

# EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ÁCIDO OXÁLICO DURANTE EL PROCESO DE CONGELADO DE LA OCA (*oxalis tuberosa* Mol) EN EL PROCESAMIENTO DE LA KCAYA

Data de aceite: 02/10/2023

### **Olivia Magaly Luque Vilca**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9000-4624>

### **Lenin Quille Quille**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
<https://orcid.org/0000-0003-3824-5268>

### **Rocio Maritza Escarcena Quispe**

Universidad Nacional de Juliaca  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2948-5017>

### **Noe Benjamin Pampa Quispe**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8072-249X>

### **Tania Jakeline Choque Rivera**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
Orcid <https://orcid.org/0000-0002-3305-0755>

### **Carlos Ricardo Hanco Cervantes**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-8527-0274>

### **Yimy Hanco Cayllahua**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
<https://orcid.org/0000-0002-8250-9665>

### **Edgardo Martín. Figueroa Donayre**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
<https://orcid.org/0000-0001-7891-3334>

### **Jhon Richard Huanca Suaquita**

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales  
<https://orcid.org/0000-0001-6683-8859>

**RESUMEN:** La oca es un tubérculo con un gran valor nutricional y rico en compuestos bioactivos especialmente en antioxidantes, debido a su importancia para la salud humana, por que ayudan a combatir el estrés oxidativo y proteger las células del daño causado por los radicales libres, mientras el ácido oxálico lo implican en la formación de cálculos renales. A razón de ello en el presente trabajo se evaluó la capacidad antioxidante y el contenido de ácido oxálico durante el proceso de congelado de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol) en el procesamiento de la kcaya, que son relevantes desde el punto de vista nutricional y calidad del

producto final. La materia prima utilizada es oca de la variedad Luki rosada. Se utilizó el diseño central compuesto con 2 factores siendo el tiempo con niveles de 9.5, 12,18, 24 y 26 h y temperatura con niveles de -21, -18, -10.5, -3, y -0.1°C, estimando los parámetros de congelación más adecuados, en función a su capacidad antioxidante (CA) y ácido oxálico (AO), considerando que, durante el proceso de congelado, se pueden producir cambios en la actividad antioxidante de la oca debido a la ruptura de las estructuras celulares. Se estimó que a parámetros de -10.5°C /9.5 h. se tiene menor degradación de capacidad antioxidante con un valor de 9.29 µm de Trolox/ g. y menor aumento de ácido oxálico con un valor de 0.196%. En conclusión, la congelación afecta significativamente en el contenido de CA y AO de esta forma se brinda información útil para la industria alimentaria y promoviendo la producción de alimentos saludables y de calidad.

**PALABRAS CLAVES:** antioxidantes, congelado Kcaya, y oca.

**ABSTRACT:** The oca is a tuber with a great nutritional value and rich in bioactive compounds, especially antioxidants, due to their importance for human health, because they help to combat oxidative stress and protect cells from damage caused by free radicals, while oxalic acid is implicated in the formation of kidney stones. For this reason, the antioxidant capacity and oxalic acid content during the freezing process of oca (*Oxalis tuberosa* Mol) in the processing of kcaya, which are relevant from the nutritional point of view and quality of the final product, were evaluated in the present study. The raw material used is goose of the pink Luki variety. The central composite design was used with 2 factors being time with levels of 9.5, 12,18, 24 and 26 h and temperature with levels of -21, -18, -10.5, -3, and -0.1°C, estimating the most appropriate freezing parameters, according to their antioxidant capacity (AC) and oxalic acid (OA), considering that, during the freezing process, changes in the antioxidant activity of the goose can occur due to the rupture of the cellular structures. It was estimated that at parameters of -10.5°C /9.5 h. there is less degradation of antioxidant capacity with a value of 9.29 µm of Trolox/ g. and less increase of oxalic acid with a value of 0.196%. In conclusion, freezing significantly affects CA and AO content, thus providing useful information for the food industry.

