

# EFECTO DEL ALMACENAMIENTO POSCOSECHA SOBRE COMPUESTOS FUNCIONALES DEL *Tropaeolum tuberosum* VARIEDAD YANA AÑU

## EFFECT OF POST-HARVEST STORAGE ON FUNCTIONAL COMPOUNDS OF *Tropaeolum tuberosum* VARIETY YANA AÑU

Roger Gómez Mamani<sup>1</sup>, Julio Machaca Yana<sup>2</sup>, Jesús Arias Escobar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Juliaca, Escuela profesional de industrias alimentarias, Dirección general de estudios académicos, Nueva Zelandia 631, Juliaca, Perú, [ing.rgomez.7@gmail.com](mailto:ing.rgomez.7@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Juliaca, Escuela profesional de industrias alimentarias, Nueva Zelandia 631, Juliaca, Perú.

### RESUMEN

El desconocimiento del comportamiento de los compuestos funcionales de la Mashua en la poscosecha incide en el desperdicio benéfico de este metabolito a la salud ya que tienen propiedades preventivas al cáncer. Se ha evaluado el efecto de almacenamiento entre 0 y 40 días sobre los polifenoles, capacidad antioxidante (CAOX), la vitamina C y la humedad en el *Tropaeolum tuberosum* variedad Yana añu. Se usó el método espectrofotométrico el cual se basa en una reacción colorimétrica de óxido-reducción aplicándose agentes como el Folin-Ciocalteu para los polifenoles, la ABTS para la CAOX y el método AOAC, 967.21 para la vitamina C. Del ensayo se obtuvo 25,881 mg AGE. g<sup>-1</sup> al inicio y 15,934 mg AGE. g<sup>-1</sup> al día 40 para los polifenoles; la CAOX reduce de 321,57 a 296,36 μmol de TE. g<sup>-1</sup> al final del almacenamiento, similarmente la vitamina C disminuye de 77,82 a 36,92 mg ácido ascórbico . 100 ml<sup>-1</sup> esto indica que los compuestos funcionales están en una relación inversa con el tiempo de almacenamiento, a su vez existe una relación directa con la pérdida de humedad, el pronóstico en el tiempo para la variación de los compuestos fenólicos y la CAOX se ajusta mejor a un modelo matemático exponencial como  $Y = 23,871 + e^{-0,012X}$  y  $Y = 324,78 * e^{-0,002X}$  respectivamente; en cambio la vitamina C sigue un modelo lineal.

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante, compuestos funcionales, Mashua, polifenoles y vitamina.

### ABSTRACT

The ignorance of the behavior of the functional compounds of the Mashua in the postharvest affects the beneficial waste of this metabolite on health since they have cancer preventive properties. The effect of storage between 0 and 40 days on polyphenols, antioxidant capacity (CAOX) vitamin C and humidity has been evaluated in *Tropaeolum tuberosum* variety Yana añu. The spectrophotometric method was used which is based on a colorimetric oxide-reduction reaction applying agents such as Folin-Ciocalteu for polyphenols, ABTS for CAOX and the AOAC method, 967.21 for vitamin C. the test obtained 25.881 mg AGE.g<sup>-1</sup> at the beginning and 15.934 mg AGE.g<sup>-1</sup> at day 40 for the polyphenols; CAOX reduces from 321.57 to 296.36 μmol de TE. g<sup>-1</sup> at the end of storage, similarly vitamin C decreases from 78.82 to 36.92 mg ascorbic acid.100 ml<sup>-1</sup> this indicates that functional compounds are in an inverse relationship with storage time, in turn, there is a direct relationship with moisture loss, the forecast over time for the variation of phenolic compounds and CAOX is better adjusted to an exponential mathematical model such as  $Y = 23.871 + e^{-0,012X}$  and  $Y = 324.78 * e^{-0,002X}$  respectively; instead vitamin C follows a linear model.

