

## Transformación y agroindustria

Artículo de investigación científica y tecnológica

# Biocomponentes y capacidad antioxidante de papas nativas como chuño y tunta bajo diferentes condiciones de temperatura de congelación

Biocomponents and antioxidant capacity of native potatoes such as chuño and tunta under freezing temperature different conditions



Emilio Yábar-Villanueva<sup>1</sup>



Wilson Huicho-Espinoza<sup>1</sup>



Aldo Suazo-Peña<sup>1</sup>



Edgar Rojas-Zacarías<sup>1</sup>



Daniel Álvarez-Tolentino<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, La Merced, Perú.

\*Autor de correspondencia: Daniel Martín Álvarez Tolentino. Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Jr. Los Cedros N.<sup>o</sup> 141, La Merced, Chanchamayo, Perú.  
[dalvarez@uniscjsa.edu.pe](mailto:dalvarez@uniscjsa.edu.pe)

Recibido: 02 de marzo de 2022

Aprobado: 23 de enero de 2023

Publicado: 25 de abril de 2023

Editor temático: Layanis Mesa, (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Bogotá, Colombia.

Para citar este artículo: Yábar-Villanueva, E., Huicho-Espinoza, W., Suazo-Peña, A., Rojas-Zacarías, E., & Álvarez-Tolentino, D. (2023). Biocomponentes y capacidad antioxidante de papas nativas como chuño y tunta bajo diferentes condiciones de temperatura de congelación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), e2958.

[https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num1\\_art2958](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art2958)

**Resumen:** El chuño y la tunta son productos alimenticios ancestrales de gran importancia en las zonas altoandinas de Bolivia y Perú, sin embargo, son todavía poco estudiados. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de compuestos fenólicos totales (CF), antocianinas totales (AN), carotenoides totales (CAR) y capacidad antioxidante (CA) del chuño y la tunta. Se utilizaron 10 kilogramos de tubérculos nativos: yana siri (*Solanum × juzepczukii*, 2n = 3x = 36) y yurak siri (*Solanum × curtilobum*, 2n = 5x = 60), distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar de tres tratamientos (T): T1: producción de tunta sin ácido ascórbico, T2: producción de tunta con ácido ascórbico y T3: producción de chuño, sometidos a -10 °C, -20 °C y -30 °C de congelación. Para la tunta y el chuño, los contenidos máximos de CF son 162,8 ± 0,6 y 230,6 ± 5,24 mg ácido gálico/100 g b. s., de AN son 3,4 ± 0,6 y 0,74 ± 0,15 mg cianidina-3-glucósido/100 g, de CA son 411,54 ± 1,03 y 454,51 ± 1,52 µmol Trolox/g b. s. y de CAR son 3,38 ± 0,59 y 0,74 ± 0,147 mg β-caroteno/100 g b. s., donde se registraron en yana siri a -30 °C (p < 0,01). Este estudio muestra que las mejores condiciones de extracción de los biocomponentes y la capacidad antioxidante para el chuño y la tunta se lograron a la temperatura de congelación de -30 °C, con un secado para el chuño de 40 °C por 48 h y de 35 °C por 72 horas para la tunta. Se recomienda seguir investigando las condiciones tecnológicas para mejorar la calidad de estos productos andinos.

**Palabras clave:** alimentos andinos, compuestos fenólicos, antocianinas, carotenoides, liofilización natural, *Solanum*, tubérculo.

**Abstract:** Chuño Chuño and tunta are ancestral food products made from native tuber varieties (*Solanum* genus) of great importance in the high Andean zones of Bolivia and Peru. Nonetheless, the chemical-nutritional composition of these products is little studied. Therefore, the aim of this study was to determine the content of total phenolic compounds (PC), total anthocyanins (AN), total carotenoids (CAR) and antioxidant capacity (AC) of chuño and tunta made from yana siri (*Solanum × juzepczukii*, 2n=3x=36) and yurak siri (*Solanum × curtilobum*, 2n=5x=60). Ten kilograms of native tubers were distributed in a Completely Randomized Block design of three treatments (T): T1 (production of tunta without ascorbic acid), T2 (production of tunta with ascorbic acid) and T3 (production of chuño), subjected at -10, -20 and -30 °C of freezing. For tunta and chuño, the maximum contents of PC (162,8± 0,6 and 230,6± 5,24 mg gallic acid/100 g b. s.), AN (3,4 ± 0,6 and 0,74 ± 0,15 mg cyanidin-3-glucoside/100 g), AC (411,54 ± 1,03 and 454,51± 1,52 µmol Trolox/g b.s.) and CAR (3,38 ± 0,59 and 0,74 ± 0,147 mg β-carotene/100 g b. s.) were recorded in yana siri at -30 °C (p>0,01). Therefore, the study shows that the best conditions for extraction of biocomponents and antioxidant capacity for chuño and tunta were achieved at the freezing temperature of -30°C, with drying for chuño at 40°C x 48 h and 35°C x 72 h for tunta. It is recommended to continue researching technological conditions to improve the quality of these Andean products.

**Keywords:** Andean food, phenolic compounds, anthocyanins, carotenoids, natural freeze-drying, *Solanum*, tubers.



## Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) es una planta herbácea andina que se cultiva desde el año 8000 a. C., muy importante en la producción mundial (Reddy et al., 2018). Posee varios metabolitos secundarios, entre ellos compuestos fenólicos y antioxidantes, con potenciales beneficios para la salud de los consumidores (Sandoval-Vegas et al., 2010; Peñarrieta, Alvarado et al., 2011; Kim et al., 2019). Sus tubérculos pueden ser de forma alargada, redonda u oblonga, con diversidad de colores según sus variedades (Das et al., 2021). En Perú existen más de 4000 variedades de papas nativas, que en su mayoría se encuentran en los Andes peruanos (Soto et al., 2014), donde se concentra más del 90 % de su producción (Fonseca et al., 2014). Vale resaltar que la papa nativa es el principal sustento de las familias de las zonas altoandinas.