**KEYWORDS:** antioxidants, frozen Kcaya, and oca.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol) es un tubérculo nativo de los Andes, cultivado principalmente en Perú, Bolivia y Ecuador. En orden de importancia alimenticia y económica, ocupa el segundo lugar después de la papa y consumido desde tiempos ancestrales. Su importancia radica en su valor nutricional y sus propiedades físicoquímicas que la convierten en un alimento versátil y prometedor, es así que la oca se le atribuye propiedades funcionales como ser un agente preventivo de dolencias digestivas y elevada actividad antioxidante (Chirinos et al., 2009), que son beneficiosos para la salud y nutrición humana, sin embargo contiene oxalatos solubles en un rango de 92-221 mg / 100 g de peso fresco que es responsable del sabor amargo de este tubérculo, que tiene efectos nocivos sobre la nutrición y la salud humana, es así que el ácido oxálico puede inhibir la absorción

de calcio y facilitar la formación de cálculos renales (Huyhn et al., 2022).

En la búsqueda de alternativas alimentarias saludables y nutritivas, el procesamiento de la oca a través de técnicas ancestrales se ha transformado en productos como la Kcaya o UmaKaya, por lo que estos métodos permiten la conservación de productos a partir de la oca durante períodos prolongados, que consiste en congelar el producto durante la noche y luego secar al sol durante el día, de esta forma se utilizan las técnicas de congelado y secado respectivamente. Por lo que es importante la evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la oca durante el proceso de congelado para comprender los cambios que experimenta este tubérculo y determinar la calidad y estabilidad de la kcaya obtenida. Dichas propiedades incluyen aspectos como la composición química, características fisicoquímicas, contenido de nutrientes y capacidad antioxidante, entre otros.

Es así que el congelado de la oca implica la reducción de su temperatura a niveles muy bajos, lo que tiene un impacto en su estructura celular y contenido de agua, por lo que se tiene reducción de la actividad de agua que permite prevenir el crecimiento de microorganismos y disminuir las reacciones químicas de deterioro. Durante este proceso, pueden producirse cambios en la textura, color, sabor y nutrientes de la oca. Por otro lado, el secado implica la eliminación del agua presente en la oca congelada, lo que puede afectar aún más su estructura y composición química, por lo que es importante la evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la oca durante el procesamiento de congelado para optimizar las condiciones de estos procesos y garantizar la calidad y seguridad del producto final lo que proporciona información valiosa sobre su estabilidad durante el almacenamiento y su potencial como alimento nutritivo y funcional (Sun et al., 2023).

En este estudio, se busca profundizar en la comprensión de las propiedades fisicoquímicas de la oca durante el proceso congelado operación que se realiza durante el procesamiento de la kcaya. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento científico sobre el procesamiento de la oca y su potencial como alimento funcional, ampliando así las opciones alimentarias y promoviendo el desarrollo sostenible en las regiones donde se cultiva este valioso tubérculo, por lo que su popularidad de los productos andinos sigue creciendo a escala mundial, pero se debe adaptar al estilo de vida de los consumidores con productos de alto valor agregado, basados en sus propiedades funcionales, que mejoran el sistema inmunológico y la salud pública.

## **2 | MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 MATERIALES**

Se utilizó oca de la variedad Luki rosada, adquirida de la ciudad de Yunguyo, Departamento de Puno, ubicado en el altiplano peruano a una altura de 3 826 metros sobre el nivel del mar, con las coordenadas 16°14'39"S 69°05'34"O.



Figura 01: Oca - variedad Luki rosada

## 2.2 REACTIVOS

Los reactivos utilizados fueron son ABTS (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), hidróxido de sodio 0.1 N que fueron obtenidos de Sigma-Aldrich, etanol 99% de J.T. Baker, indicador fenolftaleína, agua destilada, agua ultrapura.

