

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS

EVALUACION DEL PROCESAMIENTO ANCESTRAL DE K'AYA DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol) SOBRE SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES

PRESENTADO POR:

Br. ALEX TAYPE MAYNA

Br. OLGER MAQUERA QUISPE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ASESORA:

Msc. ANTONIETA MOJO QUISANI

CO ASESORA:

Dra. ELIZABETH HUANATICO SUAREZ

CUSCO- PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Msc. ING. ANTONIETA HOJO QUISANI
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DEL PROCESAMIENTO
..... ANCESTRAL DE K'SYA DE OCA (Oxalis tuberosa Ituri)
..... SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y
..... FUNCIONALES.

Presentado por: HANOCUELA QUISPE OLGER DNI N° ...74474702 ..;
presentado por: TROY PE ITAYNO DLEX DNI N°: ...74329931 ..

Para optar el título Profesional/Grado Académico de
..... INGENIERO AGRONEINDUSTRIAL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6º del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 16 de enero de 2026

Firma

Post firma..... ANTONIETA HOJO QUISANI

Nro. de DNI..... 24716895

ORCID del Asesor..... 0000 - 0002 - 4370 - 4409

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: old: 27259: 546792987

Alex y Olger

EVALUACION DEL PROCESAMIENTO ANCESTRAL DE K'AYA DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol) SOBRE SUS PROPIEDADES FIS..

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:546792987

95 páginas

Fecha de entrega

16 ene 2026, 12:10 p.m. GMT-5

25.194 palabras

Fecha de descarga

16 ene 2026, 12:21 p.m. GMT-5

126.017 caracteres

Nombre del archivo

TESIS (OLGER MAQUERA - ALEX TAYPE) 2025.pdf

Tamaño del archivo

2.4 MB

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

4%	 Fuentes de Internet
1%	 Publicaciones
1%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

ÍNDICE

ÍNDICE	2
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL	12
1.1. Descripción de la realidad problemática.	12
1.1.1. Formulación del Problema	13
Problema General	13
Problemas Específicos	13
1.1.2. Objetivos de Investigación	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos	13
1.1.3. Justificación del estudio.	13
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	15
2.1. Antecedentes de la Investigación	15
2.1.1. Antecedentes nacionales	15
2.1.2. Antecedentes internacionales	19
2.2. Bases Teóricas	21
2.2.1. Oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>)	21
2.2.2. Clasificación taxonómica de la oca	22
2.2.3. Clasificación botánica de la oca	22
2.2.4. Características morfológicas de la oca	22
2.2.5. Variedades de la oca.....	23
2.2.6. Valor nutritivo de la oca.....	24

2.2.7. Consumo de la oca	25
2.2.8. Propiedades funcionales de la oca.....	26
2.2.9. Capacidad o Acción Anti-oxidante	26
2.2.10. Ácido ascórbico.....	27
2.2.11. Propiedades fisicoquímicas químicas de la oca	28
2.2.12. Ácido oxálico de la oca.....	29
2.2.13. Almacenamiento de las ocas	30
2.2.14. Proceso de elaboración k'aya	30
2.2.15. Rehidratación de k'aya (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>).	33
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	35
3.1. Hipótesis	35
Hipótesis General	35
Hipótesis Específicas	35
1.2. Identificación de Variables.....	35
1.3. Operacionalización de Variables	36
IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
4.1. Lugar de investigación.....	38
4.2. Unidad de Estudio	38
4.3. Población y Muestra de Estudio	38
4.4. Materia prima e Instrumentos y reactivos.	39
4.4.1. Materia prima	39
4.4.2. Equipos e instrumentos de laboratorio	39
4.4.3. Materiales e instrumentos de laboratorio	39
4.4.4. Reactivos	39
4.4.5. Elaboración de k'aya de oca.....	40
4.5. Metodología de determinación de componentes fisicoquímicas y propiedades funcionales de la k'aya.....	46