En la sierra central de Perú, en zonas entre los 2800 y los 4400 m s.n.m., el 40 % del área está cubierta por variedades nativas (Marmolejo Gutarra & Corpus Chagua, 2021). Las variedades nativas de la subespecie *andigena* crecen sobre los 3000 m s.n.m., en duras condiciones ambientales: bajas temperaturas, altas radiaciones y sequías intermitentes, donde las variedades comerciales no pueden competir (Reategui et al., 2019). También, los tubérculos cultivados sin agroquímicos poseen mejores características nutricionales (Vaitkeviciene et al., 2020), contienen materia seca, antocianinas, vitaminas, minerales y carbohidratos, constituyendo una fuente importante de almidón (Choquechambi et al., 2019) y algunas variedades nativas presentan una excelente calidad culinaria y textura harinosa, por lo que se utilizan para la producción de chuño y tunta (Egúsquiza, 2014).

El chuño y la tunta son productos alimenticios tradicionales altoandinos en Bolivia y Perú, fuentes importantes de calcio, hierro, carbohidratos, cenizas, ácido gálico y antioxidantes (Peñarrieta, Alvarado et al., 2011) y poseen componentes con capacidad antibiótica y protectora de las paredes del estómago (Huayhua Mamani & García Castro, 2021). Entre las variedades que se utilizan para la elaboración del chuño, se tiene a la papa yana siri (*Solanum x juzepczukii*) de textura muy harinosa y consistencia gomosa, y para la elaboración de tunta a la papa yuraq siri (*Solanum x curtilobum*) de textura muy harinosa (Ministerio de Agricultura y Riego et al., 2017).

La elaboración del chuño y la tunta son actividades ancestrales que se realizan sobre los 3800 m s.n.m., a temperaturas bajo cero (hasta -12 °C), en época de invierno (de mayo a julio), donde se hay fuerte radiación solar, escasa nubosidad y baja humedad relativa (menos de 40 %); estas condiciones favorecen el congelado y el secado natural de la papa para transformarse en chuño y en tunta (Melton et al., 2020). La presencia de fuentes de agua de poca corriente permite el lavado de los glicoalcaloides y el acceso a áreas planas favorecen la exposición al frío y la radiación solar (Fonseca et al., 2008).

Las técnicas tradicionales de procesamiento de chuño y tunta son diferentes, dado que el chuño requiere de tendido, congelado, pisado y secado de los tubérculos, mientras que la tunta necesita tendido, congelado, pisado, lavado y remojado para eliminar los glicoalcaloides, principalmente (De Haan & Rodríguez, 2016). El chuño es el tubérculo liofilizado, sin cáscara, de color pardo oscuro y la tunta es el tubérculo liofilizado de color

blanco con peso liviano (Peñarrieta, Salluca et al., 2011). Estos productos alimenticios son ingredientes de muchos platos tradicionales en los Andes peruanos.

A pesar del uso ancestral y la demanda como productos orgánicos, existen pocos datos en la literatura científica sobre la composición química-nutricional de estas papas liofilizadas, además del proceso de su elaboración (Peñarrieta, Salluca et al., 2011). Por ello, el presente estudio tiene por objetivo determinar si la temperatura del proceso de liofilización influye sobre el contenido de compuestos fenólicos totales, carotenoides totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante del chuño y la tunta, elaborados con base en las papas nativas yana siri y yuraq siri. Se espera que la temperatura de congelación y el ácido ascórbico conserven las propiedades bioactivas del chuño y la tunta, valorando sus propiedades funcionales.

## Materiales y métodos

### Ubicación

El estudio se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), ubicada en la ciudad de Huancayo, departamento de Junín, Perú. El clima en la zona posee una temperatura media anual de 12,1 °C y una precipitación anual de 646 mm (IGP, 2005).

### Material vegetal

El material del estudio estuvo formado por papas nativas maduras de las variedades: yana siri (*S. x juzepczukii*,  $2n = 3x = 36$ ) y yuraq siri (*S. x curtilobum*,  $2n = 5x = 60$ ) del distrito Quilcas, en la provincia de Huancayo, departamento de Junín, sobre los 3700 m s.n.m. Todas las muestras provinieron de procedimientos agrícolas tradicionales propios de los sitios rurales de la serranía peruana, con fertilización basada en abono animal (procedente de ovejas y camélidos) y cultivadas en temporada lluviosa.

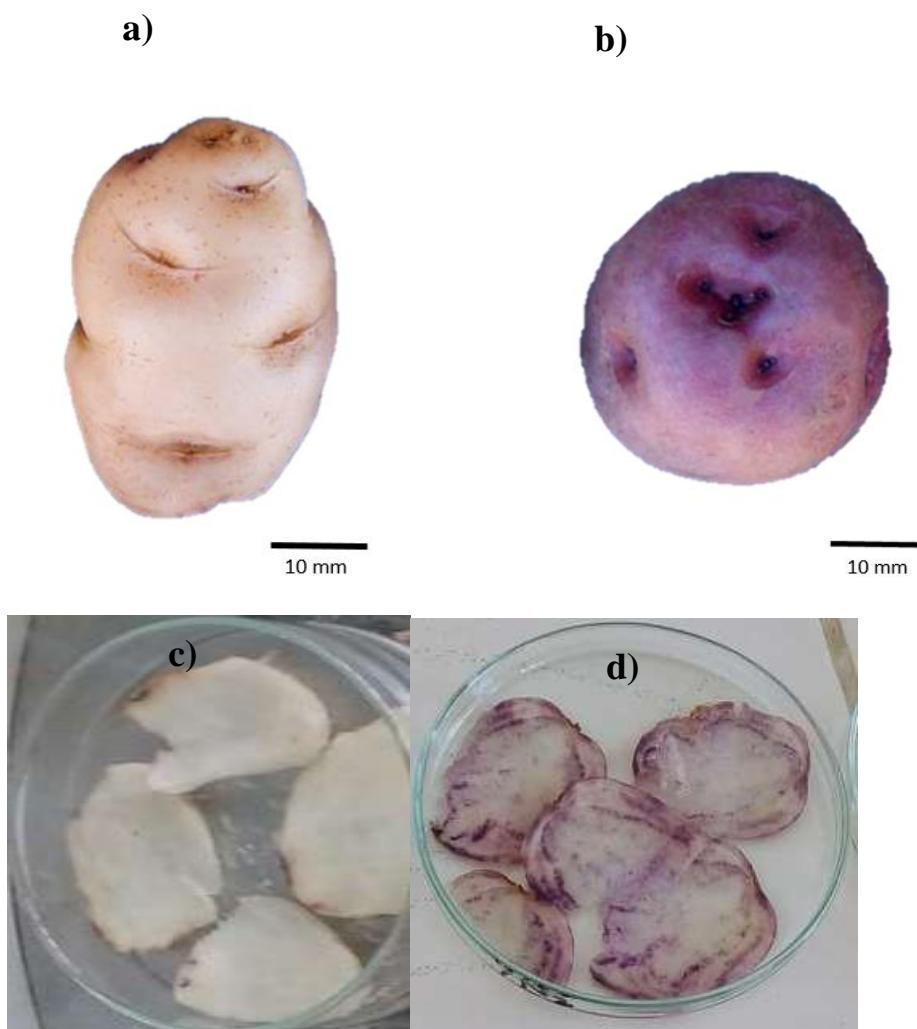
Los tubérculos empleados muestran una forma comprimida (tabla 1) con una coloración púrpura para el caso de la cáscara y la pulpa de la variedad yana siri y una coloración blanca y amarilla para yuraq siri (figura 1), conforme al catálogo de papas nativas (Ministerio de Agricultura y Riego et al., 2017).

