

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE CUATRO VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum tuberosum*) CON APTITUD PARA FRITURA, CULTIVADAS EN DOS ZONAS EN HUÁNUCO

Ángel David Natividad Bardales^a, Sergio Grimaldo Muñoz Garay^a, Juan Edson Villanueva Tiburcio^a, Rubén Max Rojas Portal^a, Ruth Esther Chamorro Gómez^a, Cesar Robert Cueto Rosales^a, Joana Milagros Bravo Romaina^a, Janet Rocío Beraun Bedoya^a,
Alejandro Mendoza Aguilar^b

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue determinar los efectos de las zonas de cultivos en las cuatro variedades de papas nativas sometidas al proceso de fritura. La metodología consistió en determinar las características fisicoquímicas, contenidos de antocianinas y capacidad antioxidante de las papas cosechadas en la zona de Cahuac y Huallmish, antes y después del proceso de fritura. Los resultados más resaltantes encontrados según la zona de cultivo, se encontraron diferencias estadísticas con $p \leq 0,05$ en cenizas y azúcares reductores. Las papas luego de la fritura tuvieron diferencias estadísticas con $p \leq 0,05$ en el contenido de materia seca, ceniza, proteínas, fenólicos totales, capacidad antioxidante con DPPH y ABTS. Los contenidos de fenólicos totales se encontraron entre $43,23 \pm 8,61$ a $632,60 \pm 12,82$ en crudo y de $79,63 \pm 9,13$ a $1131,16 \pm 13,16$ mg de AGE/100g base seca (bs) en frito, siendo estadísticamente mayores después del proceso de fritura. La capacidad antioxidante mediante DPPH se encontró entre $7,54 \pm 1,55$ a $150,15 \pm 17,31$ (crudo) y entre $64,55 \pm 9,19$ a $576,97 \pm 30,97$ $\mu\text{mol TE}/100$ g bs (frito). La capacidad antioxidante mediante ABTS se halló entre $77,23 \pm 2,96$ a $245,04 \pm 6,30$ (crudo) y entre $164,45 \pm 11,13$ a $1137,27 \pm 4,82$ $\mu\text{mol TE}/100$ g bs (frito). Las antocianinas en crudo fluctuaron de 0 a $321,46 \pm 4,94$ y en frito de $0,23$ a $313,63 \pm 0,60$ mg de cianidina 3 glucósido/ 100 g bs. Los fenólicos totales y capacidad antioxidante por DPPH y ABTS, se vieron incrementados luego de la fritura.

Palabras clave: ABTS, ácido gálico, cianidina-3-glucósido, fenólicos totales, DPPH.

^a Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Av. Universitaria 850, Píllco Marca 10003, Huánuco, Perú.
davidnatividad@unheval.edu.pe

^b Gobierno Regional de Agricultura-Huánuco.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF FOUR VARIETIES OF NATIVE POTATOES (*Solanum tuberosum*) SUITABLE FOR FRYING CULTIVATED IN TWO ZONES IN HUÁNUCO

ABSTRACT

The purpose of the present study was to determine the effects of the cultivation zones in the four varieties of native potatoes subjected to the frying process. The methodology consisted of determining the physicochemical characteristics, anthocyanin content and antioxidant capacity of the potatoes harvested in the Cahuac and Huallish area, before and after the frying process. The most outstanding results found according to the growing area, statistical differences were found with $p \leq 0,05$ in ash and reducing sugars. Potatoes after frying had statistical differences with $p \leq 0,05$ in the content of dry matter, ash, protein, total phenolics, antioxidant capacity with DPPH and ABTS. The total phenolic contents were found between $43,23 \pm 8,61$ to $632,60 \pm 12,82$ in fresh and between $79,63 \pm 9,13$ to $1131,16 \pm 13,16$ mg of GAE / 100 g db in fried, being statistically higher after the frying process. The antioxidant capacity with DPPH was found between $7,54 \pm 1,55$ to $150,15 \pm 17,31$ (raw) and between $64,55 \pm 9,19$ to $576,97 \pm 30,97$ $\mu\text{mol TE} / 100$ g db (fried). The antioxidant capacity by ABTS was found between $77,23 \pm 2,96$ to $245,04 \pm 6,30$ (fresh) and between $164,45 \pm 11,13$ to $1137,27 \pm 4,82$ $\mu\text{mol TE} / 100$ g bs (fried). The anthocyanins in fresh fluctuated 0 to $321,46 \pm 4,94$ and in fried from $0,23$ to $313,63 \pm 0,60$ mg of cyanidin 3 glucoside / 100 g db. The total phenolics and antioxidant capacity by DPPH and ABTS were increased after frying.

Key words: ABTS, gallic acid, Cyanidin-3-glucoside, total phenolics, DPPH.

INTRODUCCIÓN

La papa o patata (*Solanum tuberosum*), es una planta herbácea perteneciente a la familia Solanaceae¹. Es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial con una producción de 380 millones de toneladas. Contiene carbohidratos y es una fuente nutricional de proteínas, vitaminas C, B₃ y B₆, minerales como potasio, fósforo y magnesio y compuestos con características antioxidantes de naturaleza fenólica que contribuyen a su calidad funcional². La ingesta de antioxidantes ayudan en la prevención del daño tisular oxidativo, vinculado con el desarrollo de padecimientos como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y enfermedades neurodegenerativas³. El Perú es una fuente muy rica de papas nativas, este tubérculo forma parte de la dieta como fuente de carbohidratos y es muy versátil para la preparación de diferentes comidas. Además aporta proteínas, vitaminas y componentes con propiedades funcionales que previenen las enfermedades degenerativas por tener capacidad antioxidante². Huánuco es un gran productor de papas, en el 2019 se logró producir 400,81 mil toneladas de papa⁴.