4.5.1. Determinación de capacidad antioxidant.....	46
4.5.2. Determinación de la vitamina C.....	47
4.5.3. Determinación de Sólidos totales.....	48
4.5.4. Rehidratación	49
4.5.5. Determinación de ácido oxálico.....	49
4.6. Técnicas de Procesamiento de Información.....	50
4.7. Diseño experimental	51
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	52
5.1. Contenido de ácido oxálico, vitamina C, capacidad antioxidant y sólidos solubles totales de la oca fresca.....	52
5.2. Contenido de ácido Oxálico de la K'aya de Oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>) ...	54
5.3. Capacidad Antioxidante de la K'aya de Oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>)	56
5.4. Determinación de la Vitamina C en la K'aya de Oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>).....	57
5.5. Determinación de los Sólidos solubles totales en la K'aya de Oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>)	58
5.6. Determinación de la Rehidratación en la K'aya de Oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>).....	60
CONCLUSIONES	64
SUGERENCIAS	66
BIBLIOGRAFÍA	67
APENDICE.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la oca.....	22
Tabla 2 Comparación de componentes (oca y k'aya), (100 g).	25
Tabla 3 Ácido ascórbico en tubérculos (100 g de materia húmeda).....	28
Tabla 4 Operacionalización de Variables Independientes y Dependientes	36
Tabla 5 Estructura de datos para la regresión lineal múltiple.....	51
Tabla 6 Resultados de análisis fisicoquímico funcional.....	52
Tabla 7 Cálculo de rendimiento en las tres variedades de oca (blanca, roja y amarilla).....	53
Tabla 8 Resultados del Contenido de Ácido Oxálico	54
Tabla 9 Resultados de la Capacidad Antioxidante.....	56
Tabla 10: Resultados de la Cantidad de Vitamina C	57
Tabla 11: Resultados de Sólidos totales	59
Tabla 12: Resultados de la Rehidratación en la K'aya de Oca.....	61

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Las tres variedades de oca (Amarilla, Blanca, Roja) mostrando variaciones en la pigmentación de la piel.....	21
Figura 2 Muestra los tubérculos de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>), junto a un grupo de hojas verdes de trébol.....	23
Figura 3 Estructura de la vitamina C llamado también ácido ascórbico.	27
Figura 4 Diagrama de flujo para la elaboración de k'aya de oca	42
Figura 5 Diagrama de flujo del procesamiento ancestral de k'aya de oca – variedad Roja.....	43
Figura 6 Diagrama de flujo del procesamiento ancestral de k'aya de oca – variedad blanca.....	43

Figura 7 Diagrama de flujo del procesamiento ancestral de k'aya de oca – variedad blanca.....	45
Figura 8 Contenido de Ácido Oxálico de las variedades Amarilla, Blanca, Roja.....	55
Figura 9 Cantidad de Vitamina C (mg/g) y días de soleado en las tres variedades...	58
Figura 10 Contenido de Sólidos Totales.....	60
Figura 11 Grafica de Efectos principales en la para el tiempo de Rehidratación.....	63

DEDICATORIA

A mi madre, que ahora descansa en el cielo, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la constancia y el amor incondicional. Su recuerdo y guía me han acompañado en cada paso de mi vida y en la culminación de este logro académico.

A mis hermanos, por su apoyo constante, comprensión y motivación en los momentos difíciles. Gracias por creer en mí, acompañarme y compartir conmigo cada esfuerzo, haciendo que este sueño sea posible.

*Con gratitud y cariño,
Olger Maquera Quispe*

Dedico este proyecto de tesis a mis queridos padres Toribia Mayna Acjuta y Melquiades Taype Torreblanca que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder cumplir uno de mis objetivos tan anhelados de lograr ser un profesional.

De igual forma dedico a mis hermanos Gerber L, miguel, Manuel, Rolando y Mari soledad por el apoyo moral que me brindaron en todo momento día a día en el transcurso de mi formación profesional y hasta lograr un paso más en la vida.

Alex Taype Mayna

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mi madre, que desde el cielo me inspira con su amor y enseñanzas, y a mis hermanos, por su apoyo incondicional y constante motivación.

A mis profesores y asesores, por su guía, paciencia y valiosos conocimientos compartidos durante todo el proceso de investigación.