## 2.3 METODOLOGÍA.

### 2.3.1 *Análisis proximal*

Se realizó el análisis proximal de la oca, considerando la determinación de la humedad (%) por el método gravimétrico, proteína (%) por el método Kjeldahl, grasa cruda (%) por el método extracción Soxhlet, cenizas (%) por el método gravimétrico, carbohidratos (%) se determinó por diferencia, fibra cruda (%) por el método digestión ácida y neutralización con NaOH, y energía total (Kcal).

### 2.3.2 *Análisis de cuantificación de capacidad antioxidante y ácido oxálico*

El análisis de la capacidad antioxidante se utilizó el método ABTS descrito por Monar (2014), y la determinación del ácido oxálico (%) se utilizó método descrito por Bartholomai et al., (2000).

## Cálculos de la curva de calibración

Volumen Trolox ( $\mu\text{L}$ )	Solvente ( $\mu\text{L}$ )	Concentración ( $\mu\text{mol/L}$ )
0	3000	0
300	2700	100
600	2400	200
900	2100	300
1200	1800	400
1500	1500	500
1800	1200	600

Tabla 1: Preparación de estándares Trolox

Ecuación que corresponde a la curva de calibración:

$$Y = 1.0442X + 0.0352 \quad (1)$$

$$\Delta Abs = bs \text{ muestra} - Abs \text{ control} \quad (2)$$

$$X = \frac{\Delta Abs - 0.0352}{1.0442} \quad (3)$$

Dónde:

Abs control: es la absorbancia control, Abs muestra: es la absorbancia de la muestra;  
X=Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol trolox/g}$ );  $\Delta Abs$ = diferencia de absorbancia.

### Cálculos para la valoración del ácido oxálico

$$\% AO = \frac{ml(NaOH) * N(NaOH) * meq(acido oxalico)10 * v(ml)}{p(g) * v(alicuota ml)} * 100 \quad (4)$$

Donde:

%AO : porcentaje de ácido oxálico; ml (NaOH): mililitros de hidróxido de sodio gastado; N (NaOH): normalidad de hidróxido de sodio (0.1 N). Meq: Mili equivalente de ácido oxálico (90.04 g / mol). V (ml): volumen total de la muestra., p (g): peso de la muestra, V (alícuota): volumen de alícuota en mL.

### 2.3.3 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Central Compuesto (DCC), considerando dos factores que son temperatura y tiempo de congelación que se muestra en la tabla 2. El diseño experimental se observa en la figura 2.

TRATAMIENTO	Valores naturales		Valores de respuesta	
	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Cap. Antioxidante	Ácido oxálico
1	-18.0	12.0	CA-01	AO1
2	-3.0	12.0	CA-02	AO2
3	-18.0	24.0	CA-03	AO3
4	-3.0	24.0	CA-04	AO4
5	-21.1	18.0	CA-05	AO5
6	0.11	18.0	CA-06	AO6
7	-10.5	9.5	CA-07	AO7
8	-10.5	26.5	CA-08	AO8
9	-10.5	18	CA-09	AO9
10	-10.5	18	CA-010	AO10
11	-10.5	18	CA-011	AO11

Tabla 2: Matriz del Diseño Central Compuesto (DCC)

