

## Artículo original

# COMPUESTOS FUNCIONALES EN DOS ACCESIONES DE *Tropaeolum tuberosum* DURANTE EL ALMACENAMIENTO

## FUNCTIONAL COMPOUNDS IN TWO ACCESSIONS OF *Tropaeolum tuberosum* DURING STORAGE

**ROGER GÓMEZ MAMANI<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0002-1747-1947>

**JESÚS ARIAS ESCOBAR<sup>2</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0001-9422-1653>

**JULIO MACHACA YANA<sup>3</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0002-8399-7541>

**PERCY FERMÍN VELÁSQUEZ COSSI<sup>4</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0001-7006-7583>

Recibido: 8/06/2021

Aceptado: 2/08/2021

Publicado: 19/11/2021

<sup>1</sup>Programa de Doctorado en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima

<sup>2,3</sup>Escuela de Industrias Alimentaria, Universidad Nacional de Juliaca, Puno

<sup>3</sup>Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Sal Cristóbal de Huamanga, Ayacucho

E-mail: <sup>1</sup>Roger.gomez1@unmsm.edu.pe, <sup>2</sup>j.arias@unaj.edu.pe <sup>3</sup>j.machaca@unaj.edu.pe  
<sup>3</sup>percy.velasquez@unsch.edu.pe



## Resumen

Los compuestos funcionales presentes en los alimentos son elementales para prevenir ciertos tipos de cáncer por lo que es importante conocer como estos varían en el alimento durante el almacenamiento. El estudio se realizó en la región Puno en el año 2019, el objetivo del ensayo fue evaluar el comportamiento de los compuestos funcionales en dos accesiones del Isaño: Yana añu (color púrpura-oscuro) y Amarillo zapallo con ojos morados durante el almacenamiento a condiciones naturales 13 °C y 65 % de humedad relativa, el método usado para determinar los polifenoles fue el descrito por Folin-Ciocalteu; ABTS para determinar la CAOX y la titulación visual con 2-6 Diclorofenolindofenol para cuantificar el contenido de vitamina C. Los resultados demuestran que la accesión Yana añu es la que mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante tiene en comparación con la accesión amarillo zapallo con ojos morados, siendo estos valores para los polifenoles 24,90 y 15,89 mg AGE.g<sup>-1</sup> los cuales se reducen a 15,93 y 4,89 mg AGE.g<sup>-1</sup> respectivamente en ambas accesiones estado fresco, lo mismo ocurre para la CAOX empiezan con 322,66 y 87,17 y se reducen a 296,35 y 77,85 μmol de TE.g<sup>-1</sup> para el día 40 de almacenamiento para ambas variedades, en cambio el contenido de Vitamina C es similar en ambos casos, así lo indica la prueba de Tukey. La pérdida de los compuestos funcionales en las dos accesiones del Isaño está en relación inversa con el tiempo de almacenamiento.

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante; Isaño, polifenoles; metabolitos; vitamina C.

## Abstract

The functional compounds present in food are essential to prevent certain types of cancer, so it is important to know how they vary in the food during storage. The study was conducted in the Puno region in 2019; the objective of the trial was to evaluate the behavior of functional compounds in two accessions of Isaño: Yana añu (purple-dark color) and Yellow pumpkin with purple eyes during storage at natural conditions 13 °C and 65 % of relative humidity. The method used to determine the polyphenols was the one described by Folin-Ciocalteu; ABTS to determine the CAOX and visual titration with 2-6 Dichlorophenolindophenol to quantify the vitamin C content. The results show that the Yana añu accession has the highest polyphenol content and antioxidant capacity compared to the yellow pumpkin with purple eyes accession, being these values for polyphenols 24.90 and 15.89 mg AGE.g<sup>-1</sup>, which are reduced to 15.93 and 4.89 mg AGE.g<sup>-1</sup> respectively in both fresh state accessions. The same thing occurs for CAOX starting with 322.66 and 87.17 and reducing to 296.35 and 77.85 μmol TE.g<sup>-1</sup> by day 40 of storage for both varieties. On the other hand, the Vitamin C content is similar in both cases, as indicated by Tukey's test. The loss of functional compounds in the two accessions of the Isaño is inversely related to the time of storage

