Philipino	63.53±0.42 ^a	39.60±3.89 ^b	72.83±1.36 ^a	11.46±0.89 ^d	37.84±3.85 ^b
Toquecita	49.68±2.08 ^c	53.75±4.01 ^a	65.55±0.16 ^b	22.24±1.68 ^a	48.89±3.67 ^a
Color interno					
Zapallo	71.61±0.12 ^a	49.58±0.52 ^b	64.45±0.96 ^{bc}	21.36 ±0.92 ^{bc}	44.72±0.34 ^b
Pedrito	51.08±2.97 ^c	30.92±0.31 ^d	36.79±7.03 ^d	24.47±2.55 ^b	18.24±2.83 ^d
Morado Ecuador	71.07±1.55 ^a	51.18±0.42 ^b	70.52±3.25 ^b	17.06±2.85 ^{cd}	48.16±0.45 ^b
Morado Brasil	13.89±1.64 ^d	35.59±2.19 ^c	346.02±4.29 ^a	34.30±1.55 ^a	-8.89±3.02 ^f
Guayaco Morado	58.32±2.11 ^b	20.19±1.40 ^e	12.78±4.97 ^e	19.41±2.05 ^c	4.22±1.37 ^e
Philipino	73.46±0.49 ^a	39.15±0.95 ^c	70.53±0.39 ^b	13.07±0.55 ^d	36.91±0.81 ^c
Toquecita	63.86±3.05 ^b	66.99±2.91 ^a	59.63±0.71 ^c	33.81±0.83 ^a	57.81±2.90 ^a

Valores con diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). (n=3)

Caracterización proximal de los tubérculos

En la siguiente tabla se muestra la composición proximal, se evidenció que existieron diferencias estadísticas significativas entre las variedades ($p < 0.05$) en estado crudo y cocido. El camote no es fuente significativa de proteína, sin embargo, mayor contenido de proteína alcanzaron las variedades Pedrito y Zapallo, y en menor proporción el cultivar Toquecita. En otros estudios se reportó valores menores en camotes provenientes del

mediterráneo de Turquía entre 5.08-4.29 g/100g (Dincer, y otros 2011); también en la variedad de camote Topera (pulpa blanca) se registró un contenido de 4.13 g/100g (García-Méndez, y otros 2016). Aunque un mayor contenido existió en cultivares *D. remotiflora* y *D. sparsiflora* (7.35 y 9.66 g/100g) (Guízar Miranda, y otros 2008). Las diferencias en el contenido de proteína se relacionan a las diferentes variedades (Dincer et al., 2011).

La materia grasa es relativamente baja, y no existió variación en los tubérculos crudos como cocidos. La mayoría de plantas tuberosas presentan bajo contenido de grasa (Abubakar, y otros 2010); valores similares se reportaron en estudios realizados en harinas de camote variedad amarilla cruda y cocida (Anchundia, y otros 2019). Aunque, los tubérculos de camote presentaron valores mayores de grasa comparado con variedades de papa nativa que tienen un promedio de 0.39% (Quilca, 2008).

La fibra cruda se mantuvo en un rango entre 3.84-7.04 g/100g, valores similares se reportaron en otra investigación, que registró valores entre 2.1-13.6 g/100g en cinco variedades diferentes de camote (Senanayake, y otros 2013). El efecto del proceso de cocción incidió en el incremento de este componente, este fenómeno se observó en variedades de camote cocidas (Dincer, y otros 2011). El contenido de cenizas de las muestras se mantuvo entre de 4.25-6.77 g/100g, valores similares se reportaron en el estudio realizado por Guízar Miranda y colaboradores (2008); aunque en otros estudios mantienen valores inferiores a 2.5% (Dincer, y otros 2011; García-Méndez, y otros 2016). En el camote el mayor componente de materia seca son los carbohidratos; en las variedades cocidas hubo una reducción por efecto de la solubilidad en medio acuoso.