Con gratitud,

Olger Maquera Quispe

Agradezco a Dios, a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por permitirme formar parte de su comunidad académica y contribuir a mi formación profesional.

Expreso mi sincero reconocimiento a mis docentes, por compartir sus conocimientos y guiarme durante mi carrera, y a mi asesora, Mgt. Ing. Antonieta Mojo Quisani, por su orientación científica y valioso apoyo en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, manifiesto mi gratitud a mis compañeros y amistades por su constante respaldo, y de manera especial a Maribel Cabrera, por su apoyo moral y acompañamiento.

Alex Taype Mayna

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del procesamiento ancestral de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), mediante soleado, congelado y secado, sobre sus propiedades fisicoquímicas y funcionales en las variedades amarilla, roja y blanca. La metodología incluyó la elaboración tradicional de k'aya aplicando diferentes tiempos de soleado, seguida del análisis de ácido oxálico, capacidad antioxidante, vitamina C, sólidos solubles totales y rehidratación, utilizando métodos analíticos estandarizados.

El estudio se desarrolló bajo un diseño de regresión lineal múltiple, considerando como factores la variedad de oca y el tiempo de soleado. Para el análisis de datos se aplicó estadística descriptiva e inferencial, empleándose análisis de varianza (ANOVA) y regresión lineal múltiple, con un nivel de significancia del 5 %.

Los resultados mostraron una reducción progresiva del contenido de ácido oxálico conforme aumentó el tiempo de soleado, alcanzando valores finales de 0,054 %, 0,057 % y 0,051 % en las variedades amarilla, roja y blanca, respectivamente. La capacidad antioxidante presentó variaciones según la variedad, destacando la amarilla con un valor máximo de 6,34 µmol Trolox/g. Asimismo, la vitamina C y los sólidos solubles totales incrementaron con el tiempo de soleado, mientras que las muestras con menor tiempo presentaron mayor velocidad de rehidratación.

Se concluye que el procesamiento ancestral influye significativamente en las propiedades de la k'aya de oca, resaltando su potencial como alimento funcional y alternativa de valor agregado para los productores altoandinos.

Palabra clave: Ácido Oxálico, Capacidad antioxidante, Vitamina C, Sólidos totales.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of the ancestral processing of k'aya from oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), through sun-drying, freezing, and drying, on its physicochemical and functional properties in the yellow, red, and white varieties. The methodology included the traditional preparation of k'aya using different sun-drying times, followed by the analysis of oxalic acid content, antioxidant capacity, vitamin C, total soluble solids, and rehydration, using standardized analytical methods.

The study was conducted under a multiple linear regression design, considering oca variety and sun-drying time as factors. Data analysis involved descriptive and inferential statistics, applying analysis of variance (ANOVA) and multiple linear regression to determine the influence of the independent variables on the response variables, with a significance level of 5%.

The results showed a progressive reduction in oxalic acid content as sun-drying time increased, reaching final values of 0.054%, 0.057%, and 0.051% for the yellow, red, and white varieties, respectively. Antioxidant capacity varied according to variety, with the yellow variety showing the highest value (6.34 µmol Trolox/g). Likewise, vitamin C content and total soluble solids increased with sun-drying time, while samples subjected to shorter sun-drying periods exhibited higher rehydration rates.

It is concluded that ancestral processing significantly influences the physicochemical and functional properties of k'aya from oca, highlighting its potential as a functional food and a value-added alternative for high-Andean producers.

Keywords: Oxalic acid, Antioxidant capacity, Vitamin C, Total soluble solids.

INTRODUCCIÓN

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es un tubérculo andino originario de las regiones altoandinas del Perú, Ecuador y Bolivia, cultivado entre los 3 000 y 4 000 m s. n. m., y considerado uno de los principales tubérculos nativos después de la papa (Morillo & Leguizamo, 2019). Este cultivo presenta un elevado valor nutricional debido a su contenido de carbohidratos, vitamina C, minerales y compuestos bioactivos, los cuales contribuyen a funciones antioxidantes y metabólicas importantes en la alimentación humana (Cárdenas et al., 2019). No obstante, a pesar de su relevancia nutricional y cultural, la oca continúa siendo aprovechada mayormente en estado fresco y con escaso nivel de transformación agroindustrial, lo que limita su conservación, vida útil y valor económico en las zonas productoras (Aguilar Velásquez, 2019).