**Keywords:** Antioxidant capacity; Isaño, polyphenols; metabolites; vitamin C.

## 1. Introducción

El tubérculo (*Tropaeolum tuberosum*) se cultiva en los andes sudamericanos, al cual denominan Cubio en Colombia, Isaño, Mashua o Añu en Perú, Bolivia y Ecuador; este alimento ancestral tiene características funcionales por el contenido de anti oxidantes, polifenoles, vitamina C entre otros metabolitos. Se considera alimento funcional por la presencia de compuestos bioactivos, denominados fitoquímicos (García, 2016); enriquecidos en determinados nutrientes o presenta reducción de algunos componentes (Calvo et al., 2012); así los polifenoles y flavonoides afectan en la etapa de iniciación de la carcinogénesis protegiendo a las células contra los agentes cancerígenos de acción directa (Verna, 1996); debido a que la actividad anti promotora de tumores de los flavonoides se ha relacionado con la inhibición de varios ADN y ARN polimerasa celulares (Agarwal et al., 1992); así las frutas y vegetales, pueden ejercer un efecto protector contra enfermedades como el cáncer y trastornos cardiovasculares (Padilla et al. 2008); por esta razón, los pobladores de los andes tienen presente en su dieta al Isaño, debido a sus efectos relacionados con la mejoría en enfermedades del hígado y riñón, eczemas de la piel y desórdenes de la próstata (Chirinos et al., 2008). No obstante, se desconoce cómo estos metabolitos varían durante el almacenamiento ya que pueden sufrir cambios como la reducción, desnaturalización o descomposición, tales cambios pueden estar relacionados; con el equilibrio entre la nueva síntesis de compuestos fenólicos bioactivos y la degradación de otros, la variedad, pH, incidencia de la luz (Chirinos et al., 2007), también pueden estar asociados a cambios fotoquímicos, el aire como agente oxidante junto con la luz ocasionarían eventualmente la degradación de la antocianina (Eiro y Heinonen, 2002); así mismo la cinética de degradación térmica demuestra que de 75 a 95 °C la vitamina C disminuye entre 56 y 70 % (Ordóñez et al. 2013). El Isaño presenta variedades heterogéneas; entre uno y otro hay marcadas diferencias en el contenido de compuestos fenólicos, así los tubérculos morados presentan actividad antioxidante diez veces mayor que los genotipos amarillos (Chirinos et al., 2008).

El espectrómetro de masas es aplicable a la caracterización de compuestos bioactivos en alimentos funcionales (Gómez, 2010), así la capacidad antioxidante del Isaño se puede cuantificar con la reacción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) por espectrofotometría (Beltran y Mera 2013); a una concentración 0,037 y 0,200 mM del DPPH y estándares entre  $6,67 \times 10^{-3}$  y  $2,2 \times 10^{-2}$  nM de catequina y epicatequina encuentran valores de IC 50. Esto indica la importancia de la concentración del DPPH para evaluar la capacidad antioxidante (Guija-Poma et al. 2015). Similarmente autores como Cosavalente et al. (2016); Inostroza et al. (2015); Kuskoski et al. (2005); Mejía et al. (2018) y Yapuchura, (2010) han demostrado la aplicabilidad, funcionabilidad y eficiencia de los métodos ABTS y DPPH para determinar los compuestos funcionales en tubérculos, hierbas medicinales, relación entre el contenido de antocianos y compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante *in vitro* y aplicación como antioxidante en el yogurt. A la vez la técnica del DPPH es rápida y puede ser utilizada para evaluar la actividad captadora de radicales libres en extractos vegetales (Beltran y Mera, 2013).

## 2. Objetivo

Por lo descrito, es importante conocer la variabilidad que sufren los compuestos funcionales del tubérculo, el objetivo principal del estudio es evaluar y comparar el efecto del

almacenamiento sobre los compuestos funcionales del Isaño en dos accesiones: Amarillo zapallo y Yana añu durante el almacenamiento.

### 3. Metodología

La cuantificación de compuestos funcionales del *Tropaeolum tuberosum* de las accesiones, se realizaron en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Con base en el Sistema de Color de Munsell, la tonalidad de la epidermis de la accesión Yana Añu cae en la clasificación 5P 2/8 o 5P 2/10, que significa un tono o color púrpura-oscuro-fuerte y la tonalidad del amarillo zapallo con ojos morados se ubica en 5Y 7/12 amarillo-claro-débil, siendo estas las muestras seleccionadas para los ensayos.

**Figura 1**

*Muestras biológicas, accesión Yana añu y Amarillo zapallo con ojos morados*



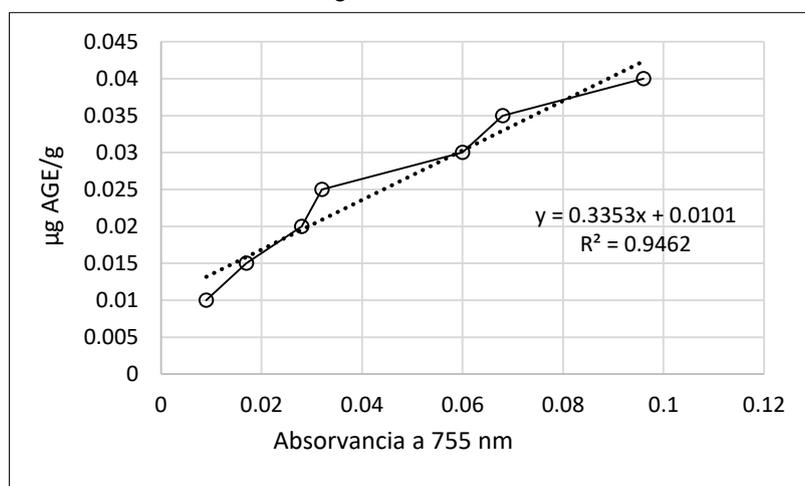
Antes de los ensayos se obtuvo los extractos empleados en la cuantificación de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante (CAOX) el procedimiento seguido fue el que aplicó Huaccho (2016), pesado de dos gramos de muestra en un tubo de centrifuga protegida de la luz blanca, seguidamente se adicionó 25 ml de metanol al 80 por ciento, se agitó por cinco minutos y se dejó reposar a cuatro grados centígrados por 24 horas, posteriormente se centrifugó a 4000 rpm durante 15 minutos y luego se trasvasó cuidadosamente el sobrenadante a un frasco ámbar, de este modo, quedó listo el sustrato para el análisis por espectrofotometría. Este procedimiento se repitió a los 0, 10, 20, 30 y 40 días que duró el almacenamiento a partir de la cosecha, el estudio se realizó los meses de junio y julio de 2019, el muestreo fue aleatorio de parcelas pre seleccionadas, la cosecha se hizo el 5 de junio.