La producción y consumo de papas nativas en los países en vías de desarrollo le convierten en un producto valioso en la lucha contra el hambre y la pobreza, y pone en evidencia la importancia de este cultivo en la seguridad alimentaria y en el desarrollo rural ⁵. La composición de los alimentos, en particular, la estructura de la superficie, la humedad, el contenido de lípidos, la forma del producto, la relación superficie/peso y la porosidad, son características del alimento que afectan a los procesos de pérdida de agua y absorción de aceite durante el proceso de fritura ⁶.

Se han evaluado las características sensoriales de papas fritas en forma de bastón, encontraron que la humedad y dureza no fue afectado por el tipo y concentración de especias vegetales (fueron ajo, cebollín, cilantro y ají picante, todas obtenidas en el comercio local en forma deshidratada) ¹. Se caracterizaron 24 papas promisorias para fritura y encontraron que las que tenían menor de 20 % de materia seca fueron aptas para el proceso de fritura ³. Sin embargo, se desconoce el efecto de la fritura en las características fisicoquímicas de las papas nativas cultivadas en la región Huánuco, esto toma importancia debido a que las papas nativas en los últimos años están siendo revaloradas para su consumo. El objetivo de la investigación fue evaluar las características fisicoquímicas y propiedades antioxidantes de cuatro variedades de papas nativas cultivados en dos zonas en la región Huánuco.

PARTE EXPERIMENTAL

Obtención de materia prima. Las muestras de papas nativa estudiadas: Huevo de Indio, Kitipsho, Azúcar Cantina y Tinkuy, se obtuvieron de las zonas de cultivo Cahuac a 3780,8 m.s.n.m. (latitud -9,86474351, longitud -76,6412969) y Huallmish a 3700 m.s.n.m. (latitud -9,68559 y longitud -76,26654), luego se rotularon y se trasladaron en recipientes cerrados hasta los laboratorios para ser lavadas y secadas. Se tomaron muestras representativas de las papas frescas y fritas, estas se colocaron en bolsas de papel de aluminio herméticamente cerradas y se almacenaron para su posterior análisis.

La investigación se realizó en los laboratorios de Análisis por Instrumentación, Físico químico y Procesos Alimentarios de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Materia seca, ceniza, proteína, gravedad específica y color. Se analizó la materia seca, ceniza y proteínas ⁷. La gravedad específica ⁸. Se midieron los valores: L*, a*, b*, c* y h* del sistema CIELab ⁹, se utilizó el colorímetro digital Modelo CR400, marca Konica Minolta, serie B8209050.

Azúcares reductores. Las papas previamente peladas, se licuaron (Licuadora Oster), luego de la pulpa licuada, se tomó se tomó 1 g y en un matraz se aforó a 100 mL con agua destilada, se homogenizo y centrifugó (Boeco modelo C-28A) a 2500 rpm por 10 min. Se hizo reaccionar 1 mL de sobrenadante con 2 mL de ácido dinitrosalicílico (se preparó el reactivo en hidróxido de sodio a 1,5 % (p/v) mezclando ácido 3,5-dinitrosalicílico 1 % (p/v), tartrato

de sodio y potasio 40 % (p/v), solución de fenol 0,2 % (p/v) y disulfito de potasio 0,5 % (p/v) en una proporción 1:1:1:1 (v/v/v/v)), en baño maría (Memmert, modelo WB14) durante 5 min. Se enfrió en baño de hielo y se tomaron lecturas en el espectrofotómetro (Genesys 105) a 540 nm. Se realizó una curva patrón usando glucosa (Spectrum) a concentraciones de 200 hasta 1000 mg/L².

Almidón. Para la extracción del almidón las papas previamente lavadas se pelaron y cortaron en cubos de 3 x 3 cm y se sumergieron por 30 minutos en una solución de 3500 mg/L de Na₂S₂O₅, metabisulfito de sodio (J.T. Baker) a una proporción de 1:3. Luego se licuó (licuadora Oster), y se tamizó por una malla N° 200. Se dejó sedimentar por 30 minutos con Na₂S₂O₅ (1:1). A continuación, se retiró el sobrenadante y se centrifugó con 0,01 N de HCL (J.T. Baker); 0,01 NaOH (J.T. Baker) y etanol a 70 ° (J.T. Baker). Finalmente se dejó secar en una estufa (marca MM, serie D172649) a 50 °C/48 h⁹.

Antocianinas. Se determinó mediante el método de pH diferencial¹⁰, se tomó 5 g de muestra molida y realizó la extracción con 100 mL de alcohol por 15 minutos y agitación constante. Se tomó 400 µl del extracto de la muestra y se hizo reaccionar con 4600 µl de buffer a pH 1 (125 mL de 0,2 M KCl (J.T. Baker) y 375 mL de 0,2 M HCl (J.T. Baker) y buffer a pH 2 (400 mL de 1 M CH₃COONa (J.T. Baker) 240 mL de 1 M HCl y 360 mL H₂O). Luego de la reacción se procedió a leer las absorbancias a 510 nm en un espectrofotómetro UV-vis (marca Genesys 105). Los contenidos de antocianinas fueron expresados como mg de cianidina-3-glucósido/100g)

Preparación de la muestra para análisis de fenólicos totales, capacidad antioxidante.

De las diferentes variedades de papas se pesó 1 g de muestra y se adicionó en tubos fálcon, posterior se aforó hasta 10 mL con metanol (Merck) grado analítico (1:10) y se maceró a (4 °C) por 16 horas. Luego se centrifugó (Boeco modelo C-28A) a 10,000 rpm por 5 minutos y se almacenó (Fritecsa, modelo AG275) a -20 °C¹¹.