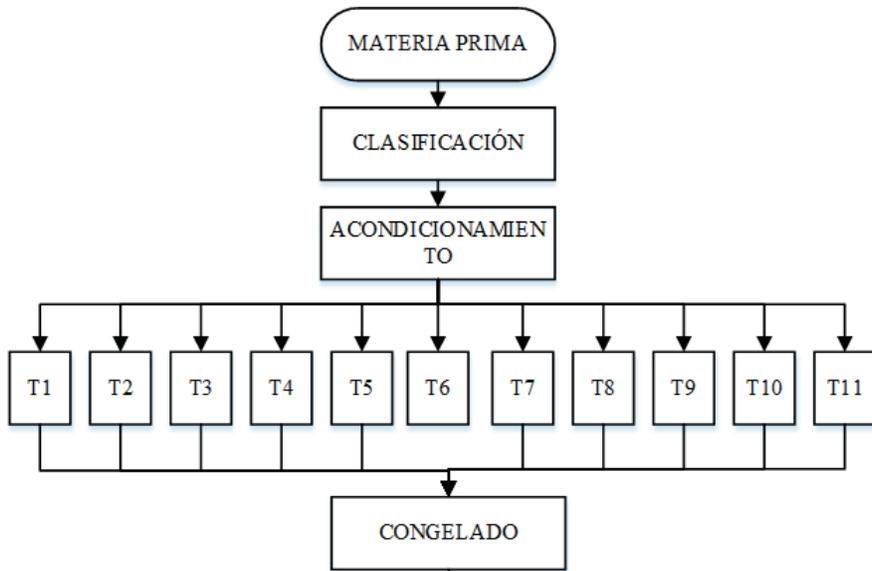


Figura 2. Diagrama de diseño experimental de la elaboración de kcaya a diferentes parámetros de congelado.

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.4 Evaluación de la materia prima

##### 3.4.1 Análisis proximal

Los resultados del análisis proximal de la oca fresca de variedad Luki rosada, se

observa en la tabla 3, resultados similares con las investigaciones realizadas por Vásquez Campos & Aurora Vigo, (2021) que reportó 79.14% de humedad, 1.04 % de proteína, 1.01% de cenizas, 13.30 % de carbohidratos y energía total 51 Kcal; diferencia que se debe a factores como son la genética, suelo, entre otros que influyen en las características de los tubérculos.

Determinación	Expresión	Resultado
Humedad	%	81.31
Proteína	%	0.99
Grasa	%	0.40
Fibra	%	0.82
Ceniza	%	0.86
Carbohidrato	%	16.44
Energía	Kcal	73.32

Tabla 3: Análisis proximal de la oca fresca

### 3.4.2 Capacidad antioxidante (CA) y ácido oxálico (AO)

Los resultados con respecto a la capacidad antioxidante y ácido oxálico de la oca de variedad Luki rosada, se reportan en la tabla 4.

Determinación	Expresión	Resultado
Capacidad antioxidante	$\mu\text{mol trolox/g}$	9.91
Ácido oxálico	%	0.17

Tabla 4: contenido de Capacidad antioxidante y ácido oxálico de la oca

La oca presentó un contenido de 9.91  $\mu\text{mol trolox/g}$  de capacidad antioxidante; datos que se asemejan a los que presenta Chirinos et al., (2018), reportando 13.2  $\mu\text{mol trolox/g}$  en ocas frescas en la variedad kenya rosada, así también Monar, (2014) reporto 13.41 y 9.52  $\mu\text{mol trolox/g}$ . en ocas frescas de variedad lluchuopa y bola kamusa. Es así que la capacidad antioxidante de distintos genotipos oscila entre 1.10 y 8.9  $\mu\text{mol trolox/g}$  de peso fresco de oca (Monar, 2014).

Por otra parte, la oca presentó un contenido de 0.17% de ácido oxálico, valor cercano a 0.071, 0.106 y 0.110% reportado por Monar, (2014) para la variedad rojo grisáceo, amarillo señorita y rosado, respectivamente, mientras que Pérez, (2019), reportan una acidez de 0.076% en la variedad roceo violácea, variable que guarda relación con el grado de madurez del tubérculo.

### 3.5 Evaluación del tiempo y temperatura de congelación de oca (*Oxalis tuberosa*) sobre la capacidad antioxidante.

Los resultados de los parámetros de tiempo y temperatura de congelación con

respecto al contenido de Capacidad Antioxidante se muestran en la tabla 5.