## Ensayo para la determinación de polifenoles

La cuantificación de fenoles totales se determinó según el método de Folin- Ciocalteu (1965), se tomó 500  $\mu\text{L}$  los extractos de la muestra en cinco tubos de prueba, a ello se le añadió 250  $\mu\text{L}$  del reactivo Folin – Ciocalteu 1N y 250  $\mu\text{L}$  de la solución Carbonato de Sodio 0,5 M. El conjunto se homogenizó y reposó por 30 minutos a temperatura ambiente manteniendo condiciones de oscuridad, paralelamente se preparó un blanco con agua destilada en lugar de la muestra y se trabajó bajo las mismas condiciones. Este blanco se utilizó para calibrar el espectrofotómetro, seguidamente se realizó la lectura a la longitud de onda de 755 nm obteniéndose así las curvas estándar del ácido gálico (Figura 2)

**Figura 2**

*Curva estándar del Ácido gálico*



La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales es la siguiente:

$$Y = 0,03353 \times Abs - 0,0101 \quad (1)$$

El contenido de compuestos fenólicos totales se calcula con la ecuación siguiente:

$$\frac{mg \text{ Ác.gálico}}{100g} = ((0,03353 * Abs) - 0,0101) * Fd * A * 100 \quad (2)$$

Donde:

Abs = Absorbancia de la muestra, leída a 755 nm

Fd = Factor de dilución

A = Volumen (mL) de solvente utilizado más el peso de la muestra (g)/peso de la muestra (g).

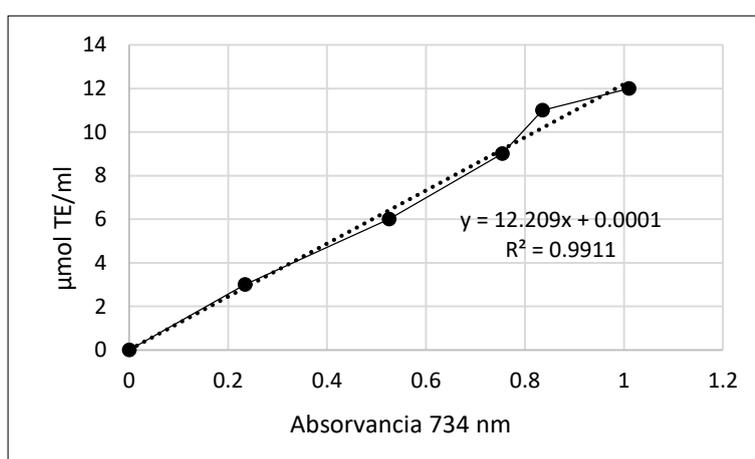
Y, se expresa en mg de Ácido gálico equivalente (AGE).g<sup>-1</sup>

### Ensayo para la determinación de la capacidad antioxidante (CAOX)

Para la cuantificación de la CAOX, primero se elabora la solución de ABTS (2,2 azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), la cual estuvo conformada por dos soluciones: A (78,4 mg ABTS en 10 mL de agua destilada) y B (13,2 mg de Persulfato de potasio en 10 mL de agua destilada). Se mezcló en partes iguales la solución A y B, luego se dejó reposar por 12 horas a cuatro grados centígrados. A partir de esta solución inicial, se extrajo 1,0 mL al cual se le adicionó 60 mL de metanol y se midió su absorbancia a 734 nm, seguidamente se colocó 150  $\mu\text{L}$  de los extractos de Mashua a analizar en tubos de ensayo protegiendo meticulosamente de la luz solar y artificial, después se le agregó 2,850  $\mu\text{L}$  de la solución de ABTS, seguidamente se cerró herméticamente los tubos y se homogenizó vigorosamente la mezcla en el Vórtex por 3 minutos. Luego de 2,5 horas de reacción de la muestra, se calibró el espectrofotómetro con metanol a 734 nm y se procedió a tomar las lecturas de absorbancia de las muestras a 734 nm (Figura 3).