Fenólicos totales. De muestra previamente filtrada, se tomó 1 mL y se adicionó 3 ml de agua destilada. Seguido, se hizo reaccionar con 1 mL de reactivo fenol según Folin-Ciocalteu (Merck), preparada en relación 1:4 con agua destilada. Se neutralizó la reacción con 1 mL de carbonato de sodio (Merck) al 10 %. Se incubó por 1 hora a temperatura ambiente en oscuridad, la absorbancia (espectrofotómetro Genesys105) se registró a 760 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (AGE)/100 g de peso muestra¹¹.

Capacidad antioxidante por radical libre DPPH. Consistió en hacer reaccionar 900 µL de DPPH (Himedia) a 100 µM, con 100 µL de extracto acuoso de la muestra (harinas de papas nativas frescas y fritas). La mezcla se dejó reaccionar en oscuridad por 30 minutos, luego se registró la absorbancia (Genesys 105) a 517 nm. Como antioxidante estándar se utilizó trolox (Hóa Chat Thi Nghiem), la actividad antioxidante se expresó como equivalentes trolox (µmol) /100 g de muestra¹¹.

Capacidad antioxidante por ABTS. Se mezcló 5 mL de solución de ABTS 7 Mm en agua con 88 μ L de persulfato potasio a 140 mM en agua; se dejó en oscuridad a temperatura ambiente durante 16 horas antes de la reacción con la muestra. La solución de trabajo de ABTS se diluyó en etanol 95 ° a $0,9 \pm 1,2$ a 734 nm. Se tomó 900 μ L ABTS y 100 μ L de la muestra, la mezcla agitada se dejó reaccionar 10 minutos en la oscuridad, y a 734 nm en el espectrofotómetro UV-Vis, se midió la absorbancia. La actividad antioxidante de las muestras fueron determinadas como equivalentes trolox (μ mol)/100 g¹².

Fritado de la papa. Previo al proceso de fritura se realizó el trozado de las papas tipo bastón de pollería, para lo cual se usó un cortador de tiras manual N° 7. Se usó aceite de soya comercial, la relación de papa- aceite fue 1:3, se calentó el aceite de 7 a 10 min y se incorporó las papas. La fritura se realizó a 180 °C durante 3 min empleando una Freidora de Aire (marca, Oster), el exceso de aceite se retiró con papel secante¹³.

Procesamiento de datos. Los resultados serán expresados mediante tablas como media y desviación estándar, los cuales se evaluaron estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA), con tres repeticiones. Además, se mostrarán las diferencias estadísticas mediante la prueba Tukey, $p < 0,05$. El procesamiento de datos fue utilizando SPSS un programa estadístico, Statistical Package for the Social Scienses 11,5¹⁴.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia prima. Se estudiaron cuatro variedades de papas nativas: Huevo de Indio, Kitipsho, Azúcar Cantina y Tinkuy, procedentes de Cahuac provincia de Yarowilca y del centro poblado de Huallmish, distrito de Churubamba, provincia y región Huánuco, Figura 1.



Figura 1. Variedades de papas nativas empleadas en la investigación

Las papas evaluadas tuvieron los siguientes tamaños: procedentes de Cahuac, Huevo de Indio longitud $88,38 \pm 11,72$ mm; diámetro $47,24 \pm 3,37$ mm. Kitipsho longitud $73,33 \pm 7,01$ mm; diámetro $65,70 \pm 7,28$ mm. Azúcar Cantina longitud $67,40 \pm 7,07$ mm; diámetro $57,44 \pm 6,22$ mm. Tinkuy longitud $70,00 \pm 7,60$ mm; diámetro $55,68 \pm 4,40$ mm. En la zona de Huallmish, Huevo de Indio longitud $75,79 \pm 9,34$ mm; diámetro $46,81 \pm 9,43$ mm. Kitipsho longitud $69,19 \pm 16,21$ mm; diámetro $53,36 \pm 8,03$ mm. Azúcar Cantina longitud $54,34 \pm 13,08$ mm; diámetro $53,08 \pm 8,04$ mm. Tinkuy longitud $62,10 \pm 16,79$ mm; diámetro $51,42 \pm 6,86$ mm. Las papas de Cahuac, pesaban $109,93 \pm 32,47$ g (Huevo de Indio); $164,27 \pm 48,63$ g (Kitipsho); $116,26 \pm 28,47$ (Azúcar Cantina); $117,02 \pm 27,83$ (Tinkuy); traídas de Huallmish, Huevo de Indio $81,37 \pm 13,70$ g; Kitipsho $149,66 \pm 73,33$ g; Azúcar Cantina $85,28 \pm 34,38$ g y Tinkuy $82,91 \pm 34,06$ g (los valores son promedios de 25 repeticiones, resultados no mostrados). Las papas nativas tienen diferentes tamaños, son redondas y ovaladas, tienen ojos superficiales por lo que no se retiró la cascara para la fritura y de alguna manera evitar perder sus bondades en antioxidantes (15).

Materia seca, ceniza, proteína, gravedad específica y color. Se encontraron diferencias significativas en $p \leq 0,05$ en materia seca, gravedad específica, proteína y color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*) en las cuatro variedades cultivadas en las dos zonas en papas crudas y fritas. No se evidenciaron diferencias estadísticas entre variedades en los contenidos de cenizas en papas fritas en la zona de Cahuac y proteínas en papas crudas en ambas zonas (Cahuac y Huallmish). Los contenidos de materia seca, cenizas, proteínas, azúcares reductores, almidones y valores de gravedad específica, L^* , a^* , b^* , C^* y h^* no se vieron afectados por la zona de cultivo.