\*Autor para correspondencia: [ing.rgomez.7@gmail.com](mailto:ing.rgomez.7@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La Mashua es un tubérculo andino, con características funcionales por sus contenidos de anti oxidantes, polifenoles, vitamina C entre otros elementos. Se considera alimento funcional por la presencia de compuestos bioactivos, denominados fitoquímicos (García 2016); estos alimentos están enriquecido en determinados nutrientes o presenta reducción de algunos componentes (Calvo *et al.* 2012); como 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); ya que la actividad anti promotora de tumores de los flavonoides se ha relacionado con la inhibición de varias 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 las zonas andinas lo consumen 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). Sin embargo, se desconoce cómo estos metabolitos varían en el almacenamiento poscosecha ya que se podrían reducir, inhibir, desnaturalizar o descomponerse. 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 (Chirinos *et al.* 2007), que es capaz de acelerar algunos cambios

fotoquímicos, el aire como agente oxidante junto con la luz ocasionarían eventualmente la degradación de la antocianina (Eiro & 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). La Mashua 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 de la Mashua se puede cuantificar con la reacción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) por espectrofotometría (Beltran & 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; Yapuchura 2010) han demostrado la aplicabilidad, funcionabilidad y eficiencia de los métodos ABTS y DPPH para determinar los compuestos funcionales en tubérculos, hiervas 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 & Mera 2013).

Por lo descrito, es importante conocer el comportamiento de los compuestos funcionales en el tubérculo. El objetivo principal del estudio es evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento poscosecha sobre los compuestos funcionales de la Mashua variedad Yana año

## MÉTODOS

### Ámbito o Lugar de Estudio: Análisis de laboratorio

La cuantificación de compuestos funcionales del *Tropaeolum tuberosum* variedad *Yana año* se realizaron en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Según el Sistema de Color de Munsell, la coloración que tiene la epidermis de la Mashua, estarían dentro la clasificación 5P 2/8 o 5P 2/10 que significa un tono o color purpura-oscuro-fuerte (Figura 1), siendo la muestra seleccionada para los ensayos.



**Figura 1.** Muestra biológica, Mashua variedad Yana año.

Antes de los ensayos se obtuvo los extractos empleados en la cuantificación de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante (CAOX) el procedimiento es como sigue, se pesó dos gramos de muestra en un tubo de centrifuga

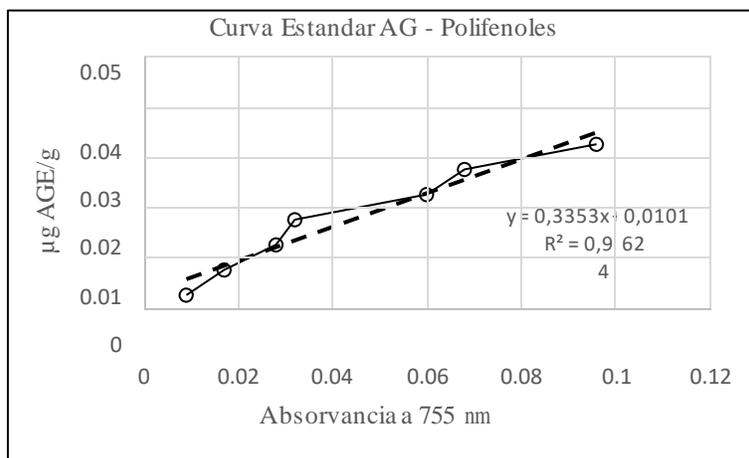
protegida de la luz, luego se adicionó 25 mL de metanol al 80 por ciento, se agitó por cinco minutos y se dejó reposar a cuatro grados centígrados por 24 horas, pasado este tiempo se centrifugó a 4000 rpm durante 15 minutos y luego

se trasvasó cuidadosamente el sobrenadante a un frasco ámbar para refrigerarlo a (-5 °C) quedando lista el sustrato para el análisis por espectrofotometría; este procedimiento se repitió a los 0, 10, 20, 30 y 40 días que duro el almacenamiento a partir de la cosecha, el estudio se realizó los meses de junio y julio de 2019, el muestreo fue aleatorio de la cosecha del 5 de junio.