TABLA 3
Composición proximal de los tubérculos (g/100g base seca)

Variedad	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Cenizas	Carbohidratos
Crudo					
Zapallo	7.86±0.06 ^b	0.85±0.05 ^c	4.19±0.06 ^d	4.53±0.30 ^c	82.57±0.14 ^a
Pedrito	8.97±0.06 ^a	0.59±0.10 ^c	3.84±0.15 ^e	4.70±0.10 ^c	81.89±0.35 ^b
Morado Ecuador	5.45±0.16 ^f	1.18±0.06 ^{bc}	5.69±0.04 ^b	6.77±0.11 ^a	80.92±0.17 ^c
Morado Brasil	6.43±0.07 ^c	1.23±0.15 ^b	5.29±0.07 ^c	4.51±0.11 ^c	82.55±0.23 ^a
Guayaco Morado	6.09±0.09 ^d	1.78±0.11 ^a	5.08±0.07 ^c	4.93±0.09 ^c	82.12±0.31 ^{ab}
Philipino	5.73±0.06 ^e	1.97±0.08 ^a	5.86±0.12 ^b	5.86±0.09 ^b	80.58±0.17 ^c
Toquecita	4.95±0.05 ^g	1.83±0.09 ^a	6.59±0.11 ^a	5.62±0.18 ^b	81.01±0.20 ^c
Cocido					
Zapallo	7.30±0.10 ^c	0.88±0.10 ^c	4.81±0.06 ^c	5.26±0.07 ^b	81.74±0.08 ^b
Pedrito	8.45±0.15 ^a	0.64±0.04 ^d	4.32±0.15 ^d	4.82±0.08 ^c	81.76±0.27 ^b
Morado Ecuador	8.15±0.08 ^b	0.92±0.03 ^c	5.51±0.22 ^b	5.76±0.11 ^a	79.66±0.18 ^d
Morado Brasil	5.93±0.05 ^e	1.05±0.02 ^c	4.97±0.07 ^c	4.25±0.11 ^d	83.79±0.22 ^a
Guayaco Morado	7.28±0.03 ^c	1.34±0.10 ^b	5.44±0.20 ^b	4.63±0.14 ^c	81.31±0.36 ^b
Philipino	6.30±0.11 ^d	1.45±0.10 ^b	5.69±0.11 ^b	5.38±0.07 ^b	81.18±0.14 ^b
Toquecita	5.25±0.15 ^f	1.67±0.10 ^a	7.04±0.05 ^a	5.51±0.10 ^{ab}	80.53±0.20 ^c

Valores con diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). (n=3)

Caracterización de macro y micro minerales

En la tabla 4 se presenta la caracterización de los minerales, en base al análisis estadístico existieron diferencias significativas entre las variedades, a excepción del magnesio (crudo y cocido); con respecto a los macrominerales se destaca el contenido de potasio, y en menor proporción el fósforo, calcio, sodio y magnesio. Con la aplicación de la cocción no hubo cambios significativos en relación a los tubérculos frescos. Aunque, en otra investigación en base a ocho variedades de camote se registraron valores menores de potasio

(0.67-0.12 g/100g). (Ellong, y otros 2014). Las condiciones climáticas, así como el tipo de suelo pueden estar directamente relacionados con la cantidad de minerales (Cobeña, y otros 2017).

En cuanto a los microelementos, el hierro es el oligoelemento mayoritario en relación al zinc, magnesio y cobre. El cultivar Pedrito y Morado Ecuador crudos presentaron un mayor contenido de hierro, sin embargo, con la aplicación de la cocción su contenido disminuyó. De igual manera, en otro estudio se evidenció la disminución del hierro de 32.67 ppm (crudo) a 17 ppm en camote cocido (Ikanone & Oyekan, 2014). El cobre se mantuvo entre 4-8 ppm, sin embargo, en otras investigaciones reportan valores inferiores a 1ppm (Ellong, y otros 2014; Ikanone & Oyekan, 2014). En el caso del zinc, las muestras con mayor aporte fueron Guayaco morado y Philipino en estado crudo. Según, Ikanone y Oyekan, 2014, registraron un contenido de 43.17 ppm en camote crudo y 8.33 ppm en estado cocido, valores mayores en relación a este estudio.