Sin embargo, el consumo de oca fresca presenta una limitante significativa asociada a su contenido de ácido oxálico, compuesto considerado un factor antinutricional debido a su capacidad de formar complejos insolubles con minerales como el calcio, disminuyendo su biodisponibilidad y favoreciendo la formación de cálculos renales (Massey, 2003; Fennema, 2009). Diversas investigaciones han demostrado que el contenido de ácido oxálico puede reducirse mediante procesos tradicionales como el soleado, la congelación nocturna y el secado, los cuales facilitan la liberación y eliminación parcial de oxalatos solubles presentes en el tubérculo (Chuquilin et al., 2021; Luque et al., 2022). En este contexto, el procesamiento ancestral de la oca para la obtención de k'aya constituye una alternativa tecnológica sostenible que permite mejorar su inocuidad, calidad nutricional y estabilidad durante el almacenamiento.

En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del procesamiento ancestral de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), mediante soleado, congelado y secado a temperatura ambiente, sobre sus propiedades fisicoquímicas y funcionales en las variedades amarilla, roja y blanca. Para ello, se analizaron parámetros como el contenido de ácido oxálico, la capacidad antioxidante, la vitamina C, los sólidos solubles totales y la capacidad de rehidratación, con la finalidad de generar información científica que respalde el aprovechamiento de la k'aya como producto agroindustrial de valor agregado y contribuya al desarrollo sostenible de las zonas altoandinas productoras (Gutiérrez & García, 2018; Luque et al., 2022).

I. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL

1.1. Descripción de la realidad problemática.

La región del Cusco, particularmente sus provincias altoandinas como Espinar, Canas, Canchis y Quispicanchis, presenta una importante diversidad y producción de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), cultivo tradicional que forma parte de la seguridad alimentaria de las comunidades andinas (Yenque et al., 2007; Agencia Agraria Canchis, 2021). Sin embargo, a pesar de su amplia disponibilidad y valor nutricional, este tubérculo continúa siendo poco aprovechado desde el punto de vista agroindustrial, debido principalmente al consumo predominante en estado fresco y a la limitada generación de productos con valor agregado.

Uno de los principales problemas asociados al consumo de la oca fresca es su elevado contenido de ácido oxálico, compuesto considerado un factor antinutricional que puede afectar la absorción de minerales y favorecer la formación de cálculos renales en consumidores frecuentes (Ore Oreche, 2018). Asimismo, la oca presenta un alto contenido de humedad, lo que reduce su vida útil y favorece pérdidas postcosecha significativas durante los períodos de mayor producción, especialmente entre los meses de marzo y mayo, cuando los precios disminuyen considerablemente y se incrementa el desperdicio del producto (Gutiérrez & García, 2018).

Diversos estudios señalan que el contenido de ácido oxálico y otras propiedades fisicoquímicas y funcionales de la oca pueden ser modificadas mediante procesos tradicionales como el soleado, la congelación nocturna y el secado a temperatura ambiente, los cuales permiten reducir compuestos antinutricionales y mejorar características como la capacidad antioxidante, el contenido de vitamina C y la estabilidad del producto durante el almacenamiento (Luque et al., 2022; Chuquelin et al., 2021). No obstante, existe escasa información científica que evalúe de manera sistemática la influencia de estos procesos ancestrales en función de la variedad de oca y del tiempo de exposición, especialmente en la elaboración de k'aya.

En este contexto, se identifica como problema central la falta de estudios que relacionen el procesamiento ancestral de la oca con los cambios en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, considerando variables como la variedad y el tiempo de soleado. Esta ausencia de información limita el aprovechamiento integral de la oca como materia prima agroindustrial y restringe su potencial como alimento funcional. Por ello, resulta necesario evaluar experimentalmente cómo dichas variables influyen en el contenido de ácido oxálico, la capacidad antioxidante, la vitamina C, los sólidos solubles totales y la capacidad de rehidratación de la k'aya de oca.