**Descripción de Métodos: Ensayo para la determinación de polifenoles**

Para la cuantificación de la concentración de fenoles totales se depositó 500 µL los extractos de

la muestra en cinco tubos de prueba, a ello se le añadió 250 µL del reactivo Folin – Ciocalteu 1N y 250 µL de la solución Carbonato de Sodio 0,5 M; el conjunto se homogenizó y se dejó reposar 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 curva 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:

$$Y = 0,03353 \times \text{Abs} - 0,0101$$

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

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

**Donde:**

$Abs$  = Absorbancia de la muestra, leída a 755 nm

$Fd$  = Factor de dilución

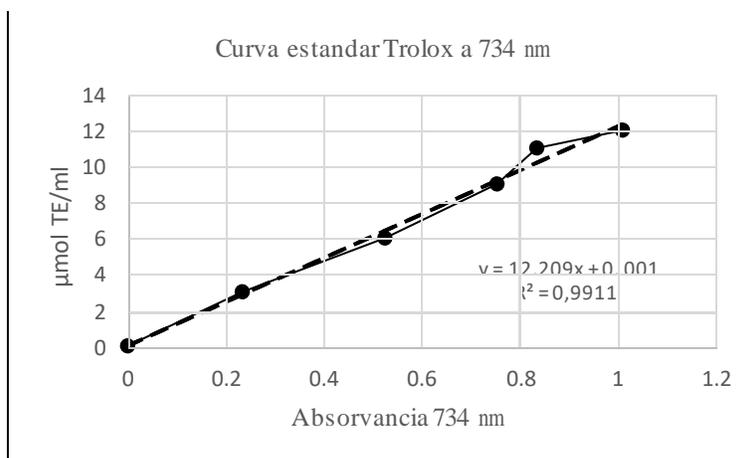
$A$  = Volumen (mL) de solvente utilizado más el peso de la muestra (g)/peso de la muestra (g).

$Y$ , se expresa en mg de Ácido gálico equivalente (AGE)  $g^{-1}$

**Descripción de Métodos: Ensayo para la determinación de la capacidad antioxidante (CAOX)**

para la cuantificación de la CAOX primeramente se elabora la solución de ABTS (2,2 azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), la cual estuvo conformada por dos soluciones, solución A (78,4 mg ABTS en 10 mL de agua destilada) y solución

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 extrae 1,0 mL al cual se le adiciona 60 mL de metanol y se mide su absorbancia a 734 nm, seguidamente se colocó 150  $\mu$ 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  $\mu$ 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 luego se procedió a tomar las lecturas de absorbancia de las muestras a 734 nm (Figura 3).



**Figura 3.** Curva estándar de Trolox.

La CAOX en la Mashua se estimó reemplazando las absorbancias de la muestra en la curva

estándar (Figura 3) teniendo como patrón el Trolox, la ecuación es la siguiente:

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

La capacidad antioxidante se calcula con la ecuación siguiente:

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

Donde:

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

*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)

**Descripción de Métodos: Ensayo para la determinación de la vitamina C y la humedad**

La vitamina C, se cuantificó a través del análisis del Ácido ascórbico por la técnica de titulación, según el método oficial de la (AOAC, 967,21) y la humedad con el método (AOAC, 930,15).

Los resultados se sometieron a una regresión lineal a un nivel de significancia de 0,05, además se aplicó una correlación de Pearson con nivel de

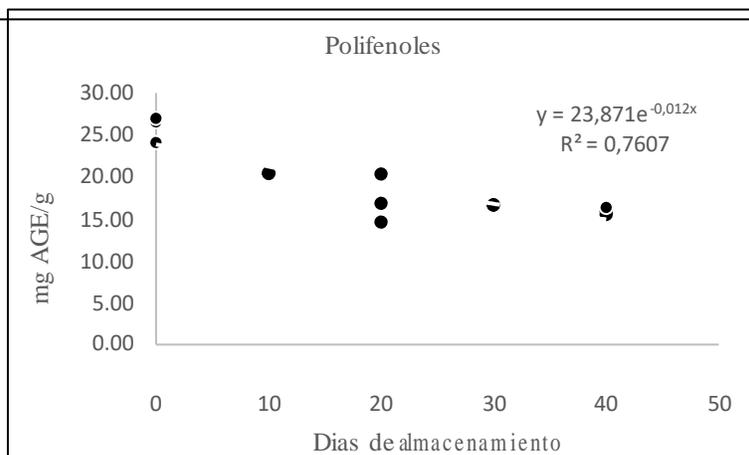
significancia de 0,01 a través del software libre R 4.0.3

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Análisis de polifenoles totales**