La fritura es un proceso fisicoquímico complejo, en el cual el producto a freír se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar la superficie del mismo, impermeabilizándolo de alguna manera y evitando la pérdida de agua de su interior (16). El contenido de materia seca, ceniza y proteína, tuvieron diferencias estadísticas en $p \leq 0,05$ al ser sometidas a fritura, siendo mayor en frito, sin considerar las cenizas. Se observó un descenso en el porcentaje total de humedad en todas las variedades y como consecuencia de ello un incremento de la materia seca y nutrientes en general, con respecto a los datos obtenidos en las muestras crudas, nótese que el agua perdida fue sustituida por aceite (17).

La materia seca en papas frescas se encontraba entre $29,45 \pm 0,93$ a $43,62 \pm 0,99$ g/100 g y luego de la fritura entre $51,39 \pm 1,44$ a $74,80 \pm 1,06$ g/100 g, siendo la variedad Tinkuy con valores más bajos en crudo y frito en ambas zonas. Es deseable un superior contenido de materia seca para la elaboración de productos derivados como papas fritas con excelente aptitud, obviando las características sensoriales desagradables y ahorrando aceite en el proceso de fritura (18). Los valores de gravedad específica estuvieron entre $0,75 \pm 0,02$ a $1,27 \pm 0,01$, esta característica influye en la aptitud de la fritura de la papa al igual que la materia seca. Para que la absorción del aceite se más baja, los valores deberían estar entre 1,09 a 1,11; lo que indica que las variedades Huevo de Indio (en Cahuac y Huallmish), Azúcar Cantina y Tinkuy (en Huallmish) serían aptas para preparar frituras (3). Debido a que la poca absorción de aceite en parte ayudaría a prolongar la vida útil de las papas fritas, reduciendo la peroxidación lipídica (19) y/o enranciamiento con el tiempo en contacto con el aire, típico de un sabor desagradable de las grasas (16). Además, no todas las variedades de papas nativas, tienen igual calidad de fritura (20).

Los valores de L^* en papas crudas se encontraron de $34,0 \pm 6,12$ a $80,02 \pm 2,10$ y fritas de $24,19 \pm 2,15$ a $77,31 \pm 6,04$. De acuerdo con investigaciones previas se considera aceptable con valores de $L^* \leq 55$ para papas fritas, sin embargo esto han investigado en papas amarillas, mas no en papas de color, por lo tanto las variedades Kitipsho y Tinkuy son no convencionales para su uso en pollerías (3). Se han estudiado que las papas de color rojo y púrpura son una buena fuente de antioxidantes (21). Los valores de C^* en papas crudas fue $10,75 \pm 1,15$ a $26,22 \pm 1,88$ y en fritas de $15,16 \pm 1,77$ a $25,99 \pm 2,86$ y h^* en fresco de $12,78 \pm 4,22$ a $98,12 \pm 0,57$ y frito $10,49 \pm 4,20$ a $101,95 \pm 0,61$; los valores de L^* , C^* y h^* se encuentran dentro de lo reportado, quienes estudiaron 25 materiales genéticos de Uruguay (3). Solo en cenizas y azúcares reductores se evidenciaron diferencias estadísticas en $p \leq 0,05$ respecto a las zonas de cultivo Cahuac y Huallmish. Las proteínas ($1,95 \pm 0,05$ a $2,61 \pm 0,01$ g/100 g bs) y los valores de ceniza ($1,65 \pm 0,27$ a $4,47 \pm 0,24$ g/100 g bs) están dentro de lo reportado (2,22).

Asimismo, los contenidos de azúcares reductores ($0,15 \pm 0,02$ a $1,93 \pm 0,06$ g de glucosa/100 g bs). El contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) están altamente relacionados con el color de las papas fritas, debido a que con las altas temperaturas utilizadas en el freído ($180\text{ }^{\circ}\text{C}$), estos se unen a aminoácidos formando compuestos marrón-oscuro por la reacción de Maillard. La industria requiere cultivares con contenidos menores al 0,1 % del peso fresco y valores mayores a 0,33 % son inaceptables o niveles de azúcares reductores bajos (≤ 250 mg*100 g-1 de peso fresco), ya que da como resultado frituras con menor contenido de aceite, más crocantes y sin coloración oscura (3). En este caso las cuatro variedades cultivadas en ambas zonas cumplen con la condición, por lo tanto son aptos para su industrialización como papas fritas (13).

Los contenidos de almidón superan al 20 %, (ver tabla 1), al tener valores interesantes, las variedades en estudio son potenciales fuentes de almidones nativos a emplearse en las industrias alimentarias (2). Además, en los campos de cultivos no se usaron fertilizantes como nitrógeno, potasio y cloruro de potasio debido a que afectan de forma negativa en el contenido de almidón (18).

El rendimiento de las papas fritas se calculó con la fórmula: rendimiento (%) = (peso de la fritura/peso inicial del tubérculo) * 100 (13). Los rendimientos de las papas fritas procedentes de Cahuac fueron $70,50 \pm 1,12$ %; $66,50 \pm 2,12$ %; $63,50 \pm 4,95$ %; $68,50 \pm 0,71$ % y Hualmish fue $52,76 \pm 1,34$ %; $70,21 \pm 0,37$ %; $63,26 \pm 0,40$ %; $68,95 \pm 1,62$ %; para Huevo de Indio, Kitipsho, Azúcar Cantina y Tinkuy, respectivamente. El rendimiento podría verse influenciado por la absorción de aceite bajo diferentes parámetros como temperatura, tiempo y características del alimento a freír (6).

Se encontraron diferencias significativas en $p \leq 0,05$ en contenidos de antocianinas, fenólicos totales y capacidad antioxidante con DPPH y ABTS. Los contenidos de antocianinas, fenólicos totales, y capacidad antioxidante por DPPH y ABTS no se vieron afectados por la zona de cultivo, tabla 2.