1.1.1. Formulación del Problema

Problema General

¿Cómo influyen el tiempo de soleado, el congelado y el secado a temperatura ambiente en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las diferentes variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*)?

Problemas Específicos

- 1.- ¿Cuál es la influencia de la variedad y el tiempo de soleado en el contenido del ácido oxálico de la k'aya de oca?
- 2.- ¿Cuál es la influencia de la variedad y tiempo de soleado en las propiedades funcionales antioxidante y en el contenido de vitamina C de la k'aya de oca?
- 3.- ¿Cómo influye la variedad y tiempo de soleado en los sólidos totales y rehidratación de la k'aya de oca?

1.1.2. Objetivos de Investigación

Objetivo General

Evaluar las propiedades funcionales y características fisicoquímicos en las tres variedades y tiempos de soleado de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) a diferentes tiempos de soleado.

Objetivos Específicos

- 1.- Evaluar el efecto de la variedad y el tiempo de soleado sobre el contenido de ácido oxálico de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*).
- 2.- Evaluar la influencia de la variedad y el tiempo de soleado en la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C de la k'aya de oca.
- 3.- Evaluar el impacto de la variedad y el tiempo de soleado en los sólidos totales y en la capacidad de rehidratación de la k'aya de oca

1.1.3. Justificación del estudio.

Desde el punto de vista económico, la oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) es un cultivo de alta importancia para las zonas altoandinas del Cusco; sin embargo, su comercialización se ve limitada por la alta perecibilidad del tubérculo en estado fresco y por la concentración de la producción en determinados períodos del año, lo que ocasiona una reducción significativa de los precios y pérdidas post cosecha (Gutiérrez & García, 2018). El procesamiento ancestral para

la obtención de k'aya permite prolongar la vida útil del producto, reducir mermas y generar un alimento de mayor valor agregado, contribuyendo a la diversificación de ingresos de los productores y al fortalecimiento de la economía local.

En el ámbito social, la elaboración de k'aya de oca constituye una práctica tradicional transmitida entre generaciones en las comunidades altoandinas. No obstante, la pérdida progresiva de estos conocimientos ancestrales, debido a la escasa validación científica y a la limitada articulación con el mercado, ha reducido su aplicación en la actualidad (Aguilar Velásquez, 2019). La presente investigación contribuye a la revalorización de saberes tradicionales, promoviendo su conservación y fortaleciendo la identidad cultural, así como la seguridad alimentaria de las familias productoras.

Desde la perspectiva de la salud, el consumo de oca fresca no es recomendable en grandes cantidades debido a su contenido de ácido oxálico, compuesto considerado antinutricional por su efecto en la absorción de minerales y su asociación con la formación de cálculos renales (Massey, 2003; Fennema, 2009). El procesamiento ancestral permite reducir significativamente este compuesto y, al mismo tiempo, conservar o mejorar propiedades funcionales como la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C, favoreciendo la obtención de un alimento más seguro y con potencial beneficio para la salud humana (Luque et al., 2022).

Desde el punto de vista científico y tecnológico, existe limitada información que evalúe de manera integral la influencia del procesamiento ancestral sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la k'aya de oca, considerando la variedad y el tiempo de soleado como variables de estudio. La presente investigación genera evidencia científica que contribuye al conocimiento de tecnologías tradicionales aplicadas a la agroindustria, sirviendo como base para el desarrollo de nuevos productos funcionales y para futuras investigaciones en el aprovechamiento de tubérculos andinos.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Ccanto (2022) investigó cómo el paso del tiempo influye en la capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa Mol.*), específicamente en muestras provenientes de Paucara, Acobamba, Huancavelica. La investigación se enfocó en determinar cómo la exposición a la luz solar afecta los niveles de antioxidantes y vitamina C presentes en esta especie. Para ello, se evaluaron tres muestras correspondientes a la variedad rosa-violeta, sometidas a distintos períodos de exposición temporal.