**Tabla 1.** Forma y dimensiones (promedio ± DE) de los tubérculos evaluados

| Cultivar   | Forma      | Longitud de diámetro (mm) | Eje longitudinal (mm) |
|------------|------------|---------------------------|-----------------------|
| Yana siri  | Comprimida | 44,73 ± 0,97              | 40,98 ± 0,89          |
| Yuraq siri | Comprimida | 45,58 ± 0,32              | 42,16 ± 0,75          |

Nota aclaratoria: DE: desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia



**Figuras 1.** Coloración de la cáscara y la pulpa de la papa yana siri (1a, 1c) y yuraq siri (1b, 1d), respectivamente.

Fotos: Elaboración propia

### Diseño experimental

Se aplicó un bloque completamente al azar (BCA) con seis repeticiones (Al Kutubi, 2020) y tres tratamientos (tabla 2):

- T1: producción de tunta sin ácido ascórbico
- T2: producción de tunta con ácido ascórbico (1 %)
- T3: producción de chuño

Donde cada tratamiento se sometió a tres niveles de temperatura de congelación: -10 °C, -20 °C y -30 °C.

**Tabla 2.** Diseño experimental aplicado a la elaboración de tunta y chuño de yana siri (*Solanum x juzepeczukii*) y yuraq siri (*Solanum x curtilobum*)

| Bloque | Yana siri  | Yuraq siri |
|--------|------------|------------|
| -10 °C | T1,T2 y T3 | T1,T2 y T3 |
| -20 °C | T1,T2 y T3 | T1,T2 y T3 |
| -30 °C | T1,T2 y T3 | T1,T2 y T3 |

Nota aclaratoria: T1, T2 y T3: tratamientos empleados.

Fuente: Elaboración propia

### Elaboración del chuño y la tunta

Para la elaboración del chuño y la tunta se trabajó con 10 kg de papa yana siri y yuraq siri, los cuales fueron lavados con agua blanda y sometidos a procesos de congelación de -10 °C, -20 °C y -30 °C con velocidad de aire de 0 m/s.

Se empleó un ultracongelador (Equitec, modelo EVF), donde los tiempos de congelación fueron de 385 min, 345 min y 275 min y el coeficiente de transferencia fue de 2,83 W/m<sup>2</sup> °C, 3,65 W/m<sup>2</sup> °C y 7,59 W/m<sup>2</sup> °C para la temperatura de -10 °C, -20 °C y -30 °C, respectivamente. El descongelado se realizó en recipientes metálicos con agua de pH 7,25 a temperatura ambiente durante 2 horas.

Para la obtención del chuño y después del descongelado, los tubérculos fueron prensados e introducidos en recipientes metálicos con agua de pH 7,25 por 12 horas a temperatura ambiente, luego fueron lavados en agua blanda y cortados en rodajas de aproximadamente 1 mm, posteriormente, se realizó el secado a 40 °C por 48 horas y, por último, se realizaron moliendas con martillo y tamizados en mallas n.º 140.

Para el caso de la tunta, el procedimiento fue el mismo que del chuño, a diferencia de tres momentos de lavados intermedios (inmersiones) y tamizadas en mallas n.º 140. Se adicionó el ácido ascórbico (1 %) en la tercera inmersión del T2 en reemplazo de la oscuridad del proceso tradicional y la capacidad antioxidante (Njus et al., 2020).

### Variables

#### Biocomponentes:

- Compuestos fenólicos totales (CF): se basaron en la técnica de espectrofotometría (espectrofotómetro Genesys, modelo 10S UV-VIS) del complejo coloreado, formado por la reacción entre los compuestos fenólicos y el reactivo Folin Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965) a 755 nm. Fue expresado en mg de ácido gálico/100 g de muestra en base seca (mg ácido gálico/100 g b. s.).
- Carotenoides totales (CAR): se aplicó el método reportado por Talcott y Howard (1999), el cual se basa en la extracción en medio apolar (acetona:etanol) y con un antioxidante (BHT), aislado luego con hexano. Su concentración fue determinada espectrofotometría (espectrofotómetro Genesys, modelo 10S UV-VIS) a 470 nm. Se

expresó en mg de β-caroteno/100 g. m. en base seca (mg β-caroteno/100 g b. s.).