**Figura 3**

*Curva estándar de Trolox a 734nm*



La CAOX, en la Mashua, se estimó reemplazando las absorbancias de la muestra en la curva estándar (Ec. 3) teniendo como patrón el Trolox.

$$\mu\text{mol Trolox Equivalente (TE).mL}^{-1} = (12,209 * \text{Abs}) - 0,0001 \quad (3)$$

La capacidad antioxidante se calcula con la Ec. 4

$$Y = ((12,209 * \Delta\text{Abs}) - 0,0001) * Fd * A \quad (4)$$

Donde:

Y =  $\mu\text{mol Trolox Equivalente (TE)/g}$  de muestra

$\Delta\text{Abs}$  = absorbancia del blanco – absorbancia de la muestra a 734 nm

Fd = Factor de dilución

A = volumen (mL) de solvente utilizado más peso de muestra (g)/ peso muestra (g)

## Ensayo para la determinación de la vitamina C

La vitamina C se cuantificó a través del método por titulación visual con 2-6 Diclorofenolindofenol.

Los resultados se sometieron a una regresión lineal, también se hizo una correlación de Pearson. Para la evaluación de la normalidad de los datos se usó la prueba de Anderson-Darling. Finalmente, en la comparación de los resultados obtenidos por cada accesión, se aplicó la comparación múltiple de Tukey y para todos los análisis estadísticos se empleó un nivel de significancia de 0,05 con el software libre R 4.0.3

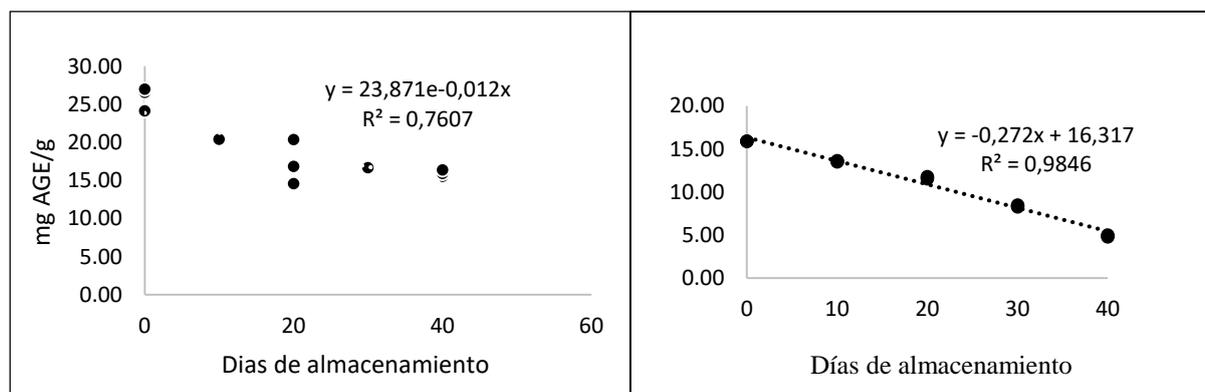
## 4. Resultados

### Análisis de polifenoles totales (PF)

La figura 4 muestra el comportamiento de los compuestos fenólicos durante el tiempo de almacenamiento a partir de la cosecha hasta los 40 días. En ella se observa que la accesión Yana añu muestra una reducción desde el inicio de almacenamiento de 24,90 a 15,93 mg AGE.g<sup>-1</sup> en el día 40. En cambio, la accesión Amarillo zapallo con ojos morados muestra una reducción de 15,89 a 4,89 mg AGE.g<sup>-1</sup> para similar tiempo de almacenamiento.

Figura 4

*Decrecimiento de los polifenoles totales en dos accesiones de Isaño*



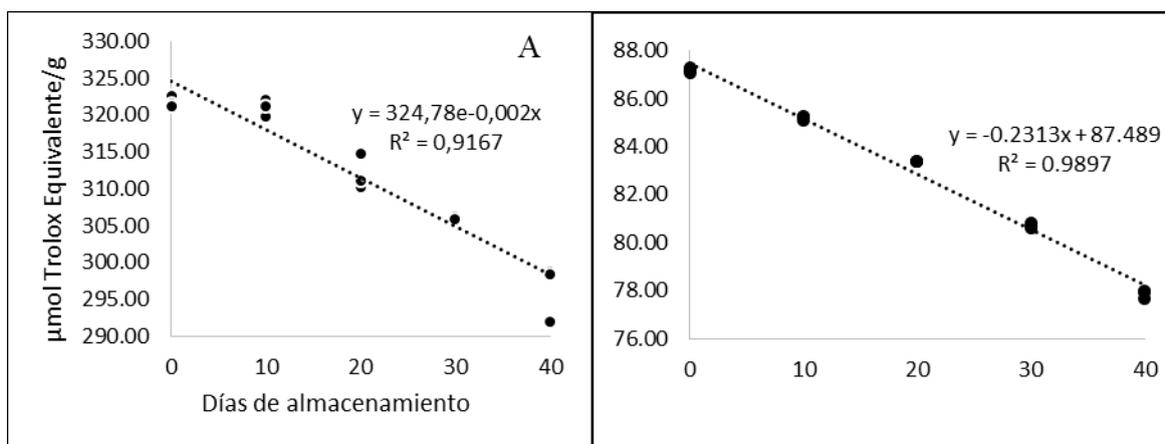
*Nota.* A= Polifenoles de Isaño Yana Añu, B= Polifenoles de isaño Amarillo zapallo ojos morados

### Capacidad antioxidante (CAOX) en el Isaño

La figura 5 muestra el comportamiento de la capacidad antioxidante frente al tiempo de almacenamiento se ha encontrado promedios de 322,66, 319,92, 310,34, 306,01 y 296,35 accesión Yana añu y 87,17, 85,21, 83,36, 80,71 y 77,85  $\mu\text{mol}$  de TE.g<sup>-1</sup> para los 0, 10, 20, 30 y 40 días de almacenamiento respectivamente.