TABLA 4
Macro y micro minerales de los tubérculos

Variedad	Crudo								
	Macrominerales (g/100g base seca)					Microminerales (ppm base seca)			
	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Zapallo	0.16±0.04 ^{cd}	0.24±0.04 ^b	0.05±0.02	4.18±0.05 ^a	0.04±0.01 ^c	5.00±0.50 ^{bc}	42.00±0.01 ^f	5.00±0.01 ^b	19.00±0.50 ^f
Pedrito	0.11±0.03 ^d	0.32±0.03 ^a	0.05±0.02	3.74±0.10 ^b	0.06±0.01 ^{bc}	7.00±0.50 ^a	383.00±0.50 ^a	4.00±0.87 ^b	10.00±1.01 ^{de}
Morado Ecuador	0.22±0.03 ^c	0.23±0.03 ^b	0.05±0.02	4.15±0.06 ^a	0.06±0.01 ^{bc}	6.00±0.87 ^{ab}	295.00±0.20 ^b	10.00±1.01 ^a	11.00±0.90 ^d
Morado Brasil	0.09±0.02 ^d	0.27±0.03 ^{ab}	0.04±0.01	1.98±0.03 ^d	0.07±0.01 ^{bc}	4.00±0.50 ^c	55.00±1.00 ^e	6.00±0.87 ^b	7.00±0.50 ^f
Guayaco Morado	0.24±0.02 ^c	0.23±0.02 ^b	0.05±0.02	3.86±0.06 ^b	0.09±0.01 ^b	7.00±0.50 ^a	64.00±1.00 ^c	5.00±0.50 ^b	24.00±0.50 ^b
Philipino	0.34±0.05 ^b	0.25±0.02 ^b	0.06±0.01	4.03±0.04 ^a	0.04±0.01 ^c	5.00±0.50 ^{bc}	64.00±0.25 ^c	11.00±0.90 ^a	30.00±0.50 ^b
Toquecita	0.44±0.02 ^a	0.26±0.01 ^{ab}	0.05±0.02	2.54±0.05 ^c	0.17±0.03 ^a	5.00 ±0.50 ^{bc}	59.00±0.50 ^d	5.00±0.50 ^b	9.00±0.50 ^e
Cocido									
Zapallo	0.23±0.01 ^d	0.17±0.01 ^e	0.05±0.01	3.83±0.03 ^a	0.07±0.01 ^{bc}	5.00±0.50 ^b	49.00±0.50 ^a	13.00±0.44 ^b	11.00±0.50 ^b
Pedrito	0.12±0.01 ^f	0.25±0.02 ^b	0.04±0.01	3.59±0.02 ^c	0.06±0.01 ^c	5.00±1.00 ^b	49.00±0.50 ^a	4.00±0.50 ^c	11.00±0.50 ^b
Morado Ecuador	0.19±0.01 ^e	0.20±0.01 ^d	0.05±0.01	3.69±0.02 ^b	0.06±0.01 ^c	5.00±0.50 ^b	37.00±0.50 ^d	4.00±0.50 ^c	10.00±0.50 ^b
Morado Brasil	0.43±0.02 ^b	0.26±0.01 ^b	0.05±0.01	1.95±0.02 ^f	0.08±0.01 ^b	5.00±0.50 ^b	40.00±0.50 ^c	7.00±0.50 ^b	5.00±0.50 ^c
Guayaco Morado	0.32±0.01 ^c	0.21±0.01 ^{cd}	0.05±0.01	2.25±0.01 ^e	0.07±0.01 ^b	4.00±0.50 ^b	42.00±0.50 ^b	5.00±0.50 ^c	7.00±0.50 ^b
Philipino	0.25±0.02 ^d	0.23±0.01 ^{bc}	0.05±0.01	3.82±0.01 ^a	0.07±0.01 ^b	5.00±0.50 ^b	41.00±0.43 ^{bc}	8.00±0.25 ^b	10.00±0.50 ^b
Toquecita	0.48±0.01 ^a	0.31±0.01 ^a	0.05±0.01	2.64±0.01 ^d	0.22±0.01 ^a	8.00±0.25 ^a	50.00±0.80 ^a	5.00±0.50 ^c	10.00±0.50 ^b