- Antocianinas totales (AN): mediante el método del pH diferencial propuesto (Giusti & Wrolstad, 2001), se empleó alcohol acidificado, una alícuota del extracto se diluyó con un buffer ( $\text{HCl } 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{KCl } 25 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) a pH 1,0 y otro buffer ( $\text{CH}_3\text{COONa } 0,4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) a pH 4,5 (potenciómetro Hanna, modelo serie 5000). La absorbancia de las mezclas se midió a 535 y 700 nm, respectivamente (espectrofotómetro Genesys, modelo 10S UV-VIS) y fue expresado en mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra fresca (mg cianidina-3-glucósido/100 g).
- Capacidad antioxidante (CA): al extracto se le agregó el radical estable DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (Brand-Williams et al., 1995), seguidamente se midió su absorbancia (espectrofotómetro Genesys, modelo 10S UV-VIS) a 517 nm. Los resultados fueron expresados en μM de Trolox, equivalente/g de muestra en base seca ( $\mu\text{mol Trolox/g b. s.}$ ).

## Análisis de datos

Se verificó la normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ), luego se realizaron comparaciones con las pruebas T Student (entre los tubérculos) y análisis de varianza (Anova), complementadas con la prueba de Tukey (entre los tratamientos), para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos ( $p = 0,05$ ) en cada materia prima empleada. Para ello se utilizó el software SPSS versión 25.

## Resultados y discusión

### Biocomponentes

#### **Materia prima**

Los tubérculos de yana siri poseen un mayor contenido de fenoles, carotenoides y antocianinas ( $p < 0,05$ ), siendo la papa nativa la de mayor contenido de biocomponentes (tabla 3).

Para el caso de los fenoles, los tubérculos de yana siri cuantificaron un mayor contenido en relación a yuraq siri, ello se podría explicar por la coloración de la pulpa de este tubérculo, relacionado con el contenido fenólico (Peñarrieta, Salluca et al., 2011), ya que se conoce que las papas de colores registran un mayor contenido de fenoles (Ru et al., 2019).

Al comparar los contenidos registrados de fenoles de este estudio, estos se encuentran dentro del rango ( $161,6 \pm 14,2$  a  $442,7 \pm 37,5$  mg ácido gálico/100 g b. s. en muestras crudas) registrado en tubérculos de papa criolla *S. tuberosum* grupo Phureja (Cerón-Lasso et al., 2018); en otros estudios se ha encontrado que la cantidad total de compuestos fenólicos en diferentes cultivares de papa andina, incluidas las cáscaras, varía de 7 a 72  $\mu\text{mol ácido gálico/g b. s.}$  (Peñarrieta, Salluca et al., 2011).

**Tabla 3.** Contenido de los biocomponentes (promedio  $\pm$  DE) evaluados en los tubérculos de yana siri (*Solanum x juzepczukii*) y yuraq siri (*Solanum x curtilobum*) antes de su procesamiento en los tratamientos

| Biocomponentes  | Yana siri                      | Yuraq siri                     |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Compuestos fenólicos totales<br>(mg ácido gálico/100 g b. s.) | 232,46 $\pm$ 1,09 <sup>a</sup> | 224,55 $\pm$ 4,33 <sup>b</sup> |
| Carotenoides totales<br>(mg $\beta$ -caroteno/100 g b. s.)    | 0,34 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>   | 0,21 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>   |
| Antocianinas totales<br>(mg cianidina-3-glucósido/100 g)      | 4,55 $\pm$ 0,69 <sup>a</sup>   | 1,06 $\pm$ 0,68 <sup>b</sup>   |

Notas aclaratorias: DE: desviación estándar, b. s.: base seca y los superíndices a y b indican diferencia significativa al 95 % de confianza ( $p = 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia

### **Productos de tunta y chuño**

Respecto a los biocomponentes evaluados en los productos obtenidos de yana siri a tres niveles de temperatura (tabla 4), los contenidos de fenoles mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), siendo mayor en el T2 para tunta y en el T3 para chuño a -30 °C, respectivamente.

Para el caso de los CAR, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos a -20 °C ( $p < 0,05$ ), no se determinaron diferencias significativas entre el T2 y el T3 a -10 °C y el T1, el T2 y el T3 a -30 °C ( $p > 0,05$ ).

Las AN solo mostraron diferencias significativas entre los tratamientos a -10 °C de congelamiento ( $p < 0,05$ ) a -20 °C y -30 °C; en T1 y T2 no se registraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

En los tres niveles de temperatura, el chuño elaborado a base de *S. x juzepczukii* registró un mayor contenido de fenoles, carotenoides y antocianinas (T3), siendo mayor para todos los biocomponentes evaluados a -30 °C de condición de congelamiento.

**Tabla 4.** Contenido de los biocomponentes (promedio ± DE) evaluados en los productos obtenidos de yana siri (*Solanum x juzepczukii*) a tres niveles de temperatura

| Biocomponentes   | T1                        | T2                         | T3                         | Condición |
|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| Compuestos fenólicos totales (mg ácido gálico/100 g b. s.) | 49,33 ± 0,51 <sup>a</sup> | 92,42 ± 1,84 <sup>b</sup>  | 185,2 ± 5,37 <sup>c</sup>  |           |
| Carotenoides totales (mg β-caroteno/100 g b. s.)           | 0,19 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 0,28 ± 0,06 <sup>b</sup>   | 0,31 ± 0,05 <sup>b</sup>   | -10 °C    |
| Antocianinas (mg cianidina-3-glucósido/100 g)              | 1,57 ± 0,22 <sup>a</sup>  | 2,2 ± 0,15 <sup>b</sup>    | 0,34 ± 0,24 <sup>c</sup>   |           |
| Compuestos fenólicos totales (mg ácido gálico/100 g b. s.) | 51,14 ± 0,76 <sup>a</sup> | 121,78 ± 1,38 <sup>b</sup> | 225,10 ± 6,36 <sup>c</sup> |           |
| Carotenoides totales (mg β-caroteno/100 g b. s.)           | 0,23 ± 0,03 <sup>a</sup>  | 0,29 ± 0,06 <sup>b</sup>   | 0,32 ± 0,04 <sup>c</sup>   | -20 °C    |
| Antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/100 g)      | 1,91 ± 0,96 <sup>a</sup>  | 2,79 ± 0,25 <sup>a</sup>   | 0,44 ± 0,39 <sup>b</sup>   |           |
| Compuestos fenólicos totales (mg ácido gálico/100 g b. s.) | 68,06 ± 1,57 <sup>a</sup> | 162,77 ± 0,65 <sup>b</sup> | 230,61 ± 5,24 <sup>c</sup> |           |
| Carotenoides totales (mg β-caroteno/100 g b. s.)           | 0,29 ± 0,07 <sup>a</sup>  | 0,34 ± 0,06 <sup>a</sup>   | 0,35 ± 0,05 <sup>a</sup>   | -30 °C    |
| Antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/100 g)      | 2,49 ± 0,39 <sup>a</sup>  | 3,38 ± 0,59 <sup>a</sup>   | 0,74 ± 0,15 <sup>b</sup>   |           |