Los resultados indicaron que la muestra M1 contenía 28,4 mg de ácido ascórbico (AA) por cada 100 g, con una capacidad antioxidante del 59%. La muestra M2 presentó un incremento en ambos parámetros, alcanzando 29,6 mg de AA/100 g y una capacidad antioxidante del 84%. En contraste, la muestra M3 mostró 30 mg de AA/100 g, pero con una capacidad antioxidante del 78%, que fue inferior a la de M2. Estos hallazgos cumplieron con las normas establecidas por la AOAC (2000).

Por otro lado, Pérez, (2019), investigó cómo la temperatura y el tiempo de secado afectan la cantidad de antioxidantes y vitamina C en la harina de oca rosa-violeta. Usando un método llamado diseño de superficie de respuesta, descubrió que tanto la temperatura como el tiempo de secado tienen un impacto significativo ($p<0.05$). Se encontró que, al aumentar estos factores, también aumentaban la capacidad antioxidante (de 31.27% a 46.24%) y el contenido de vitamina C (de 25.64 mg/100 g a 38.84 mg/100 g). Además, el estudio logró crear modelos matemáticos que permiten predecir la capacidad antioxidante de la harina de oca según la temperatura y el tiempo de secado.

De acuerdo con Antay & Ramos (2017), se llevó a cabo una investigación sobre cómo el estrés causado por la exposición solar y las condiciones de almacenamiento afectan el contenido de ácido oxálico, azúcares reductores y la pérdida de peso en tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) durante un mes. El estudio utilizó un diseño factorial 2x2, donde se consideraron como factores principales el tiempo de exposición al sol (3 y 6 horas) y la temperatura de almacenamiento (10 y 20°C). Los resultados, obtenidos mediante titulación, mostraron una disminución promedio del ácido oxálico del 43.13% en la oca blanca (Lunchchu), 42.48% en la oca amarilla (Kheni harinosa) y 63.89% en la oca roja (Huairi chuchu), siendo esta última la que presentó la mayor reducción. También se observó un aumento en los azúcares reductores en todas las variedades: 17.48% en la blanca, 43.46% en

la amarilla y 30.37% en la roja, destacando la oca amarilla con la mayor concentración de estos azúcares. La pérdida de peso, medida por gravimetría, alcanzó un máximo de 3.67% en la oca amarilla. Los investigadores concluyeron que tanto la exposición al sol como la temperatura de almacenamiento tienen un impacto significativo en las variaciones de ácido oxálico, azúcares reductores y pérdida de peso en las tres variedades de oca analizadas durante el período de observación.

En otro estudio, Araujo (2012) llevó a cabo un análisis fitoquímico y nutricional de tres variedades de oca (rojo grisáceo, amarillo y rosado) provenientes del distrito de Manta, en Huancavelica. En esta investigación, se evaluaron diversas características, entre ellas las físicomorfológicas, fisicoquímicas, la composición química proximal, y el contenido de minerales, azúcares reductores, ácido ascórbico, carotenoides y fenoles totales.

Los resultados revelaron variaciones en la composición química proximal de las diferentes variedades. Destacó el potasio como el mineral más relevante, con la mayor concentración encontrada en la variedad amarillo señorita (575.50 mg/100 g). Por otro lado, la variedad rojo grisáceo presentó el mayor porcentaje de azúcares reductores, con un contenido de $0.092 \pm 0.022\%$ de glucosa. En cuanto al contenido de nutrientes, la variedad rosada destacó por tener el mayor nivel de ácido ascórbico (30.820 ± 2.151 mg/100 g) y fenoles totales (390.983 ± 0.606 mg de ácido gálico equivalente/100 g).