La concentración de compuestos fenólicos frente al tiempo de almacenamiento muestra una reducción en el inicio de almacenamiento de ~~25,881 a 15,934 mg AGE.g<sup>-1</sup>~~ para el día 40, equivalente al 38,43 por ciento de pérdida, esta reducción se refleja en la (Figura 4), días de almacenamiento vs contenido de polifenoles, dicha curva muestra aparentemente una tendencia lineal; sin embargo, esta tendencia lineal no optimiza la predicción del contenido de polifenoles en el tiempo, posterior a los 100 días de almacenamiento, por lo que se ajusta mejor a una tendencia exponencial de la forma siguiente (Figura 4):

$$Y = 23,871 * e^{-0,012X}$$



**Figura 4.** Decrecimiento de los polifenoles totales.

El comportamiento de los polifenoles frente a los días de almacenamiento muestra una correlación negativa de Pearson (-0,8682), 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  $2,7071 \times 10^{-5}$  es mucho menor al nivel de significancia 0,05, indicando que hay 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>*), sin embargo, comparando el valor  $15,5 \pm 0,1$  obtenido en estado fresco y el nuestro al inicio del almacenamiento difiere en 10 unidades esta diferencia se debe a que los cultivares s-153 y s-148 presentan jaspes de color amarillo en la piel y no son color purpura-oscuro-fuerte como la muestra evaluada en este ensayo; 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 que vendría a ser 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, a su vez en dicho estudio se observa el descenso de los compuestos fenólicos desde la cosecha hasta los 37 días de almacenamiento que duro el estudio. Mamani & Arias (2011) determinaron las 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) reporta que en el tratamiento Mashua soleado los Compuestos Fenólicos Totales, disminuyeron progresivamente hasta llegar a una concentración de  $3,48 \pm 0,22 \text{ mg AGE.g}^{-1}$  (m.s.) para el día 15 de tratamiento poscosecha, perdiendo el 67,2 % de su contenido inicial.

En este estudio se comprueba que la pérdida o disminución del contenido de polifenoles en la variedad *Yana añu* está influenciado por el almacenamiento junto a la pérdida de humedad; 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 la Mashua

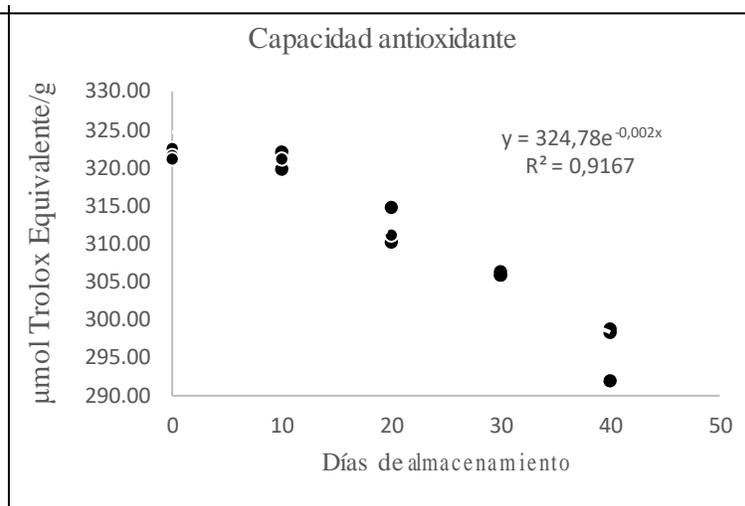
El comportamiento de la capacidad antioxidante frente al tiempo de almacenamiento tiene valores promedios de 321,75, 320,99, 312,02, 306,01 y 296,36  $\mu\text{mol de TE.g}^{-1}$  para los 0, 10, 20, 30 y 40 días de almacenamiento respectivamente, dicho decrecimiento mostraría una tendencia lineal negativa como se aprecia en la (Figura 5), la ecuación lineal está dada de la forma siguiente:

$$Y = 0,6576X + 324,58$$

Con este modelo lineal, a los 365 días de almacenamiento se tendría una CAOX de 84,55  $\mu\text{mol de TE.g}^{-1}$ , sin embargo, ajustando a una curva exponencial como la siguiente:

$$Y = 324,78 + e^{-0,002X}$$

A los 365 días de almacenamiento se tendría 156,51  $\mu\text{mol de TE g}^{-1}$  de capacidad antioxidante en la Mashua.