Valores con diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). (n=3)

Caracterización química de los tubérculos

La materia seca es un parámetro de calidad utilizado en el procesamiento agroindustrial. Los tubérculos que presentaron un mayor contenido de materia seca fueron el camote Morado Brasil, Pedrito y Guayaco Morado. En el estudio realizado por García-Méndez y colaboradores (2016), reportó un valor de 28.39 g/100g en la variedad de camote Topera; aunque otros estudios registran valores superiores (31.07 a 39.32 g/100g) en especies cultivadas en diferentes países (Dincer, y otros 2011; Ellong, y otros 2014). Las diferencias en el contenido de materia seca pueden variar en función de las características genéticas del cultivar, los sistemas de producción agrícolas; al igual que otros tubérculos, el camote, tiene un alto contenido de humedad que resulta en bajos contenidos de materia seca (García-Méndez, y otros 2016; Rose y Vasanthakalam, 2011).

El mayor componente de los carbohidratos en los tubérculos es el almidón. El almidón permite determinar las características funcionales de las harinas y su aplicación en diferentes productos alimenticios (Anchundia, y otros 2019); los camotes crudos presentaron un rango de 48.20-66.97 (g/100g base seca). Estos contenidos se encuentran dentro del intervalo reportado para raíces y tubérculos (45-80%) (García-Méndez, y otros 2016). Dincer y colaboradores (2011) obtuvieron valores entre 63.90-64.89 g/100g. Ellong y colaboradores

(2014), reportaron contenidos de almidón de 20.30-31.05 g/100g; mientras que García-Méndez (2016), obtuvo un contenido de almidón de 71.89 g/100g. Al comparar con el almidón de la papa, se registra valores superiores en este componente (84.06%) (Quilca, 2008).

Con el proceso de cocción, este analito disminuyó en aproximadamente 80% para todas las variedades. Esta reducción se asocia al efecto de gelatinización, donde los enlaces moleculares se rompen en presencia de agua a altas temperaturas (Dincer, y otros 2011). Por otra parte, el almidón está constituido por dos tipos de polímeros: amilosa y amilopectina. Las variedades en estudio presentaron un mayor contenido de amilopectina en relación a la amilosa. La mayor cantidad se observó en los cultivares Toquecita y Philipino. La cocción influyó en la disminución de amilosa. También, estudios realizados en harina de camote cruda blanca, naranja y morada se registraron valores inferiores de amilopectina de 70.02, 63.00 y 70.57 (g/100g base seca), respectivamente (Techeira, y otros 2014).

Entre los carbohidratos que no puede digerir el organismo humano, se encuentra la celulosa y hemicelulosa, que forman parte de la fibra dietética, a la cual se atribuye beneficios para la salud (Vidal, y otros 2018). La fibra dietética comprende la fibra dietética soluble (FDS) y la fibra dietética insoluble (FDI). El mayor aportante de fibra fue la variedad Toquecita y en menor proporción el cultivar Zapallo; aunque en otra investigación reportaron valores inferiores (FDT) en harinas crudas de camote variedades blanca, morada y anaranjada (5.02, 12.35 y 5.51 g/100g) (Techeira, y otros 2014). Con la cocción, se incrementó el contenido de fibra dietética; la aplicación de procesos térmicos provoca cambios en la cantidad de nutrientes, aumentado o disminuyendo la concentración de ciertos compuestos (Vidal, y otros, 2018).