Tabla 1. Resultados de materia seca, ceniza, gravedad específica, color, proteínas, azúcares reductores y almidón.

ZONA	Variedad	Materia seca (g/100g)	Ceniza(g/100g bs)	Gravedad específica	L*	a*	b*	C*	H*	Proteínas (g/100g bs)	Azúcares reductores (g de glucosa /100g bs) (r ² =0,9964)	Almidón (g/100g bs)
Fresco	H	34,29 ± 1,93 ^b	3,73 ± 0,33 ^b	1,12 ± 0,06 ^c	66,86 ± 4,49 ^b	5,15 ± 2,81 ^f	8,73 ± 3,08 ^b	10,75 ± 1,15 ^e	57,90 ± 21,84 ^b	1,95 ± 0,05 ^a	0,40 ± 0,00 ^b	22,154 ± 0,76 ^{bc}
	K	42,48 ± 1,67 ^a	3,15 ± 0,08 ^c	0,91 ± 0,02 ^d	39,50 ± 1,60 ^c	24,62 ± 0,82 ^d	5,68 ± 0,73 ^{bc}	25,28 ± 0,69 ^d	13,02 ± 1,93 ^c	2,06 ± 0,04 ^a	0,41 ± 0,03 ^b	23,03 ± 0,30 ^{ab}
	A	43,62 ± 0,99 ^a	3,48 ± 0,31 ^b	0,87 ± 0,01 ^b	79,67 ± 1,92 ^a	-2,79 ± 0,17 ^d	19,69 ± 2,41 ^b	19,89 ± 2,41 ^b	98,12 ± 0,57 ^a	2,04 ± 0,19 ^a	0,25 ± 0,01 ^a	25,30 ± 1,98 ^a
	T	29,45 ± 0,93 ^c	4,47 ± 0,24 ^a	0,75 ± 0,02 ^e	42,94 ± 6,83 ^c	16,75 ± 6,33 ^b	3,70 ± 3,38 ^c	17,36 ± 5,26 ^b	24,05 ± 15,63 ^c	2,14 ± 0,09 ^a	0,65 ± 0,03 ^a	20,01 ± 0,67 ^c
	H	74,80 ± 1,06 ^a	2,98 ± 0,41 ^a	—	63,69 ± 6,90 ^b	-0,08 ± 0,03 ^b	15,05 ± 1,76 ^b	15,16 ± 1,77 ^e	89,69 ± 7,68 ^b	2,03 ± 0,05 ^b	0,34 ± 0,03 ^b	—
	K	51,39 ± 1,44 ^a	3,85 ± 0,89 ^a	—	30,92 ± 0,95 ^c	17,54 ± 2,28 ^e	4,44 ± 1,19 ^c	18,10 ± 2,45 ^{bc}	14,03 ± 2,60 ^c	2,61 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,07 ^b	—
Frito	A	66,20 ± 1,83 ^b	2,53 ± 0,12 ^a	—	76,59 ± 5,11 ^a	-4,46 ± 0,59 ^e	22,15 ± 3,12 ^a	22,61 ± 2,99 ^d	101,64 ± 2,69 ^a	2,11 ± 0,03 ^b	0,15 ± 0,02 ^c	—
	T	52,10 ± 1,93 ^b	2,55 ± 0,32 ^a	—	34,79 ± 3,24 ^a	19,74 ± 1,60 ^b	3,61 ± 1,22 ^c	20,11 ± 1,41 ^{ab}	10,49 ± 4,20 ^b	2,15 ± 0,15 ^b	0,80 ± 0,01 ^a	—
	H	36,92 ± 1,70 ^c	2,30 ± 0,15 ^b	1,27 ± 0,01 ^a	58,12 ± 6,63 ^b	9,62 ± 2,32 ^b	4,10 ± 2,67 ^c	10,88 ± 1,07 ^c	24,4 ± 18,04 ^{ab}	1,99 ± 0,29 ^a	1,59 ± 0,04 ^a	23,03 ± 3,06 ^{ab}
Fresco	K	38,44 ± 1,14 ^a	1,68 ± 0,02 ^b	0,83 ± 0,02 ^c	35,60 ± 5,49 ^c	23,61 ± 1,86 ^c	11,28 ± 1,77 ^b	26,22 ± 1,88 ^c	25,53 ± 3,85 ^b	2,05 ± 0,01 ^a	0,72 ± 0,04 ^c	26,66 ± 0,68 ^a
	A	36,65 ± 0,71 ^a	3,42 ± 0,23 ^a	1,07 ± 0,02 ^b	80,02 ± 2,10 ^c	-3,11 ± 0,26 ^c	21,70 ± 1,97 ^a	21,92 ± 1,98 ^b	98,16 ± 0,36 ^a	1,99 ± 0,04 ^a	0,49 ± 0,00 ^a	25,40 ± 1,88 ^{ab}
	T	29,38 ± 0,96 ^b	2,25 ± 0,66 ^b	1,01 ± 0,05 ^b	34,0 ± 6,12 ^c	24,34 ± 2,16 ^c	5,48 ± 1,72 ^c	25,00 ± 2,0 ^{ab}	12,78 ± 4,22 ^b	2,14 ± 0,04 ^a	1,00 ± 0,01 ^b	21,41 ± 1,95 ^b
Frito	H	52,04 ± 0,79 ^a	2,03 ± 0,33 ^{ab}	—	60,66 ± 3,72 ^b	-2,21 ± 0,88 ^c	15,14 ± 2,82 ^b	15,32 ± 2,78 ^c	98,57 ± 3,93 ^a	2,11 ± 0,04 ^{bc}	1,79 ± 0,04 ^b	—
	K	52,42 ± 0,77 ^a	1,65 ± 0,27 ^b	—	24,19 ± 2,15 ^d	14,42 ± 1,91 ^b	4,83 ± 0,69 ^c	15,22 ± 1,95 ^c	18,56 ± 2,03 ^b	2,15 ± 0,01 ^b	1,93 ± 0,06 ^a	—
	A	54,96 ± 0,64 ^a	2,64 ± 0,29 ^a	—	77,31 ± 6,04 ^a	-5,38 ± 0,58 ^d	25,43 ± 2,81 ^a	25,99 ± 2,86 ^c	101,95 ± 0,61 ^a	2,03 ± 0,01 ^c	0,77 ± 0,05 ^d	—
3700 msnm	T	43,51 ± 1,98 ^b	1,95 ± 0,08 ^b	—	35,80 ± 3,86 ^c	19,31 ± 2,15 ^c	7,45 ± 2,29 ^c	20,76 ± 2,59 ^c	20,78 ± 5,08 ^a	2,31 ± 0,00 ^a	1,08 ± 0,03 ^c	—