**Figura 5.** Tendencia de la capacidad antioxidante.

La estadística muestra que la CAOX tiene una correlación de Pearson negativa, grande y perfecta (-0.9595), esto indica que la capacidad antioxidante están en una relación inversa casi perfecta frente a los días de almacenamiento; el p-valor  $1.56 \times 10^{-8}$  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. Por su parte Chirinos *et al.* (2007), reportan una CAOX media de 80 a 378 y 59 a 389  $\mu\text{mol de TE.g}^{-1}$  para los métodos de análisis ABTS y ORAC respectivamente para 10

cultivares de Mashua de ellos cultivares (ARB 5241, DP 0224 y AGM 5109) tienen valores medios entre 250 y 440  $\mu\text{mol de TE.g}^{-1}$  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, estos valores son menores a los obtenidos en este estudio debido a que la epidermis de la muestra s153 no es de color púrpura íntegro presentando jaspes de color amarillo, lo que supone una concentración de la CAOX menor en comparación a una muestra completamente púrpura-oscuro-fuerte de la epidermis. La estabilidad y la actividad antioxidante de acuerdo a 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 & Pérez 2014); se sabe que el

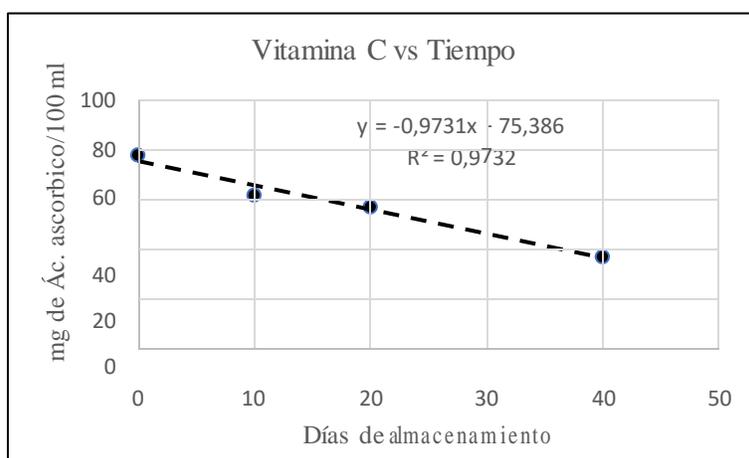
aire como agente oxidante junto con la luz entre otros, pueden hacer que las antocianinas se degraden, la luz es capaz de acelerar algunos cambios fotoquímicos, ocasionando eventualmente la degradación de la antocianina limitando su aplicación como aditivo alimenticio (Eiro & Heinonen 2002). En esta investigación se demuestra que la disminución de la CAOX está

influenciada por la pérdida de humedad y tiempo de almacenamiento.

### Determinación de la Vitamina C

El contenido de vitamina C en la Mashua decrece de 77,82 a 36,92 mg de ácido ascórbico.100 mL<sup>1</sup> para el día cero y 40 de almacenamiento respectivamente; esta reducción, representa una pérdida del 52,56 %; 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) 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 poscosecha; el análisis de varianza (ANVA) reporta un p-valor de 5,159 \* 10<sup>-19</sup> valor muy inferior al nivel de significancia 0,05, el estadístico ( $R^2$ ) es de 0,9686 indica que la variable independiente días de almacenamiento poscosecha, influye en un 96,86 por ciento sobre la disminución del contenido de ácido ascórbico en la muestra (Figura 6).



**Figura 6.** Comportamiento de la vitamina C frente a los días de almacenamiento poscosecha.

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 & 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 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 a base de la pulpa de *Mangúífera 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 % obtenido en nuestro estudio que se almacenó 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 la humedad de la muestra y

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.

### Contenido de humedad en la Mashua

A continuación, se muestran las medias y la desviación estándar de la humedad de las muestras, analizadas a los 0, 10, 30, 20 y 40 días de almacenamiento poscosecha. El rango de humedad  $86,464 \pm 0,56$  % contenido en la Mashua en estado fresco al inicio de la cosecha, hallado en nuestro estudio, coincide con los reportados por Surco (2004), 86,95 por ciento y Huaccho (2016), de 90 a 75 % de humedad (Tabla 1).