TABLA 5
Caracterización química de los tubérculos (g/100g base seca)

Variedad	Crudo					
	Materia Seca	Almidón	Amilosa	Amilopectina	FDS	FDI
Zapallo	21.92±0.39 ^c	48.20±0.48 ^e	10.93±0.31 ^b	89.07±0.31 ^e	1.78±0.03 ^f	8.09±0.03 ^f
Pedrito	28.98±0.11 ^b	63.06±0.21 ^c	10.26±0.12 ^c	89.74±0.12 ^d	2.98±0.04 ^c	7.49±0.03 ^g
Morado Ecuador	19.35±0.70 ^d	65.74±0.14 ^{ab}	8.55±0.09 ^e	91.45±0.09 ^b	2.99±0.03 ^c	10.05±0.04 ^d
Morado Brasil	39.46±0.57 ^a	57.90±0.28 ^d	14.25±0.07 ^a	85.75±0.07 ^f	2.67±0.03 ^d	10.19±0.03 ^c
Guayaco Morado	28.68±1.43 ^b	57.14±0.21 ^d	9.03±0.07 ^d	90.97±0.07 ^c	3.41±0.02 ^b	9.69±0.02 ^e
Philipino	20.46±0.76 ^{cd}	64.91±0.28 ^b	6.71±0.07 ^f	93.29±0.07 ^a	3.53±0.01 ^a	10.29±0.01 ^b
Toquecita	21.54±0.73 ^c	66.97±1.38 ^a	6.32±0.11 ^f	93.68±0.11 ^a	2.39±0.01 ^e	15.37±0.01 ^a
Cocido						
Zapallo		27.72±0.12 ^d	3.28±0.03 ^c	96.72±0.03 ^d	2.06±0.03 ^e	11.78±0.02 ^c
Pedrito		33.97±0.69 ^c	3.87±0.04 ^b	96.13±0.04 ^e	1.96±0.02 ^f	8.38 ±0.03 ^g
Morado Ecuador		36.44±0.28 ^b	2.30±0.06 ^e	97.70±0.06 ^b	2.80±0.02 ^b	10.28±0.03 ^f
Morado Brasil		33.97±0.28 ^c	6.77±0.03 ^a	93.23±0.03 ^f	2.42±0.02 ^d	14.57±0.02 ^b
Guayaco Morado		39.13±1.58 ^a	3.19±0.03 ^c	96.81±0.03 ^d	3.46±0.02 ^a	10.49±0.04 ^e
Philipino		32.46±0.96 ^c	1.59±0.09 ^f	98.41±0.09 ^a	2.85±0.02 ^b	12.77±0.02 ^c
Toquecita		26.13±0.55 ^d	2.72±0.03 ^d	97.28±0.03 ^c	2.66±0.01 ^c	15.55±0.03 ^a

Valores con diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes (p<0.05). (n=3). FDS: Fibra dietética soluble; FDI: Fibra dietética insoluble

Caracterización funcional de los tubérculos

En la siguiente tabla se indica la caracterización funcional de los tubérculos; los camotes frescos y cocidos presentaron diferencias estadísticas entre variedades (p<0.05). Los polifenoles resaltaron sobre todo en las

variedades de color morado (Morado Brasil y Guayaco Morado), el menor contenido se registró en la variedad Philipino de color amarillo; con la cocción estos compuestos se vieron afectados, al igual que en otros estudios donde evaluaron similares condiciones (Tang, y otros 2015).

Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides, son responsables del color rojo y azul en los vegetales (Jansen & Flamme, 2006). El mayor contenido de antocianinas totales y monoméricas se encontró en las muestras Morado Brasil y Guayaco Morado, en menor proporción en variedades que no presentan coloración morada (Zapallo, Philipino y Toquecita, Morado Ecuador). Otros estudios reportan valores similares de antocianinas totales de 160.44 mg/100 g (Teow, y otros 2007), entre 229.20-149.53 mg/100g en base húmeda (Vizzotto, y otros 2017) en variedades de pulpa morada; también, se encontró un contenido de antocianinas monoméricas de 1.57 mg/100g en una variedad de camote morado y en tubérculos de color amarillo o anaranjados se registró valores inferiores a 0.25 mg/100g (Tang, y otros 2015). El tratamiento térmico aplicado incidió en la disminución de estos compuestos.

El contenido de vitamina C varió en las muestras analizadas; valores inferiores a 20 mg/100g (muestras crudas) se reportaron en el estudio realizado por Dincer y colaboradores (2011), otra investigación alcanzó un valor de vitamina C superior (79.69 mg/100 mL) en una variedad de camote cultivada en Nigeria (Ikanone y Oyekan, 2014). Con la cocción, el mayor porcentaje de pérdida se registró en el camote Morado Brasil (78.67%). Ikanone y Oyekan, 2014, obtuvieron pérdidas similares (72.37%) de este micronutriente después de la cocción. La cocción en olla abierta produce considerables pérdidas de vitamina C.

La capacidad antioxidante determinar la capacidad de las moléculas redox para capturar radicales libres, considerando el efecto sinérgico de todos los antioxidantes (Re, y otros 1999). Las variedades con mayor contenido antioxidante fueron los tubérculos Morado Brasil, Pedrito y Guayaco Morado. En el estudio realizado por Vizzotto y colaboradores (2017) las variedades de pulpa morada alcanzaron un contenido mayor de actividad antioxidante (17306.22-15854.29 µg de equivalente trolox/g base húmeda) en relación a pulpas de color naranja, blanco o crema Después del tratamiento térmico, en todas las especies la capacidad antioxidante decreció por efecto de la temperatura. De acuerdo a otros estudios, el efecto de la cocción afecta a la actividad antioxidante (Sigurdson, y otros 2017).

TABLA 6
Caracterización funcional de los tubérculos

Variedad	Crudo				Capacidad Antioxidante µg trolox equivalente/g
	Polifenoles mg/100g	Antocianinas Totales mg/100g	Antocianinas Manoméricas mg/100g	Vitamina C mg/100g	
Zapallo	1511.74±2.15 ^f	0.04±0.01 ^d	0.32±0.03 ^{cd}	53.00±1.36 ^c	4915.48±7.02 ^f
Pedrito	4456.84±4.25 ^c	50.35±0.29 ^c	1.08±0.01 ^b	109.72±2.06 ^b	12034.24±8.25 ^b
Morado Ecuador	1726.46±4.60 ^d	0.03±0.01 ^d	0.24±0.005 ^{cd}	46.01±1.67 ^d	2228.12±9.91 ^g
Morado Brasil	7117.65±4.11 ^a	204.68±3.55 ^a	2.41±0.04 ^a	118.21±2.94 ^a	16661.44±12.96 ^a
Guayaco Morado	4904.76±5.60 ^b	109.04±0.34 ^b	2.29±0.22 ^a	56.58±3.65 ^c	11837.16±8.25 ^c
Philipino	1290.29±4.45 ^g	0.05±0.01 ^d	0.12±0.01 ^d	41.90±1.65 ^d	5410.45±12.03 ^e
Toquecita	1634.56±4.07 ^e	0.04±0.01 ^d	0.39±0.02 ^c	44.89±1.56 ^d	5749.06±18.35 ^d
Cocido					
Zapallo	1128.53±2.50 ^f	0.05±0.02 ^d	0.02±0.01 ^c	20.72±0.37 ^e	3857.84±12.03 ^d
Pedrito	3342.47±3.22 ^b	57.42±1.35 ^c	0.99±0.01 ^a	49.13±1.72 ^a	6543.67±11.55 ^c
Morado Ecuador	1490.56±5.63 ^d	0.03±0.01 ^d	0.06±0.04 ^c	35.90±1.82 ^{cd}	1461.89±11.19 ^g
Morado Brasil	6940.91±6.00 ^a	173.68±4.16 ^a	1.03±0.01 ^a	25.21±1.06 ^e	12908.31±8.30 ^a
Guayaco Morado	3273.01±6.09 ^c	77.56±0.58 ^b	0.53±0.02 ^b	40.25±1.95 ^{bc}	6856.63±9.41 ^b
Philipino	892.92±4.32 ^g	0.06±0.01 ^d	0.01±0.001 ^c	40.67±0.60 ^b	3756.59±9.46 ^e
Toquecita	1268.18±3.69 ^e	0.03±0.01 ^d	0.01±0.001 ^c	33.25±2.02 ^d	3486.43±15.36 ^f