Notas aclaratorias: DE: desviación estándar, b. s.: base seca, T1: elaboración de tunta sin ácido ascórbico, T2: elaboración de tunta con ácido ascórbico, T3: elaboración de chuño y los superíndices a, b y c indican diferencia significativa al 95 % de confianza ( $p = 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los productos obtenidos de yuraq siri a tres niveles de temperatura (tabla 5), los contenidos de compuestos fenólicos muestran diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Los CAR y las AN registran diferencias significativas entre los tratamientos a los -10 °C ( $p < 0,05$ ), no observándose diferencias de concentraciones de carotenoides entre T1 y T2 a -20 °C y -30 °C ( $p > 0,05$ ). Asimismo, las AN no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos a -30 °C de congelamiento ( $p > 0,05$ )

También, el chuño elaborado a base de yuraq siri registró un mayor contenido de fenoles, carotenoides y antocianinas (T3), mostrando mayores concentraciones de biocomponentes a -30 °C.

**Tabla 5.** Contenido de los biocomponentes (promedio ± DE) evaluados en los productos elaborados a base de yuraq siri (*Solanum x curtilobum*) a tres niveles de temperatura

| Biocomponentes  | T1                           | T2                            | T3                            | Condición |
|---|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|
| Compuestos fenólicos totales<br>(mg ácido gálico/100 g b. s.) | 49,68 ±<br>0,49 <sup>a</sup> | 108,63 ±<br>2,04 <sup>b</sup> | 197,76 ±<br>1,47 <sup>c</sup> |           |
| Carotenoides totales<br>(mg β-caroteno/100 g b. s.)           | 0,04 ±<br>0,02 <sup>a</sup>  | 0,12 ±<br>0,05 <sup>b</sup>   | 0,22 ±<br>0,03 <sup>c</sup>   | -10 °C    |
| Antocianinas totales<br>(mg cianidina-3-glucósido/100 g)      | 0,34 ±<br>0,23 <sup>a</sup>  | 0,69 ±<br>0,23 <sup>b</sup>   | 0,93<br>±0,52 <sup>c</sup>    |           |
| Compuestos fenólicos totales<br>(mg ácido gálico/100 g b. s.) | 51,97 ±<br>0,5 <sup>a</sup>  | 118,7 ±<br>2,98 <sup>b</sup>  | 205,71 ±<br>1,75 <sup>c</sup> |           |
| Carotenoides totales<br>(mg β-caroteno/100 g b. s.)           | 0,15 ±<br>0,03 <sup>a</sup>  | 0,19 ±<br>0,02 <sup>a</sup>   | 0,26 ±<br>0,05 <sup>b</sup>   | -20 °C    |
| Antocianinas totales<br>(mg cianidina-3-glucósido/100 g)      | 0,44 ±<br>0,39 <sup>a</sup>  | 0,34 ±<br>0,23 <sup>a</sup>   | 0,98 ±<br>0,23 <sup>b</sup>   |           |
| Compuestos fenólicos totales<br>(mg ácido gálico/100 g b. s.) | 67,71 ±<br>1,17 <sup>a</sup> | 131,61 ±<br>1,7 <sup>b</sup>  | 211,57 ±<br>5,03 <sup>c</sup> |           |
| Carotenoides totales<br>(mg β-caroteno/100 g b. s.)           | 0,17 ±<br>0,03 <sup>a</sup>  | 0,2 ±<br>0,02 <sup>a</sup>    | 0,31 ±<br>0,03 <sup>b</sup>   | -30 °C    |
| Antocianinas totales<br>(mg cianidina-3-glucósido/100 g)      | 0,74 ±<br>0,15 <sup>a</sup>  | 0,98 ±<br>0,23 <sup>a</sup>   | 1,03 ±<br>0,39 <sup>a</sup>   |           |

Notas aclaratorias: DE: desviación estándar, b. s.: base seca, T1: elaboración de tunta sin ácido ascórbico, T2: elaboración de tunta con ácido ascórbico, T3: elaboración de chuño y los superíndices a, b y c indican diferencia significativa al 95 % de confianza ( $p = 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia

## Capacidad antioxidante

### *Materia prima*

La CA de los tubérculos de yana siri ( $880,57 \pm 7,84 \mu\text{mol Trolox/g b. s.}$ ), con respecto a los de yuraq siri ( $873,94 \pm 6,50 \mu\text{mol Trolox/g b. s.}$ ) no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

La CA en el cultivar yana siri y yuraq siri no mostraron diferencias significativas, a pesar de que los tubérculos de pulpa púrpura tienen una mayor capacidad que los tubérculos de pulpa blanca y amarilla (Yamdeu et al., 2017). Diferentes reportes indican que existen distintos mecanismos implicados en la prueba de la capacidad antioxidante (Ru et al., 2019).

Los registros muestran contenidos diferentes a lo reportado en papas bolivianas, cuyos rangos oscilaron entre  $0,6$  y  $8,0 \mu\text{mol Trolox/g}$  de materia seca (Peñarrieta, Salluca et al., 2011). Otras publicaciones sobre la CA de la papa muestran una alta variabilidad debido a los diferentes métodos empleados (Yamdeu et al., 2017).

### *Productos de tunta y chuño*

La CA de los productos obtenidos de yana siri a tres niveles de temperatura (tabla 6) muestran diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ); del mismo modo, existen diferencias significativas entre los tratamientos en los productos elaborados a base de yuraq siri ( $p < 0,05$ ), a excepción del T2 y T3 a  $-20^\circ\text{C}$  ( $p > 0,05$ ), además, la capacidad antioxidante fue mayor en el T3 a  $-30^\circ\text{C}$  en ambos tubérculos (figura 2).