**Tabla 1.** Contenido de humedad promedio en las muestras de la variedad Yana año

Variedad	Días en almacenamiento	Promedio humedad en (%)
<i>Yana año</i>	0	$86,464 \pm 0,56$
	10	$86,028 \pm 0,63$
		$85,236 \pm 1,28$
	20	$82,225 \pm 1,31$
	30	$79,214 \pm 0,78$
	40	

También se observa que hay una diferencia significativa del contenido de humedad entre el inicio de la cosecha y al final de 40 días de almacenamiento equivalente a una pérdida del 8,384 por ciento, esto indica que hay una relación

directamente proporcional con la pérdida de compuestos funcionales de la Mashua.

## CONCLUSIONES

Los compuestos funcionales (Polifenoles, capacidad antioxidante y vitamina C) presentes en la Mashua variedad *Yana añu*, se pierden o reducen durante los días de almacenamiento poscosecha, así la concentración de los polifenoles disminuye de 25,881 a 15,934 mg AGE.g<sup>-1</sup>. La capacidad antioxidante (CAOX), baja de 321,75 a 296,36  $\mu\text{mol de TE.g}^{-1}$ . El contenido de vitamina C, decrece de 77,82 a 36,92 mg de ácido ascórbico.100 mL<sup>-1</sup> durante el almacenamiento hasta los 40 días. En todos los casos las reducciones de compuestos funcionales están en una relación inversa frente a los días de almacenamiento y una relación directa con la pérdida de humedad; por lo que si no se aísla adecuadamente estos metabolitos deberían

consumirse días después de la cosecha para aprovechar sus propiedades anticancerígenas y otras benéficas a la salud del hombre. Finalmente, para el pronóstico del contenido de compuesto fenólicos y la capacidad antioxidante después de los 40 días de almacenamiento, se ajusta mejor a un modelo matemático exponencial, y para el contenido de Vitamina C, rige un modelo lineal.

## AGRADECIMIENTOS

Al M.Sc. Víctor F. Choquehuanca Cáceres †, por su valiosísima orientación y dirección en la investigación.

## CONFLICTO DE INTERÉS

El autor de iniciales (RGM), no tienen conflicto de interés de ninguna índole.

## REFERENCIAS

- Agarwal, R., Katiyar, S., Zaidi, S., & Mukhtar, H. (1992). Inhibition of skin tumor promoter-induced induction of epidermal ornithine decarboxylase 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., & 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., & López, C. (2012). *Nutrición, salud y alimentos funcionales* (UNED).
- Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J.-F., Larondelle, Y., Noratto, G., & 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 & 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., & 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). Univaersidad Nacional de Piura, Piura, Perú. In *Universidad Nacional de Piura*. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1038>
- Cosavalente, K., Ruiz, S., & 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., & 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., & Brito, B. (2004). Caracterización Físico–Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In *Raíces y tubérculos andinos: Alternativas de conservación y usos 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., & Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, *15*(1), 57–60. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2015.v15n1.08>
- Huaccho, C. (2016). *Capacidad antioxidante, compuetos 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., & 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., & Córdova, J. S. (2015). Actividad antioxidante de *tropaeolum tuberosum* ruiz & 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., & Gregory, I. (2000). Vitaminas. In 2da (Ed.), *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., & 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., & 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., & 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. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/1094/253T20110071.pdf?sequence=1>
- Mejía, F., Salcedo, J., Vargas, E., Serna, J., Jiménez, J., & Torres, L. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083>
- Mendoza, F., Arteaga, M., & 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., & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & 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., & Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 44–51.
- Padilla, F., Rincon, A., & 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/Contentido-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/Contentido-de-polifenoles-y-actividad-antioxidante-de-varias-semillas-y-n)
- 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>
- Surco, F. (2004). *Caracterización de almidones aislados de tuberculos andinos: mashua (Tropaeolum*

*tuberosum*), *oca* (*Oxalis tuberosa*), *Olluco* (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2588/Surco\\_lf.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2588/Surco_lf.pdf?sequence=1)

Verna, L. (1996). N-Nitrosodiethylamine mechanistic data and risk assessment: Bioactivation, DNA-adduct formation, mutagenicity, and tumor initiation. *Pharmacology & 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 (Minthostachys mollis (Kunth) Griseb.) e Inca muña (Clinopodium bolivianum (Benth.) Kuntze)*. (Tesis posgrado).

Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1700>