Los valores se dan como media ± desviación estándar (n = 3). Diferentes letras minúsculas dentro de una columna indican diferencias significativas entre las variedades de papa (p ≤ 0,05). H: Huevo de Indio, K: Kitipsho, C: Azúcar Cantina y T: Tinkuy.

Tabla 2. Contenidos de antocianinas, fenólicos totales y capacidad antioxidante.

ZONA	Fresco o frito	Variedad	Antocianinas (mg de cianidina 3 glucósido/ 100 g bs)	Fenólicos totales (mg GAE/100g bs)	Capacidad Antioxidante según DPPH (μmol TE/100 g bs)	Actividad Antioxidante según ABTS (μmol TE/100 g bs)
				$r^2=0,9988$	$r^2=0,9961$	$r^2=0,9974$
ZONA 1: Cauhuac 3780,8 msnm	Fresco	H	4,88 ± 2,39 ^c	90,47 ± 11,99 ^b	46,97 ± 6,86 ^c	179,47 ± 8,31 ^b
		K	51,15 ± 5,4 ^b	104,78 ± 9,67 ^b	64,77 ± 6,29 ^b	122,16 ± 7,60 ^c
		A	0,00 ± 0,00 ^c	43,23 ± 8,61 ^c	7,54 ± 1,55 ^d	83,56 ± 8,02 ^d
		T	146,37 ± 5,95 ^a	295,18 ± 8,97 ^a	113,11 ± 3,61 ^a	245,04 ± 6,30 ^a
	Frito	H	1,32 ± 0,35 ^c	167,11 ± 14,25 ^c	258,16 ± 11,28 ^b	350,73 ± 6,88 ^c
		K	158,56 ± 6,16 ^b	388,59 ± 8,81 ^b	248,44 ± 10,37 ^b	661,58 ± 13,21 ^b
		A	0,23 ± 0,24 ^c	79,63 ± 9,13 ^d	64,55 ± 9,19 ^c	164,45 ± 11,13 ^d
		T	280,48 ± 8,359 ^a	1131,16 ± 13,66 ^a	471,82 ± 3,74 ^a	1095,55 ± 4,62 ^a
ZONA 2: Hualimish 3700 msnm	Fresco	H	17,49 ± 1,29 ^c	258,32 ± 12,75 ^c	51,96 ± 6,61 ^c	77,23 ± 2,96 ^d
		K	104,00 ± 2,76 ^b	347,97 ± 13,05 ^b	95,32 ± 6,97 ^b	107,25 ± 3,40 ^c
		A	0,00 ± 0,00 ^d	118,19 ± 0,76 ^d	21,80 ± 5,69 ^d	187,50 ± 2,41 ^a
		T	321,46 ± 4,94 ^a	632,60 ± 12,82 ^a	150,15 ± 17,31 ^a	159,58 ± 4,86 ^b
	Frito	H	18,55 ± 4,01 ^c	280,64 ± 6,38 ^c	144,66 ± 3,12 ^c	361,69 ± 5,63 ^c
		K	185,96 ± 3,95 ^b	584,33 ± 14,97 ^b	463,65 ± 14,20 ^b	1057,54 ± 10,56 ^b
		A	0,39 ± 0,45 ^d	215,03 ± 14,99 ^d	155,16 ± 1,72 ^c	347,48 ± 5,53 ^c
		T	313,63 ± 0,60 ^a	961,77 ± 14,32 ^a	576,97 ± 30,97 ^a	1137,27 ± 4,82 ^a

Los valores se dan como media ± desviación estándar (n = 3). Diferentes letras minúsculas dentro de una columna indican diferencias significativas entre las variedades de papa (p ≤ 0.05). H: Huevo de Indio, K: Kitipsho, C: Azúcar Cantina y T: Tinkuy.

Los contenidos de fenólicos totales y capacidad antioxidante por DPPH y ABTS tuvieron diferencias estadísticas en $p \leq 0,05$ al ser sometidas a fritura, observándose mejor presencia de fenólicos totales y capacidad antioxidante en papas fritas. Al someter a regresión lineal: fenólicos totales con DPPH (coeficiente de correlación 0,8541), fenólicos totales con ABTS (coeficiente de correlación 0,8191), antocianinas con DPPH (coeficiente de correlación 0,7177) y antocianinas con ABTS (coeficiente de correlación 0,6559), se encontró $r^2 = 0,8727$; $0,8447$; $0,7205$ y $0,6679$ respectivamente lo cual permite afirmar que los contenidos de fenólicos totales y antocianinas de las variedades de las papas evaluadas incrementan la capacidad de atrapar radicales libres (2).