El contenido de compuestos fenólicos, pigmentos y la CA del chuño y la tunta, elaborados bajo condiciones controladas en comparación a su materia prima, tiende a disminuir como consecuencia del proceso de elaboración, ello contrasta con lo registrado en cultivos de papas bolivianas y el chuño (Peñarrieta, Alvarado et al., 2011).

Respecto a los tratamientos, el mayor contenido de CF se encontró a  $-30^\circ\text{C}$ , tanto para tunta con ácido ascórbico como para chuño, ello indica que las temperaturas más frías conservan mejor el metabolito evaluado. Comparando con los fenoles totales ( $0,08-0,15 \text{ mg ácido gálico/g muestra fresca}$ ), cuantificados en once variedades de papa de India, después de 0, 30, 60 y 90 días de almacenamiento a temperatura ambiente,  $15^\circ\text{C}$  y  $4^\circ\text{C}$  (Yamdeu et al., 2017), se observa una mayor retención en la tunta y el chuño.

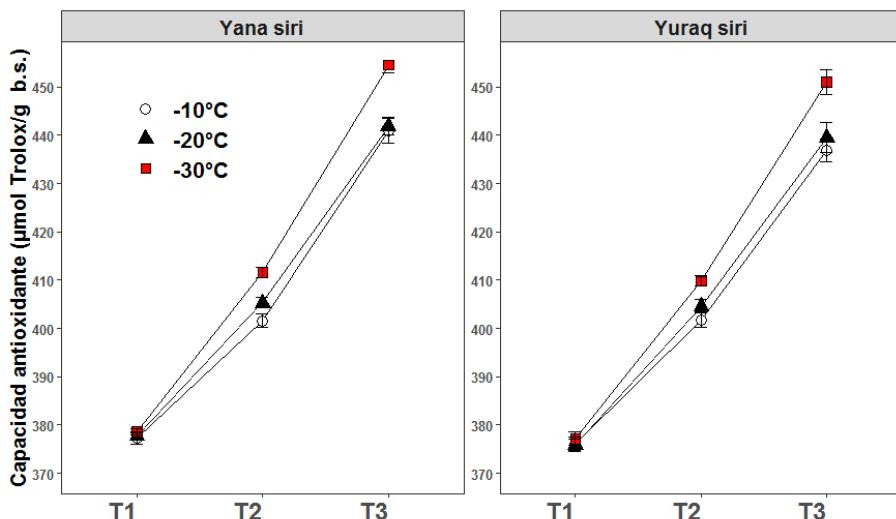
Del mismo modo, se encontró a mayor contenido de CAR y AN en el tubérculo de yana siri, cuyas cáscara y pulpa poseen una coloración morada (figura 1), indicador de la presencia de antocianinas y pigmentos (Akyol et al., 2016), ello se corrobora con lo registrado en los genotipos de papa de pulpa morada, con valores de antocianina de 11 a  $174 \text{ mg de cianidina 3-glucósido/100 g b. h.}$  (Reyes et al., 2004). Es conocido que los carotenoides y las antocianinas proporcionan un gran valor farmacéutico porque incluyen antioxidantes y capacidades antitumorales para la prevención y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

**Tabla 6.** Capacidad antioxidante (promedio  $\pm$  DE) obtenida de los productos elaborados con tubérculos de yana siri (*Solanum x juzepczukii*) y yuraq siri (*Solanum x curtilobum*) a tres niveles de temperatura

| T1  | T2                 | T3                 | Condición |
|---|--------------------|--------------------|-----------|
| <b>Yana siri</b>  |                    |                    |           |
| <b>Capacidad antioxidante (<math>\mu\text{mol Trolox/g b. s.}</math>)</b> |                    |                    |           |
| 377,29 $\pm$ 1,23 <sup>a</sup>  | 401,62 $\pm$ 1,39b | 440,92 $\pm$ 2,53c | -10 °C    |
| 377,71 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup>  | 405,30 $\pm$ 1,10b | 441,82 $\pm$ 1,82c | -20 °C    |
| 378,54 $\pm$ 0,63 <sup>a</sup>  | 411,54 $\pm$ 1,03b | 454,51 $\pm$ 1,52c | -30 °C    |
| <b>Yuraq siri</b>   |                    |                    |           |
| <b>Capacidad antioxidante (<math>\mu\text{mol Trolox/g b. s.}</math>)</b> |                    |                    |           |
| 376,12 $\pm$ 1,38 <sup>a</sup>  | 401,83 $\pm$ 1,59b | 436,90 $\pm$ 2,37c | -10 °C    |
| 375,84 $\pm$ 1,23 <sup>a</sup>  | 404,60 $\pm$ 1,33b | 439,54 $\pm$ 3,10b | -20 °C    |
| 377,16 $\pm$ 1,38 <sup>a</sup>  | 409,80 $\pm$ 1,07b | 450,97 $\pm$ 2,64c | -30 °C    |

Notas aclaratorias: DE: desviación estándar, b. s.: base seca, T1: elaboración de tunta sin ácido ascórbico, T2: elaboración de tunta con ácido ascórbico, T3: elaboración de chuño y los superíndices a, b y c indican diferencia significativa al 95 % de confianza ( $p = 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.** Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox/g b.s.}$ ) obtenida de los productos elaborados con tubérculos de yana siri (*Solanum x juzepczukii*) y yuraq siri (*Solanum x curtilobum*) a tres niveles de temperatura. Fuente: Elaboración propia

El contenido de compuestos fenólicos, pigmentos y la CA del chuño y la tunta, elaborados bajo condiciones controladas en comparación a su materia prima, tiende a disminuir como consecuencia del proceso de elaboración, ello contrasta con lo registrado en cultivos de papas bolivianas y el chuño (Peñarrieta, Alvarado et al., 2011).