Guarniz, (2018), estudió cómo la congelación y el secado afectan la capacidad antioxidante de la oca al elaborar K'aya. La investigación se realizó en el laboratorio de granos andinos de la Universidad Nacional de Juliaca, utilizando oca recolectada en la provincia de Yunguyo, Puno. El estudio tuvo tres fases: En la primera, se evaluaron diferentes tiempos (de 9.5 a 26 horas) y temperaturas (de -21 a -0.1°C) usando un diseño central compuesto. Se encontró que a -10.5°C y 9.5 horas se conseguía la menor reducción de capacidad antioxidante ($9.29 \mu\text{m}$ de Trolox/g) y el menor aumento de ácido oxálico (0.196%). En la segunda fase, se compararon las condiciones de secado a temperatura ambiente y en condiciones controladas (50°C). La oca congelada tardó entre 10 y 12 días en secarse a temperatura ambiente y aproximadamente 48 horas en condiciones controladas hasta alcanzar un 12% de humedad. En la última fase, se analizó la capacidad antioxidante y el ácido oxálico de la K'aya. La K'aya secada a temperatura ambiente mostró $3.99 \mu\text{mol}$ Trolox/g de capacidad antioxidante y 0.051% de ácido oxálico, mientras que en condiciones controladas presentó $4.55 \mu\text{mol}$ Trolox/g y 0.057% respectivamente. El estudio concluyó que tanto la congelación como el secado afectan de manera significativa el contenido de antioxidantes y ácido oxálico en la K'aya obtenida de la oca.

Bernabe & Cancho, (2017) llevaron a cabo un estudio sobre las características físicas, químicas y funcionales de la khaya de oca y la harina de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) de la variedad flava. El proceso de obtención de las harinas incluyó selección, limpieza, lavado, rodajado (para la oca fresca), secado, molienda, tamizado y envasado. La caracterización fisicoquímica incluyó un análisis proximal y el tamizado de las harinas usando un tamiz N° 70 de 212 μm . Los investigadores determinaron la densidad aparente, pH, acidez, concentración de azúcar, azúcares reductores y amilosa utilizando diversos métodos analíticos. Además, los autores efectuaron un análisis fitoquímico junto con la evaluación de propiedades funcionales, entre ellas la capacidad de absorción de agua y aceite. En cuanto a los resultados, se identificó que el 94% de la harina de khaya logró pasar por el tamiz N° 70, presentando una acidez de 0,18%, una densidad aparente de 0,59 g/cm³, un contenido de almidón del 58% y una capacidad de retención de agua de 1,3 mL/g. Por otro lado, la harina de oca alcanzó un 75% de paso por el mismo tamiz, con una acidez de 0,2%, una densidad de 0,83 g/cm³, 46% de almidón y una capacidad de retención de agua ligeramente superior, de 1,5 mL/g. Estas diferencias entre ambas harinas evidencian que podrían tener aplicaciones distintas dentro del ámbito de la industria alimentaria.

Cáceres & Valerio, (2021) realizaron un estudio para determinar los niveles de ácido oxálico y azúcares reductores presentes en dos variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) provenientes de Cajamarca: blanca y amarilla. Aunque la oca contiene nutrientes importantes, los investigadores advirtieron que su consumo en estado fresco no es recomendable debido a la alta concentración de ácido oxálico (entre 70 y 108 mg por cada 100 gramos), compuesto que actúa como anti nutriente, dificultando la absorción de minerales y favoreciendo la formación de cálculos renales. Con el objetivo de reducir dicho ácido y mejorar el contenido de azúcares reductores y vitamina C, aplicaron métodos de secado solar y en bandejas, ajustando variables como el tiempo de exposición, la temperatura y el grosor de la capa. Para la variedad blanca, las condiciones óptimas fueron 8 horas de exposición solar a 70 °C con un grosor de 50 mm, lo que permitió reducir el ácido oxálico a 0,0150%, y aumentar los azúcares reductores a 13,8632% y la vitamina C a 17,6437 mg/100 g. En el caso de la oca amarilla, se lograron mejores resultados con una capa de 30 mm bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura, alcanzando 0,0113% de ácido oxálico, 10,8739% de azúcares reductores y 18,1481 mg/100 g de vitamina C.

Ore et al. (2022) desarrollaron una investigación sobre las propiedades antioxidantes de una bebida funcional elaborada con tallo de oca (*Oxalis tuberosa*) y jugo de laqa-laqa (*Gaultheria glomerata*), ambos sometidos a tratamiento térmico. Para el estudio, se prepararon

tres formulaciones (B1, B2 y B3) que variaban en la proporción de jugos, y fueron evaluadas sensorialmente por un grupo de 30 catadores semi entrenados. El tratamiento B2, compuesto por 300 ml de jugo de tallo de oca, 800 ml de jugo de laqa-laqa, 1000 ml de agua tratada y 220 g de azúcar, fue el más valorado en todos los atributos sensoriales analizados. Asimismo, se destacó por presentar una actividad antioxidante elevada, con un valor de 89,56 µmol de Trolox/100 g. Los investigadores concluyeron que esta bebida tiene un alto potencial energético y antioxidante, lo que la hace especialmente adecuada para personas con alta demanda física.