Figura 5

Tendencia de la capacidad antioxidante en las dos accesiones del Isaño



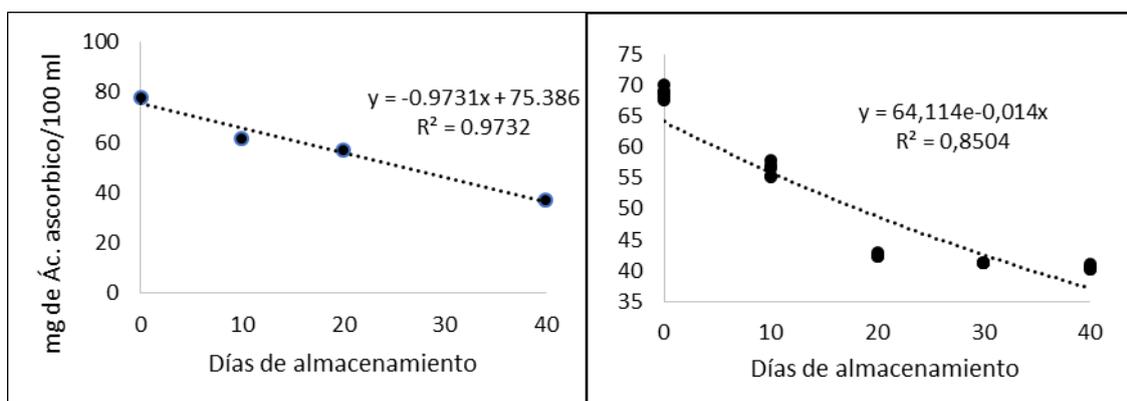
Nota. A= Capacidad antioxidante del Isaño Yana Añu, B = Capacidad antioxidante del Isaño Amarillo zapallo ojos morados

### Determinación de la Vitamina C

El contenido de vitamina C, en las accesiones Yana añu y amarillo zapallo, se muestra en la figura 6, en ella se observa una disminución de la cantidad del ácido ascórbico respecto a los días de almacenamiento. Se presenta una relación inversa entre ambos factores.

Figura 6

Comportamiento de la vitamina C frente a los días de almacenamiento poscosecha.



Nota. A= comportamiento en Isaño Yana Añu, B= comportamiento en Isaño Amarillo zapallo

## 5. Discusión

### Análisis de polifenoles totales (PF)

El comportamiento de los polifenoles frente a los días de almacenamiento muestra una correlación negativa de Pearson (-0,87 y -0,99) para ambas accesiones, lo cual, de acuerdo al

baremo de coeficiente de correlación, este valor está dentro del rango (-0,7 a -0,89 correlación negativa alta), ello indica que la reducción de los polifenoles está en una relación inversa frente a los días de almacenamiento, el p-valor de  $4,54 \cdot 10^{-13}$  es menor al nivel de significancia 0,05, lo que indica una evidencia estadística significativa para aceptar que el almacenamiento influye fuertemente sobre el descenso del contenido de compuestos fenólicos en la Mashua.

Por su parte, Chirinos et al. (2007), encontraron una disminución del 12 por ciento en el contenido fenólico al final de los 37 días de almacenamiento solar de 10 horas de luz media brillante a una temperatura máxima de 20 °C en el cultivar ARB 5241, de 10 cultivares de Mashua estudiados; asimismo, Huaccho (2016) en los 84 cultivares de Mashua evaluados, s-153 y s-148 que son semejantes a la variedad Yana añu, obtuvo concentraciones de  $15,5 \pm 0,1$  y  $10,9 \pm 0,4$  mg AGE.g<sup>-1</sup> (b.s.) respectivamente en estado fresco; estos valores están en el rango obtenidos en nuestro estudio (25,881 a 15,934 mg AGE.g<sup>-1</sup>). Chirinos et al., (2007), obtuvieron valores promedios entre 14 y 24 mg equivalentes de Ácido clorogénico.g<sup>-1</sup> pasado los 7,5 meses posterior a la siembra (el día de la cosecha), por consiguiente, el valor 26,099 mg AGE.g<sup>-1</sup> obtenido en esta investigación para el día cero de almacenamiento es ligeramente mayor en dos unidades, además, se observa el descenso de los compuestos fenólicos desde la cosecha hasta los 37 días de almacenamiento que duró el estudio. Mamani y Arias (2011) hallaron antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del género Solanum de pulpa azul y roja. Encontraron que el contenido de polifenoles totales fue de 1,836 y 1,082 mg Ácido gálico.g<sup>-1</sup> (m.f.) para los clones 304239 y 303851 respectivamente. Santayana (2018) reportó que en el tratamiento Mashua soleado los Compuestos Fenólicos Totales, disminuyeron progresivamente hasta llegar a una concentración de  $3,48 \pm 0,22$  mg AGE.g<sup>-1</sup> (m.s.) para el día 15 de tratamiento poscosecha, perdiendo el 67,2% de su contenido inicial. Con respecto a la comparación de las medias de los contenidos de compuestos fenólicos, se encuentra que el valor del F crítico 4,19 es menor que el F-calculado 33,86, lo cual indica que hay diferencia entre las medias de ambas accesiones, siendo la variedad Yana añu mayor contenido que la variedad amarillo zapallo con ojos morados 15,93 y 4,89 mg AGE.g<sup>-1</sup> respectivamente para el día 40 de almacenamiento.