Respecto a los tratamientos, el mayor contenido de CF se encontró a -30 °C, tanto para tunta con ácido ascórbico como para chuño, ello indica que las temperaturas más frías conservan mejor el metabolito evaluado. Comparando con los fenoles totales (0,08-0,15 mg ácido gálico/g muestra fresca), cuantificados en once variedades de papa de India, después de 0, 30, 60 y 90 días de almacenamiento a temperatura ambiente, 15 °C y 4 °C (Yamdeu et al., 2017), se observa una mayor retención en la tunta y el chuño.

Del mismo modo, se encontró a mayor contenido de CAR y AN en el tubérculo de yana siri, cuyas cáscara y pulpa poseen una coloración morada (figura 1), indicador de la presencia de antocianinas y pigmentos (Akyol et al., 2016), ello se corrobora con lo registrado en los genotipos de papa de pulpa morada, con valores de antocianina de 11 a 174 mg de cianidina 3-glucósido/100 g b. h. (Reyes et al., 2004). Es conocido que los carotenoides y las antocianinas proporcionan un gran valor farmacéutico porque incluyen antioxidantes y capacidades antitumorales para la prevención y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

Los resultados de los pigmentos son variables en cuanto a los tratamientos, pero se observa un aumento de estos en la tunta con ácido ascórbico y el chuño a -30 °C. El chuño (papa negra liofilizada) posee una mayor coloración que la tunta (papa blanca liofilizada), lo que explicaría la diferencia de pigmentos. Es importante resaltar que la condición térmica más fría muestra un efecto conservador sobre la disminución de la cantidad de carotenoides y antocianinas (Tang et al., 2015).

En el mismo sentido que los demás biocomponentes, la capacidad antioxidante de la tunta con ácido ascórbico y chuño fue mayor a -30 °C, siendo la temperatura más fría la mejor condición para la conservación de la capacidad antioxidante.

Del análisis realizado se desprenden dos puntos importantes:

- 1) Los resultados de este estudio muestran que los procesos de tunta y chuño resultaron en una pérdida leve/moderada de compuestos fenólicos, pigmentos y antioxidantes. Resultados similares se tiene con la elaboración de chuño con base en papas bolivianas (Peñarrieta, Alvarado et al., 2011). Como se explicó anteriormente, la reducción de biocomponentes y la cantidad de antioxidantes se deben a los procesos de elaboración de los productos. Durante la liofilización pueden perderse parcialmente minerales (cenizas), proteínas y ácido ascórbico, y los procesos de congelación y descongelación destruyen las vacuolas de las células y liberan la fenoloxidasa, lo que puede provocar la pérdida de antioxidantes fenólicos (Peñarrieta, Salluca et al., 2011).
- 2) La adición del ácido ascórbico en el proceso de la tunta evidencia una respuesta del

producto ante el estrés oxidativo causado por la temperatura y el proceso aplicado, el cual aumenta la capacidad antioxidante del producto (Yamdeu et al., 2017).

Dentro de las condiciones de trabajo de laboratorio no se incorporó aire forzado en la congelación, condición que sí ocurre en condiciones naturales, pero de manera variable. Se desprende que la elaboración de chuño y tunta en condiciones naturales puede ser mejorada al incorporar procesos controlados como la velocidad de corriente de aire frío, el ácido ascórbico como antioxidante y plantear su producción a nivel de prototipo o planta piloto. En perspectiva, es necesario seguir investigando sobre las condiciones óptimas de elaboración de chuño y tunta para garantizar la calidad de estos productos alimenticios, respetando la cultura y la seguridad alimentaria de los pueblos andinos.

## Conclusiones

Las mejores condiciones de extracción de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, carotenoides y antocianinas para el chuño y la tunta, elaborados con base en yana siri y yuraq siri se logró a la temperatura de congelación de -30 °C, con un secado para el chuño de 40 °C por 48 horas y a 35 °C por 72 horas para la tunta.

En los tratamientos, la temperatura es una condición importante para la conservación de las propiedades antioxidantes y los pigmentos del chuño y la tunta, los cuales mejoraron con la adición de ácido ascórbico.

El tubérculo con mayores contenidos evaluados fue el yuraq siri (*S. x curtilobum*) por su coloración característica.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, dentro del marco del proyecto: “Valorización nutricional, funcional e innovación tecnológica en la elaboración de chuño y tunta”.

## Contribución de los autores

Emilio Yábar-Villanueva: concepción y diseño del estudio, revisión del proyecto para el acceso a recursos económicos, supervisión de las actividades, elaboración y revisión del manuscrito; Wilson Huicho-Espinoza: elaboración del proyecto, registro de la información en laboratorio, construcción de las bases de datos y análisis de la información; Aldo Suazo-Peña: elaboración del proyecto, registro de la información en laboratorio, construcción de las bases de datos y análisis de la información; Edgar Rojas-Zacarías: elaboración del proyecto para el acceso a

recursos económicos, concepción y diseño del estudio y redacción del manuscrito; Daniel Álvarez-Tolentino: análisis de la información, elaboración y revisión del manuscrito.

## Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses en este estudio.

## Financiación

El presente trabajo ha sido financiado con recursos del canon, sobre canon y regalías mineras de la UNCP, aprobado con Resolución N.º 3411-R-2020.

## Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

## Referencias

- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M. F., & Verardo, V. (2016). Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835. <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>
- Al Kutubi, S. H. (2020). On Randomized Complete Block Design. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 53(2), 230-243.  
<https://www.gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/download/11523/5730/>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28, 25-30.  
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Cerón-Lasso, M., Alzate-Arbeláez, A. F., Rojano, B. A., & Ñuztez-López, C. E. (2018). Composición físicoquímica y propiedades antioxidantes de genotípos nativos de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información Tecnológica*, 29(3), 205-216.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>

Choquechambi, L. A., Callisaya, I. R., Ramos, A., Bosque, H., Mújica, A., Jacobsen, S. E., Sørensen, M., & Leidi, E. O. (2019). Assessing the nutritional value of root and tuber crops from Bolivia and Peru. *Foods*, 8(11), 526. <https://doi.org/10.3390/foods8110526>

Das, S., Mitra, B., Luthra, S. K., Saha, A., Hassan, M. M., & Hossain, A. (2021). Study on Morphological, Physiological Characteristics and Yields of Twenty-One Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars Grown in Eastern Sub-Himalayan Plains of India. *Agronomy*, 11(2), 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020335>

De Haan, S., & Rodríguez, F. (2016). Potato Origin and Production. En J Singh, & L. Kaur (eds.), *Advances in Potato Chemistry and Technology* (pp. 1-32). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800002-1.00001-7>

Egúsquiza, B. (2014). *La papa en el Perú*. Lima, Perú: Oficina Académica de Extensión y Extensión de la Universidad Agraria La Molina.