Valores con diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes (p<0.05). (n=3)

CONCLUSIONES

Las variedades de camote cultivadas en la Estación Experimental Portoviejo-INIAP, Manabí, Ecuador presentaron diferencias estadísticas significativas, el tipo de variedad (amarillo, naranja y morado), las condiciones ambientales y del suelo, influyeron en dicha variabilidad. Además, el tratamiento térmico (cocción) aplicado afectó la calidad y cantidad de nutrientes y compuestos bioactivos. La proteína, grasa y cenizas no presentaron una variación importante en relación al tubérculo fresco. Sin embargo, el almidón por efecto de la solubilidad en la cocción sufrió una disminución, en el caso de la fibra dietética existió un incremento. Los compuestos funcionales decrecieron debido al proceso térmico aplicado.

Es importante complementar el estudio con otros procesos de cocción, como el horneado, microondas o al vapor, con la finalidad de comparar el efecto de estas técnicas culinarias en los diferentes tipos de tubérculos.

LITERATURA CITADA

- Abubakar, H.; Olayiwola, I.; Sanni, S.; y Idowu, M. (2010). Chemical composition of sweet potato (*Ipomea batatas* Lam) dishes as consumed in Kwara state, Nigeria. *International Food Research Journal*, 17(2):411-416.
- Anchundia, M. Á.; Pérez, E.; y Torres, F. (2019). Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(2):137-143.
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International* (15th ed.).
- AOAC. (1996). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International* (16th ed.).
- Basurto, F.; Martínez, D.; Rodríguez, T.; Evangelista, V.; Mendoza, M.; Castro, D., González, J.; y Vaylón, V. (2015). Conocimiento actual del cultivo de camote (*Iponema batatas* (L.) Lam.) en México. *Agroproductividad*, 8(1):30-34.
- Cobeña, G.; Cañarte, E.; Mendoza, A.; Cárdenas, F.; y Guzmán, A. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Camote*. Estación Experimental Portoviejo.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Julio, A.; Tablada, M.; y Robledo, C. W. (2015). *InfoStat*. <http://www.infostat.com.ar>
- Dincer, C.; Karaoglan, M.; Erden, F.; Tetik, N.; Topuz, A.; y Ozdemir, F. (2011). Effects of Baking and Boiling on the Nutritional and Antioxidant Properties of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] Cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(4):341-347.
- Durán, L.; Fiszman, S.; y Benedito, C. (2001). *Propiedades mecánicas empíricas: Métodos para medir propiedades físicas industriales de alimentos* (J. de D. Alvarado & J. M. Aguilera (eds.)). Editorial Acribia.
- Elong, E.; Billard, C.; y Adenet, S. (2014). Comparison of Physicochemical, Organoleptic and Nutritional Abilities of Eight Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Varieties. *Food and Nutrition Sciences*, 5(2):196-211.
- Espinosa, P.; Villacrés, E.; Buatista, C.; y Espín, S. (1998). *El uso del análisis sensorial para medir la aceptación de clones promisorios de papa*. Ediciones Abya-Yala.
- Estevéz, N. (2014). *Determinación de las características físicas y químicas del camote (Ipomea batata) de la variedad de pulpa morada del sector de Tumbatú de la provincia del Carchi*. Universidad Técnica del Norte.
- Ewers, E. (1965). *Determination of starch by extraction and dispersion with hydrochloric acid*. International Organization for Standardization, ISO/TC 93/WGL.
- García-Méndez, A.; Pérez-Darniz, M.; García-Méndez, A.; y Madriz-Iztúriz, P. (2016). Caracterización postcosecha y composición química de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lamb.) variedad Topera. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2):287-300.
- Giusti, M. M.; y Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1):F1.2.1-F1.2.13.
- Guízar Miranda, A.; Montañez Soto, J.; y García Ruiz, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1):81-88.