N° Tratamientos	Temperatura	Tiempo	Promedio Abs.	CA ( $\mu\text{mol}$ de Trolox/g)
1	-18.0	12.0	0.52	9.03
2	-3.0	12.0	0.52	9.40
3	-18.0	24.0	0.54	8.25
4	-3.0	24.0	0.53	8.80
5	-21.1	18.0	0.53	8.44
6	-0.1	18.0	0.52	9.57
7	-10.5	9.5	0.52	9.29
8	-10.5	26.0	0.54	8.04
9	-10.5	18.0	0.53	9.03
10	-10.5	18.0	0.53	9.03
11	-10.5	18.0	0.53	9.03

Tabla 5: Cuantificación de la capacidad antioxidante de los tratamientos

En la figura 3, se aprecia que el contenido de capacidad antioxidante es dependiente al tiempo y la temperatura de congelación. A mayor tiempo y menor temperatura de congelación, es menor el contenido de capacidad antioxidante mientras, a menor tiempo y mayor temperatura es menor la reducción de la capacidad antioxidante. Los resultados de los tratamientos indican que a parámetros de  $-0.1^{\circ}\text{C}/18\text{h}$  y  $-3^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ , se obtuvo menor degradación de capacidad antioxidante.

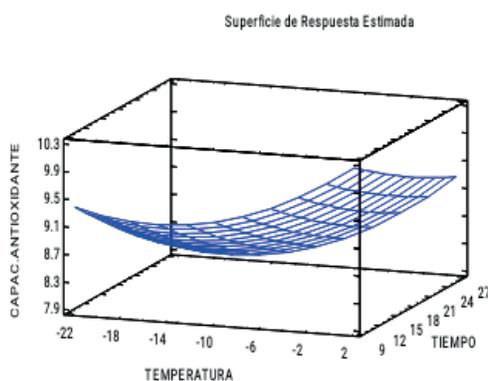


Figura 3. Gráficas de superficie de respuesta respecto al tiempo y temperatura respecto a la cantidad de capacidad antioxidante.

También el proceso de congelación afecta al contenido de vitamina C, fenoles totales y la actividad antioxidante (Molina et al., 2015), este descenso se debe al aumento de la temperatura que afecta a los compuestos antioxidantes como los compuestos

fenólicos y antocianinas (Aktumsek et al., 2013), puesto que la vitamina es soluble al agua, transferencia de masa, sensibilidad al calor y oxidación enzimática.

### 3.6 Evaluación de los parámetros de tiempo y temperatura de congelación con respecto al contenido de ácido oxálico

En la tabla 6 se muestra la cuantificación del ácido oxálico de la oca congelada.

N° Tratamientos	Temperatura	Tiempo	Prom. (mL)	% ácido oxálico
1	-18.0	12.0	1.52	0.23
2	-3.0	12.0	1.29	0.19
3	-18.0	24.0	1.74	0.26
4	-3.0	24.0	1.38	0.21
5	-21.1	18.0	1.64	0.25
6	-0.1	18.0	1.21	0.18
7	-10.5	9.5	1.31	0.19
8	-10.5	26.0	1.88	0.28
9	-10.5	18.0	1.40	0.23
10	-10.5	18.0	1.41	0.23
11	-10.5	18.0	1.40	0.22

Tabla 6: Cuantificación de ácido oxálico en porcentaje en los 11 tratamientos

En la figura 4 se observa que el contenido de ácido oxálico que es dependiente al tiempo y la temperatura de congelación, a mayor tiempo y menor temperatura de congelación, es mayor el contenido de ácido oxálico mientras, a menor tiempo y mayor temperatura es mayor en contenido de ácido oxálico. Los resultados de los tratamientos indican que a parámetros de  $-0.1^{\circ}\text{C} / 18\text{h}$  y  $-3^{\circ}\text{C} / 12\text{h}$  presenta menor contenido de ácido oxálico. Por consiguiente, que a parámetros de  $-10, 5^{\circ}\text{C} / 9.5\text{h}$  tuvo menor aumento de AO, con un contenido de 0.19%. La acidez aumenta significativamente con el tiempo de congelación, la liofilización afecta significativamente parámetros el contenido de acidez que tiende a reducirse (Arauz, 2009).