Fonseca, C., Burgos, G., Rodríguez, F., Muñoa, L., & Ordinola, M. (2014). *Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica*. Centro Internacional de la Papa. <https://doi.org/10.4160/9789290604549>

Fonseca, C., Huarachi, E., Chura, W., & Cotrado, G. (2008). *Guía de las buenas prácticas del procesamiento para la producción artesanal de la Tunta*, Investigación del centro Internacional de la papa. Cuenca del río Ilave Puno, Perú. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/004295.pdf>

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. En Wrolstad, R. E. (ed.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Nueva York: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>

Huayhua Mamani, H. J., & García Castro, R. A. (2021). Efecto antimicrobiano de la tunta (*Solanum juzepczukii*) sobre la Salmonella enterica subespecie enterica serovar Typhimurium. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 37-46. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.224>

IGP. (2005). *Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire en la Cuenca del río Mantaro*. Lima, Perú: IGP. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/714>

Kim, J., Soh, S. Y., Bae, H., & Nam, S. Y. (2019). Antioxidant and phenolic contents in potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and micropropagated potatoes. *Applied Biological Chemistry*, 62(17), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13765-019-0422-8>

Marmolejo Gutarra, D., & Corpus Chagua, C. P. (2021). Características y rendimiento de semillas básicas de papa nativa (*Solanum goniocalyx*) obtenidas en biorreactor de inmersión temporal en condiciones de invernadero. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad*

*del Zulia*, 38(2), 322-341.

[https://doi.org/https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n2.06](https://doi.org/https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n2.06)

Melton, M. A., Biwer, M. E., & Panjarjiani, R. (2020). Differentiating Chuño blanco and Chuño negro in archaeological samples based on starch metrics and morphological attributes. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34, 102650.  
<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102650>

Ministerio de Agricultura y Riego, Grupo Yanapai, Instituto Nacional de Innovación Agraria, & Centro Internacional de la Papa. (2017). *Catálogo de variedades de papa nativa del sureste del departamento de Junín - Perú*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP).  
<https://cipotato.org/publications/catalogo-de-variedades-de-papa-nativa-del-sureste-del-departamento-de-junin-peru/>

Njus, D., Kelley, P. M., Tu, Y., & Schlegel, H. B. (2020). Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties. *Free Radical Biology and Medicine*, 159, 37-43.  
<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.013>

Peñarrieta, J. M., Alvarado K, J., Bravo, J. A., & Bergenstahl, B. (2011). Chuño and Tunta; the traditional andean sun-driedpotatoes. En C. Caprara (ed.), *Potatoes: Production, Consumption and Health Benefits* (pp. 1-12). Nova Science.

Peñarrieta, J. M., Salluca, T., Tejeda, L., Alvarado, J. A., & Bergenstahl, B. (2011). Changes in phenolic antioxidants during chuño production (traditional Andean freeze and sun-dried potato). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 580-587.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.10.006>

Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R., & Aguirre, E. (2019). Fenología y rendimiento de cuatro variedades de papa en el Altiplano peruano. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 265-274.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.12>

Reddy, B. J., Mandal, R., Chakroborty, M., Hijam, L., & Dutta, P. (2018). A Review on Potato (*Solanum Tuberosum L.*) and its Genetic Diversity. *International Journal of Genetics*, 10(2), 360-364. <https://doi.org/10.9735/0975-2862.10.2.360-364>

Reyes, L. F., Miller, J. C., & Cisneros-Zevallos, L. (2004). Environmental conditions influence the content and yield of anthocyanins and total phenolics in purple- and red-flesh potatoes during tuber development. *American Journal of Potato Research*, 81(3), 187-193.  
<https://doi.org/10.1007/BF02871748>

Ru, W., Pang, Y., Gan, Y., Liu, Q., & Bao, J. (2019). Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Potato Cultivars with White, Yellow, Red and Purple Flesh. *Antioxidants*, 8(10), 419. <https://doi.org/10.3390/antiox8100419>

Sandoval-Vegas, M., Huamán-Gutiérrez, O., Oré-Sifuentes, R., Loli-Ponce, A., & Ayala-Pío, S. (2010). Efecto antioxidante y citoprotector del *Solanum tuberosum* (papa) en la mucosa gástrica de animales de experimentación. *Anales de La Facultad de Medicina*, 71(3), 147-152.

<https://doi.org/10.15381/anales.v71i3.87>

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with Phosphomolybdc-Phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158. <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>

Soto, J., Medina, T., Aquino, Y., & Estrada, R. (2014). Diversidad genética de papas nativas (*Solanum spp.*) conservadas en cultivares nativos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 20(3), 215-222. <https://doi.org/10.15381/rpb.v20i3.5216>

Talcott, S.T., & Howard, L.R. (1999). Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47(5), 2109-2115. <https://doi.org/10.1021/jf981134n>

Tang, Y., Cai, W., & Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Science and Human Wellness*, 4(3), 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.07.003>

Vaitkeviciene, N., Kulaitiene, J., Jariene, E., Levickiene, D., Danillcenko, H., Srednicka-Tober, D., Rembialkowska, E., & Hallmann, E. (2020). Characterization of bioactive compounds in colored potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown with conventional, organic, and biodynamic methods. *Sustainability*, 12(7), 2701. <https://doi.org/10.3390/su12072701>

Yamdeu Galani, J. H., Mankad, P. M., Shah, A. K., Patel, N. J., Acharya, R. R., & Talati, J. G. (2017). Effect of Storage Temperature on Vitamin C, Total Phenolics, UPLC Phenolic Acid Profile and Antioxidant Capacity of Eleven Potato (*Solanum tuberosum*) Varieties. *Horticultural Plant Journal*, 3(2), 73-89. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.004>