En este estudio se comprueba que la pérdida o disminución del contenido de polifenoles en ambas accesiones está influenciado por el almacenamiento. Estos efectos pueden estar relacionados con el equilibrio entre la nueva síntesis de compuestos fenólicos bioactivos y la degradación de otros, variedad, pH, incidencia de la luz entre otros factores (Chirinos et al., 2007).

### Capacidad antioxidante (CAOX) en el Isaño

La estadística muestra que la CAOX tiene una correlación de Pearson negativa, grande y perfecta (-0,973 y -0,995), esto indica que la capacidad antioxidante está en una relación inversa casi perfecta frente a los días de almacenamiento; el p-valor 0.000 es muy inferior al nivel de significancia 0,05, por lo que se asevera que existe evidencia estadística para aceptar que el almacenamiento poscosecha tiene efecto sobre la pérdida de la capacidad antioxidante en la mashua. Al respecto, Chirinos et al. (2007) reportan una CAOX media de 80 a 378 y 59 a 389 μmol de TE.g<sup>-1</sup> para los métodos de análisis ABTS y ORAC respectivamente para 10 cultivares de mashua, de los cuales los cultivares ARB 5241, DP 0224 y AGM 5109 tienen valores medios entre 250 y 440 μmol de TE.g<sup>-1</sup>, tales valores están en el rango de los resultados

obtenidos en nuestro estudio (321,75 a 296,36  $\mu\text{mol}$  de TE.g-1 ); así mismo Huaccho (2016), en la muestra s153, encontró la mayor actividad de CAOX  $128,2 \pm 3,2$   $\mu\text{mol}$  de TE.g-1 (b.s.) en estado fresco para la variedad Yana ñu; Riojas (2018) halló 33,89 % de capacidad antioxidante para el Ecotipo quello por el método ABTS; que es mucho menor a lo obtenido por Huaccho (2016), 73,9  $\mu\text{mol}$  de TE.g-1 para el cultivar 203108 similar a la muestra amarillo zapallo con ojos morados el cual dista menos con 87,17  $\mu\text{mol}$  de TE.g-1 obtenido en este estudio. La comparación de las medias de la CAOX tiene el valor del F-crítico 4,19, este es menor que el F-calculado 6992,26 lo cual indica que hay diferencia entre las medias de ambas accesiones, siendo la variedad Yana ñu con mayor capacidad oxidante que la variedad amarillo zapallo con ojos morados 296,35 y 77,85  $\mu\text{mol}$  de TE.g-1 respectivamente para el día 40 de almacenamiento.

La estabilidad y la actividad antioxidante de acuerdo con los valores de la constante de velocidad de reacción y el tiempo de vida media de los extractos almacenados; existe una gran influencia del pH, la luz, el aire sobre la estabilidad de las soluciones acuosas de las antocianinas del fruto de Capulí (Hurtado y Pérez, 2014). Se sabe que el aire como agente oxidante junto a la luz pueden hacer que las antocianinas se degraden, la luz es capaz de acelerar algunos cambios fotoquímicos, ocasionando eventualmente la degradación de la antocianina limitando su aplicación como aditivo alimenticio (Eiro y Heinonen, 2002). En esta investigación se demuestra que el almacenamiento a condiciones normales influye notablemente en la disminución de la CAOX en ambas accesiones.