- Ikanone, C. E. O.; y Oyekan, P. O. (2014). Effect of Boiling and Frying on the Total Carbohydrate, Vitamin C and Mineral Contents of Irish (*Solanum tuberosum*) and Sweet (*Ipomea batatas*) Potato Tubers. *Nigerian Food Journal*, 32(2):33-39.
- Jansen, G.; y Flamme, W. (2006). Coloured potatoes (*Solanum Tuberosum* L.)-Anthocyanin Content and Tuber Quality. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(7):1321.
- Lardizábal, R. (2003). *Manual de Producción de Camote*. Fintrac CDA.
- Merck. (2016). *Reflectoquant. Test de Ácido ascórbico (Vol.1.16981.0001)*.
- Morrison, W. R.; y Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*, 1(1):9-20.
- Quilca, N. (2008). *Caracterización morfológica, física, organoléptica, química y funcional de papas nativas (Solanum tuberosum ssp.), para orientar sus usos futuros*. Escuela Politécnica Nacional.
- Re, R., Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; y Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9): 1231-1237.
- Rose, I. M.; y Vasanthakalam, H. (2011). Comparison of the nutrient composition of four sweet potato varieties cultivated in Rwanda. *American Journal of Food and Nutrition*, 1(1):34-38.
- Senanayake, S. A.; Ranaweera, K. K. D. S.; Gunaratne, A.; y Bamunuarachchi, A. (2013). Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (*Ipomea batatas* (L) Lam) in Sri Lanka. *Food Science & Nutrition*, 1(4):284-291.
- Sigurdson, G. T.; Tang, P.; y Giusti, M. M. (2017). Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8(1):261-280.
- Tang, Y., Cai, W.; y Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Science and Human Wellness*, 4(3):123-132.
- Techeira, N.; Sívoli, L., Perdomo, B.; Ramírez, A.; y Sosa, F. (2014). Caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, 39(3):191-197.
- Teow, C. C.; Truong, V.-D.; McFeeters, R. F.; Thompson, R. L.; Pecota, K. V; y Yencho, G. C. (2007). Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103(3):829-838.
- Vidal, A. R.; Zaucedo-Zuñiga, A. L.; y Ramos-García, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2):133-146.
- Vizzotto, M.; Pereira, E. D. S.; Vinholes, J. R.; Munhoz, P. C.; Ferri, N. M. L.; Castro, L. A. S. D.; y Krolow, A. C. R. (2017). Physicochemical and antioxidant capacity analysis of colored sweet potato genotypes: in natura and thermally processed. *Ciencia Rural*, 47(4):1-8.
- Wang, Y. A. N.; y Kays, S. J. (2001). Effect of cooking method on the aroma constituents of sweet potatoes [*Ipomoea Batata* (L.) LAM.]. *Journal of Food Quality*, 24(1):67-78.
- Waterhouse, A. L. (2002). Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- Zannou, A.; Gbaguidi, M.; y Ahoussi-Dahouenon, E. (2017). Synthesis of research on sweet potato (*Ipomoea batatas*) with a view to its valorization: A review. *International Journal of Chemical Science*, 1(2):84-89.