Los contenidos de fenólicos totales se encontraron entre $43,23 \pm 8,61$ a $632,60 \pm 12,82$ en papas crudas y de $79,63 \pm 9,13$ a $1131,16 \pm 13,16$ mg de AGE/100g bs en papas fritas, los valores fueron superiores a los reportados (3,22–24). Es decir, los fenólicos presentes en las variedades evaluadas, al ser sometidas a tratamiento térmico de fritura (180 °C), no provocó ningún cambio en el contenido de ácidos fenólicos excepto por una pequeña disminución de las antocianinas (25). Además, la cantidad de fenólicos totales y su estabilidad dependen de varios factores, como los procesos agrotécnicos, las condiciones climáticas, la madurez durante la cosecha y las manipulaciones posteriores a la cosecha, así como el genotipo, las condiciones de almacenamiento después de la cosecha y los métodos de procesamiento y

cocción. La tasa de retención en las cuatro variedades fluctuó entre 1,09 a 3,83 veces, valores ligeramente superiores a los genotipos evaluados; cuyo rango estuvo entre $161,6 \pm 14,2$ a $442,7 \pm 37,5$ para muestras crudas y en muestras cocidas de $245,2 \pm 7,6$ a $524,8 \pm 8,4$ mg ácido gálico/100 g bs. La tasa de retención luego del proceso de cocción fluctuó entre 1,11 a 1,72 veces (2,24).

La capacidad antioxidante mediante DPPH se encontró entre $7,54 \pm 1,55$ a $150,15 \pm 17,31$ (fresco) y entre $64,55 \pm 9,19$ a $576,97 \pm 30,97$ $\mu\text{mol TE}/100$ g bs (frito). La capacidad antioxidante mediante ABTS se halló entre $77,23 \pm 2,96$ a $245,04 \pm 6,30$ (fresco) y entre $164,45 \pm 11,13$ a $1137,27 \pm 4,82$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ bs (frito). El proceso de fritura incrementó la capacidad antioxidante con diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$). Se encontró estudios de la actividad antioxidante por ABTS en papas de Colombia, en muestras crudas de $4408,3 \pm 300,8$ a $12542,8 \pm 113,2$; en muestras cocidas varió entre $6643,8 \pm 246,7$ a $14492,9 \pm 378,12$ TEAC- μmol de Trolox/100g bs, la tasa de retención luego del proceso de cocción osciló entre 1,08 a 1,76 veces, observando un aumento significativo de la actividad antioxidante luego del proceso de cocción (2).

En papas cultivadas en Cahuac y Huallmish, la variedad Tinkuy fue estadísticamente superior en capacidad antioxidante mediante DPPH y ABTS en papas crudas y fritas, con excepción de las muestras frescas evaluadas con ABTS. La variedad Kitipsho estaría en segundo lugar. Lo mencionado está sujeto al color rojo que presentaron estas variedades (2). La variedad de color amarilla (Azúcar cantina) presentó mayor capacidad antioxidante en fresco mediante el ABTS (26).

La antocianinas en fresco fluctuaban de $0,00 \pm 0,00$ a $321,46 \pm 4,94$ y en frito de $0,23 \pm 0,24$ a $313,63 \pm 0,60$ mg de cianidina 3 glucósido/ 100 g bs. Los valores se encuentran dentro de los reportado 1,7 a 1440 (mg/110 g) de antocianinas (27). En 27 genotipos de papas se encontraron de 0 a 0,801 contenido de antocianinas, expresados como malvidin-3-p-coumarylglycoside (g/kg en base fresca) (28), las papas frescas fueron evaluadas después de 2 a 3 semanas de la cosecha lo que podría explicar la ausencia (23). Entre de los elementos que afectan su estabilidad se encuentra la temperatura el almacenamiento (29), pH, luz, agua, enlaces glicosídicos e interacciones en la matriz alimenticia que ocurren durante el procesamiento (27). Las antocianinas estuvieron mayormente en Tinkuy, seguido de Kitipsho, Huevo de Indio y con ausencia en Azúcar Cantina en las muestras frescas cultivadas en Cahuac y Huallmish, lo interesante se reconoció presencia de antocianinas después de la fritura en Azúcar Cantina (27), las antocianinas disminuyen después del proceso de cocción con ebullición durante 20 a 25 minutos (29). Asimismo, después de la fritura, las antocianinas totales disminuyeron de 58,1 a 33,6 mg de cianidina-3-glucósido equivalente/100 g base seca desgrasada (27).

CONCLUSIONES

Según el contenido de materia seca y gravedad específica las variedades evaluadas tienen aptitud para fritura especialmente Huevo de Indio cultivada en Cahuac y Huallmish, azúcar Cantina y Tinkuy cultivadas en el caserío de Huallmish. El contenido de antocianinas, fenólicos totales, capacidad antioxidante por el método DPPH y ABTS se vieron incrementados por el proceso de fritura, en las dos zonas cultivadas en la región Huánuco para las cuatro variedades. La zona de cultivo influyó en los contenidos de azúcares reductores y ceniza para las cuatro variedades evaluadas. La variedad Tinkuy y Kitipsho son potenciales fuentes de componentes bioactivos y capacidad antioxidante.