## Vitamina C

El contenido de vitamina C en las accesiones Yana ñu y amarillo zapallo decrece de 77,82 a 36,92 y 68,73 a 40,53 mg de ácido ascórbico 100 mL-1 respectivamente para el día cero y 40 de almacenamiento; esta reducción, representa una pérdida del 52,56 % para la accesión Yana ñu y 41,03 % para otra accesión. En la mashua existe aproximadamente 77,37 mg de vitamina C por cada 100 g de materia fresca, haciéndolo uno de los tubérculos con mayor contenido de ácido ascórbico (Espin et al., 2004). El decrecimiento de la vitamina C presenta una clara tendencia lineal negativa (Figura 6). El análisis estadístico indica que existe una correlación de Pearson (-0,985 y -89,76) negativa, grande y perfecta esto supone que hay una relación inversa casi perfecta entre el contenido del ácido ascórbico frente a los días de almacenamiento; el análisis de varianza (ANOVA) reporta un p-valor de  $2,0 \times 10^{-16}$ , valor inferior al nivel de significancia 0,05, el estadístico ( $R^2$ ) = 0,9686 indica que la variable independiente, días de almacenamiento poscosecha, influye en un 96,86 % sobre la disminución del contenido de ácido ascórbico en la muestra. En la comparación de medias de Tukey se evidencia que ambas medias son relativamente iguales, ya que el F-crítico 4,42 es mayor que 2,90 F-calculado, lo que indica que el contenido de vitamina C y la pérdida de este en el almacenamiento son similares para ambas accesiones.

La degradación del ácido ascórbico puede tomar tres rutas: la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y la vía bajo condiciones anaeróbicas (Jesse y Gregory, 2000); así mismo la degradación puede deberse al almacenamiento, el corte y pelado que produce estrés en el tubérculo dando origen a reacciones enzimáticas que lo degradan (Nicoli et al., 1999). Tanto la temperatura como el pH afectan significativamente a la degradación térmica de la

vitamina C, siendo más rápida la degradación a mayor temperatura y pH (Luna et al., 2017); el tratamiento térmico desde 75 a 95 °C muestran una reducción de la vitamina C, de 14,6 a 5,1 mg en la pulpa de mango (Chiroque, 2017); la mayor pérdida en el almacenamiento se da a 20 °C que alcanza un 56,41 % de reducción en un producto en polvo elaborado con base en la pulpa de Manguífera indica L. variedad Hilacha (Mendoza et al., 2016). La cinética de degradación térmica de la vitamina C en frutos de Guayaba, por el método ABTS, la vitamina C muestra una reducción hasta un 60 % (Ordóñez et al. 2013).

En todos los estudios realizados sobre la estabilidad de la vitamina C, demuestran que hay un decrecimiento por encima del 50 %, cercano al 52,55 y 41,03 % obtenido para ambas accesiones los cuales se almacenaron a condiciones ambientales y temperaturas promedio de 14 a 16 °C, siendo la temperatura un factor significativo en tal decrecimiento. Por consiguiente, en este estudio se demuestra que la pérdida de la vitamina C está influenciada por el tiempo de almacenamiento, sin embargo, también pueden influir factores internos del alimento como reacciones bioquímicas y otras variables de almacenamiento no considerados en este estudio.

## 6. Conclusiones

Los compuestos funcionales (Polifenoles, capacidad antioxidante y vitamina C) presentes en el Isaño en las dos accesiones, se pierden o reducen durante los días de almacenamiento, así mismo, la accesión Yana Añu tiene mayor contenido de compuestos funcionales que la variedad amarillo zapallo con ojos morados. En cambio, el contenido de vitamina C es similar en ambas accesiones, por ello en la comparación de Tukey comparten la misma letra. En todos los casos las reducciones de compuestos funcionales están en una relación inversa frente a los días de almacenamiento, por lo que, si no se aísla adecuadamente estos metabolitos, deberían consumirse días después de la cosecha para aprovechar al máximo sus propiedades anticancerígenas y otras benéficas a la salud del hombre.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Agarwal, R., Katiyar, S., Zaidi, S., y Mukhtar, H. (1992). Inhibition of skin tumor promoter-caused induction of epidermal ornithine descarboxylase in SENCAR mice by polyphenolic fraction isolated from green tea and its individual epicatechin derivatives. *Cancer Res.*, 52, 3582–3588. <https://cancerres.aacrjournals.org/content/canres/52/13/3582.full.pdf>
- Beltran, A., y Mera, J. (2013). *Elaboración del tubérculo mashua (Tropaeolum tuberosum) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante* [Tesis pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3504/1/1095.pdf>
- Calvo, S., Gómez, C., Royo, M., y López, C. (2012). *Nutrición, salud y alimentos funcionales*. UNED (ed.).
- Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J.-F., Larondelle, Y., Noratto, G., y Cisneros-Zevallos, L. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity, of Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz yamp; Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 437–446. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2719>
- Chirinos, R., Campos, D., Warnier, M., Pedreschi, R., Rees, J.-F., y Larondelle, Y. (2008). Antioxidant properties of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) phenolic extracts against oxidative damage