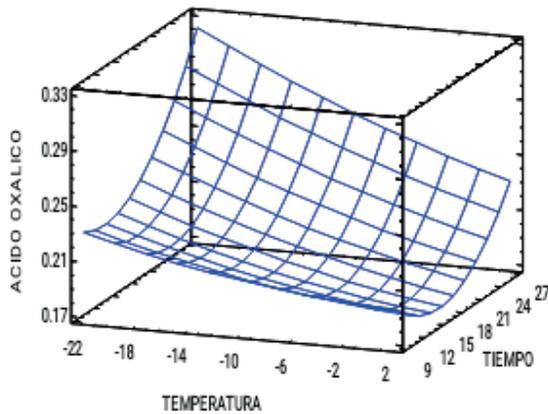


Figura 4. Gráficas de superficie de respuesta con respecto al tiempo y temperatura respecto a la cantidad de ácido oxálico.

#### 4 | CONCLUSIONES

La congelación influye en el contenido de capacidad antioxidante y ácido oxálico en la oca, a temperatura de  $-10.5^{\circ}\text{C}$  durante 9.5 h. tuvo menor reducción de capacidad antioxidante con un contenido de  $9.29 \mu\text{M}$  de Trolox/ g. y 0.196% de ácido oxálico, por lo tanto, la evaluación de la capacidad antioxidante y el contenido de ácido oxálico durante el procesamiento de la oca para obtener kcaya proporciona información valiosa para la industria alimentaria y los consumidores. Permite tomar decisiones informadas sobre las condiciones de congelado óptimas, asegurando la preservación de los compuestos beneficiosos para la salud y el control del ácido oxálico. Esto contribuye al desarrollo de alimentos saludables, seguros y nutritivos, promoviendo el consumo de la oca y diversificando las opciones alimentarias.

#### REFERENCIAS

- Aktumsek, A., Zengin, G., Guler, G. O., Cakmak, Y. S., & Duran, A. (2013). Antioxidant potentials and anticholinesterase activities of methanolic and aqueous extracts of three endemic *Centaurea L.* species. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.018>
- Arauz, E. (2009). *Efecto de tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (Ananas comosus)*. Proyecto de graduación previo a la obtención del título de ingenieros en alimentos. Carrera de Agroindustria Alimentaria. Honduras.
- Bartholomai, G., Tosl, E., & Gonzales, R. (2000). Caracterización de compuestos nutritivos, no nutritivos y la calidad protéica. Buenos Aires.

- Chirinos, R., Betalleluz-Pallardel, I., Huamán, A., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Campos, D. (2009). HPLC-DAD characterisation of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 113(4), 1243–1251. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.015>
- Chirinos, R., Ochoa, K., Aguilar-Galvez, A., Carpentier, S., Pedreschi, R., & Campos, D. (2018). Obtaining of peptides with in vitro antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Cereal Science*, 83, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.004>
- Huynh, N. K., Nguyen, D. H. M., & Nguyen, H. V. H. (2022). Effects of processing on oxalate contents in plant foods: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 112, 104685. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2022.104685>
- Molina, Y., Caez, G., Rodríguez, M. L., Cerón, M. del S., & Garnica, A. M. (2015). Contenido De Antioxidantes En Papas Criollas Nativas (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) en Proceso de Precocción y Congelación. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 23(36), 31–41.
- Monar, V. (2014). *Determinación de la composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de oca (Oxalis tuberosa): Bola Kamusa y Lluchú Oqa*. 47–51.
- Pérez, E. (2019). Efecto de temperatura y tiempo de secado convectivo sobre la capacidad antioxidante y vitamina C en harina de oca (*Oxalis tuberosa*). *Universidad Nacional De Trujillo*, 1–53.
- Sun, L., Zhu, Z., & Sun, D. W. (2023). Regulating ice formation for enhancing frozen food quality: Materials, mechanisms and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 139, 104116. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.07.013>
- Vásquez Campos, J., & Aurora Vigo, E. F. (2021). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (*Oxalis Tuberosa*). In *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación* (Vol. 8, Issue 1). <https://doi.org/10.26495/icti.v8i1.1541>