AGRADECIMIENTO

A la asociación de productores Los pioneros de Huallmish, integrada por 9 damas y 14 hombres, de la comunidad campesina de Huallmish, distrito de Churubambaba, Provincia y región Huánuco. Por la disposición de trabajar de la mano brindando las parcelas para los cultivos de las papas nativas. Y a los productores de Cahuac por incluirse en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Navas PB, Ledezma JC, Martínez S. Características sensoriales de papas tipo bastón fritas en aceites condimentados. *Saber*. 2015; 27(2):286-92.
2. Cerón-Lasso M, Alzate-Arbeláez AF, Rojano BA, Ñutze-Lopez CE. Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información tecnológica*. 2018; 29(3):205-16.
3. Silveira AC, Vilaró F, Kvapil MF, Rodríguez S del C, Zaccari F. Caracterización fisicoquímica y potencial para fritura de materiales genéticos de papa (*Solanum tuberosum*). *Rev Chapingo Ser hortic*. 2020; 26(2):143-57.
4. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI [Internet]. [citado 14 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/midagri>
5. Rosero Alpala MG, Tapie WA, Rosero Alpala DA, Rosero Alpala MG, Tapie WA, Rosero Alpala DA. Diversidad fenotípica de papas nativas en las comunidades indígenas de la etnia de los Pastos (Nariño, Colombia): Agricultura ecológica para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. *Rev Per Biol*. 2020; 27(4):509-16.
6. Montes ON, Millar MI, Provoste LR, Martínez MN, Fernández ZD, Morales IG, et al. Absorción de aceite en alimentos fritos. *Rev Chil Nutr*. 2016; 43(1):87-91.
7. Horwitz W, Chemists A of OA. Official methods of analysis of AOAC International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs / edited by William Horwitz. [Internet]. Gaithersburg (Maryland) : AOAC; 2010. [citado 10 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.ceu.es/handle/10637/3158>

8. International Potato Center. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones: an international cooperators' guide. Lima, Peru: International Potato Center; 2007.
9. Hernández-Medina M, Torruco-Uco JG, Chel-Guerrero L, Betancur-Ancona D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Sci Technol*. 2008; 28:718-26.
10. Rapisarda P, Fanella F, Maccarone E. Reliability of analytical methods for determining anthocyanins in blood orange juices. *J Agric Food Chem*. 2000; 48(6):2249-52.
11. Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Ueno N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chem*. 2010; 119(4):1300-6.
12. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*. 1999; 26(9):1231-7.
13. Vázquez-Carrillo MG, Santiago-Ramos D, Ybarra-Moncada MC, Rubio-Covarrubias OÁ, Cadena-Hinojosa MA. Variables fisicoquímicas y calidad de fritura de clones de papa desarrollados para los Valles Altos de México. *Agrociencia*. 2013; 47(1):47-59.
14. Benza JC. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Lima: Editorial Jurídica; 1970.
15. Alcon Callejas D, Bonifacio Flores A, Taboada Belmonte C. Caracterización morfológica de tubérculos de la papa amarga según el diálogo de saberes. *RIIARN*. 2019; 6(2):7-20.
16. Segurondo Loza R, Cortez Quisbert V. Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida. *Rev Cs Farm y Bioq*. 2020; 8(2):115-28.
17. Hernández PS, Rodríguez EMR, Romero CD. Cambios en el valor nutritivo de patatas durante distintos tratamientos culinarios changes in the nutritional value of potatoes during different culinary processes cambios no valor nutritivo de patacas durante distintos tratamientos culinarios. *Cienc Tecnol Aliment*. 2004; 4(4):257-61.
18. Loyola LN, Oyarce CE, Acuña CC. Evaluación del contenido de almidón en papas (*solanum tuberosum* cv. *desirée*), producidas en forma orgánica y convencional, en la provincia de curicó, región del maule. *Idesia (Arica)*. 2010; 28(2):41-52.
19. Juárez MD, Sarmán N. El deterioro de los aceites durante la fritura. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2007; 13(2):82-94.
20. Hasbún J, Esquivel P, Brenes A, Alfaro I. Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense*. 2009; 33(1):77-89. 14.
21. Lachman J, Hamuz K. Red and purple coloured potatoes as a significant antioxidant source in human nutrition - A review. *Plant Soil Environ*. 2005; 51(11): 477-482.
22. Benavides-Guerrero R, Revelo-Cuarán YA, Arango-Bedoya O, Osorio-Mora O. Extracción asistida con ultrasonido de compuestos fenólicos de dos variedades de papas (*Solanum phureja*) nativas andinas y evaluación de su actividad antioxidante. *Información Tecnológica*. 2020; 31(5):43-50.
23. Barragan Condori M, Aro Aro JM. Determinación del efecto de procesos de cocción en papas nativas pigmentadas (*Solanum tuberosum* spp. *andigena*) sobre sus compuestos bioactivos. *Rev Investig Altoandin*. 2017; 19(1):47-52.

24. Burgos G Amorós W Muñoa L Sosa P Cayhualla E Sánchez C Diaz C Bonierbal M. Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. *J Food Compost Anal.* 2013;30(1):6-12.
25. Akyol H, Riciputi Y, Capanoglu E, Caboni MF, Verardo V. Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *Int J Mol Sci.* 2016; 17(6):835. doi: 10.3390/ijms17060835.
26. García-Torres SM, Chire-Fajardo GC, Repo-Carrasco R, Ureña-Peralta MO. Efecto de la fritura sobre los componentes bioactivos de la papa nativa (*Solanum tuberosum* sp.) Puka Ambrosio. *Rev Chil Nut.* 2022; 49(1):7-16.
27. Jansen G, Flamme W. Coloured potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) – Anthocyanin Content and Tuber Quality. *Genet Resour Crop Evol.* 2006; 53(7):1321-31.
28. Rojano B, Cristina Zapata I, Cortes FB. Estabilidad de antocianinas y valores de capacidad de absorbanza de radicales oxígeno (ORAC) de extractos acuosos de corozo (*Bactris guineensis*). *Rev Cubana Plant Med.* 2012; 17(3):244-55.
29. Garzón GA. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biol Colomb.* 2008; 13 (3), 27-36.