- using biological in vitro assays. *Food Chemistry*, 111(1), 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.038>
- Chiroque, D. (2017). “Degradación térmica de vitamina c en pulpa de mango (*mangifera indica l.*) variedad haden y predicción microbiológica de vida útil mediante modelo de Gompertz” [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1038>
- Cosavalente, K., Ruiz, S., y Ganoza, M. (2016). Antocianinas totales y capacidad antioxidante in vitro de extractos de diferente grado etanólico del fruto de *Vaccinium corymbosum* “Arándano.” *Ucv-Scientia*, 8(1), 44–48. <https://doi.org/10.18050/revucv-scientia.v8n1a5>
- Eiro, M., y Heinonen, M. (2002). Anthocyanin Color Behavior and Stability during Storage: Effect of Intermolecular Copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7461–7466. <https://doi.org/10.1021/jf0258306>
- Espin, S., Villacrés, E., y Brito, B. (2004). Caracterización Físico–Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In *Raíces y tubérculos andinos: Alternativas de conservación y uso sostenible en el ecuador* (pp. 91–111). Quito, Ecuador - Lima, Perú: INIAP y CIP.
- García, P. (2016). *Compuestos bioactivos en alimentos de origen vegetal* [Universidad Complutense de Madrid]. [https://eprints.ucm.es/49201/1/PAULA\\_GARCIA\\_MAYORDOMO\\_%281%29.pdf](https://eprints.ucm.es/49201/1/PAULA_GARCIA_MAYORDOMO_%281%29.pdf)
- Gómez, M. (2010). *Desarrollo y evaluación de estrategias analíticas para la caracterización de compuestos bioactivos en compuestos funcionales* [Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/15467/19697508.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M. Á., Ponce-Pardo, J., y Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico*, 15(1), 57–60. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2015.v15n1.08>
- Huaccho, C. (2016). *Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2844/Q04-H833-T.pdf?sequence=1>
- Hurtado, N., y Pérez, M. (2014). Identificación, Estabilidad y Actividad Antioxidante de las Antocianinas Aisladas de la Cáscara del Fruto de Capulí (*Prunus serótina* spp capuli (Cav) Mc. Vaug Cav). *Información Tecnológica*, 25(4), 131–140. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400015>
- Inostroza, L. A., Castro, A. J., Hernández, E. M., Carhuapoma, M., Yuli, R. A., Collado, A., y Córdova, J. S. (2015). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE *Tropaeolum tuberosum* RUIZ y PAVÓN (MASHUA) Y SU APLICACIÓN COMO COLORANTE PARA YOGUR. *Ciencia e Investigación*, 18(2), 83–89. <https://doi.org/10.15381/ci.v18i2.13615>
- Jesse, F., y Gregory, I. (2000). *Vitaminas*. In 2da (Ed.), *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Luna, J., Sánchez, T., y Montenegro, M. (2017). Desarrollo De Un Modelo Matemático Que Permita Predecir El Cambio Del Contenido De Vitamina C En Una Matriz Alimenticia Sometida a Tratamientos Térmicos Con Diferentes Condiciones. *Alimentos Hoy*, 24(39), 103–116. <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/409/339>
- Mamani, J., y Arias, E. (2011). *Antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa natia del genero Solanum de pulpa azul y roja* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional

- San Antonio Abad del Cusco, Sicuani, Perú]. <https://cutt.ly/ITEZqMM>
- Mejía, F., Salcedo, J., Vargas, E., Serna, J., Jiménez, J., y Torres, L. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 21(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083>
- Mendoza, F., Arteaga, M., y Perez, O. (2016). Degradación de la vitamina C en un producto de mango (*Mangifera indica* L.) y lactosuero. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 125. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:563](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:563)
- Nicoli, M., Anese, M., y Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science y Technology*, 10(3), 94–100. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00023-0)
- Ordóñez, L., Ospina, M., y Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de Investigacion*, 10(2), 44–51.
- Padilla, F., Rincon, A., y Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58, 303–308. [https://www.researchgate.net/profile/Mariela\\_Rincon/publication/237696788\\_Contentido\\_de\\_polifenoles\\_y\\_actividad\\_antioxidante\\_de\\_varias\\_semillas\\_y\\_nueces/links/00b4952643d572bc78000000/Contenido-de-polifenoles-y-actividad-antioxidante-de-varias-semillas-y-n](https://www.researchgate.net/profile/Mariela_Rincon/publication/237696788_Contentido_de_polifenoles_y_actividad_antioxidante_de_varias_semillas_y_nueces/links/00b4952643d572bc78000000/Contenido-de-polifenoles-y-actividad-antioxidante-de-varias-semillas-y-n)
- Riojas, Z. (2018). *Actividad antioxidante y polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos del tubérculo de Tropaeolum tuberosum R. y P. "mashua"*. Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- Santayana, M. (2018). *Efecto del estrés abiótico post-cosecha en la síntesis de metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de Mashua morada (Tropaeolum tuberosum)*. Universidad Nacional Agraria la Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3775>
- Verna, L. (1996). N-Nitrosodiethylamine mechanistic data and risk assessment: Bioactivation, DNA-adduct formation, mutagenicity, and tumor initiation. *Pharmacology y Therapeutics*, 71(1–2), 57–81. [https://doi.org/10.1016/0163-7258\(96\)00062-9](https://doi.org/10.1016/0163-7258(96)00062-9)
- Yapuchura, R. (2010). *Estudio de los componentes antioxidantes de las hojas de muña (Mintostachys mollis (Kunth) Griseb.) e Inca muña (Clinopodium bolivianum (Benth.) Kuntze)* (Tesis posgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina). <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1700>