Luque et al. (2022) llevaron a cabo un estudio sobre la capacidad antioxidante y el contenido de ácido oxálico en la k'aya de oca durante su procesamiento por congelación. Los investigadores señalaron la importancia nutricional de la oca, destacando su riqueza en compuestos bioactivos, especialmente antioxidantes, que juegan un papel crucial en la lucha contra el estrés oxidativo y la protección celular frente al daño de los radicales libres. Sin embargo, también resaltaron la presencia de ácido oxálico en la oca, un compuesto asociado con la formación de cálculos renales. Para su investigación, utilizaron la variedad Luki rosada de oca y aplicaron un diseño experimental central compuesto con dos variables: tiempo (de 9,5 a 26 horas) y temperatura (entre -21°C y -0,1°C). El propósito era identificar las condiciones óptimas de congelación que minimicen la degradación de la capacidad antioxidante (CA) y el incremento del ácido oxálico (AO). Los resultados mostraron que, con una temperatura de -10,5°C y un tiempo de 9,5 horas, se logró la menor pérdida de actividad antioxidante (9,29 µm de Trolox/g) y el menor aumento de ácido oxálico (0,196%). Los autores concluyeron que el proceso de congelación tiene un impacto significativo sobre el contenido de CA y AO en la oca, proporcionando datos valiosos para la industria alimentaria, en la producción de alimentos más saludables y de calidad a partir de este tubérculo andino.

Enriquez & Mejia, (2012) estudiaron el proceso de rehidratación de la harina de oca o k'aya de oca, motivados por la creciente demanda de productos con un alto valor nutricional y de fácil preparación. Su investigación se centró en la deshidratación de la variedad temprana Flava, con el objetivo de crear un producto que cumpliera con los parámetros fisicoquímicos establecidos por INDECOPI y que mantuviera las características sensoriales del producto fresco. La deshidratación se llevó a cabo en una secadora de bandejas, probando diferentes condiciones de proceso (temperaturas de 60, 70 y 80°C, y velocidades de aire de 2,3, 3,4 y 4,5 m/s). Las variables de respuesta evaluadas incluyeron la capacidad de rehidratación y la diferencia de color entre las muestras frescas y las deshidratadas. El análisis de superficie de respuesta y las pruebas no paramétricas mostraron un impacto significativo de las condiciones

operativas en las variables de respuesta ($p<0,05$). Las condiciones óptimas para la capacidad de rehidratación se lograron a una temperatura de 64,80°C y velocidad de aire de 3,28 m/s, lo que permitió una adecuada retención de agua debido a la conservación de la estructura celular interna. En cuanto a la diferencia de color, se observó una variación mínima a 60,38°C y 3,90 m/s, comparando las muestras de puré fresco con las deshidratadas. Finalmente, las pruebas sensoriales realizadas mediante el test de Kruskall Wallis revelaron que las muestras deshidratadas a 60°C y 3,4 m/s mantenían características sensoriales similares a las del puré fresco.

Yungan et al. (2020) investigaron las propiedades de la harina de oca de tres variedades (Mestiza, Pauccar y Zapallo) para su posible uso en productos cárnicos de alta calidad. Evaluaron sus atributos físicos, químicos, microbiológicos, funcionales y sensoriales siguiendo normas específicas (NTE INEN 0154, 0517, 616) y métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. El estudio utilizó un diseño completamente al azar con 5 repeticiones y una unidad experimental de 500 gramos, aplicando la prueba de Tukey ($P\leq 0.05$). Los análisis microbiológicos mostraron niveles mínimos de mohos, levaduras y coliformes, cumpliendo con la norma INEN 616. Las propiedades funcionales revelaron diferencias significativas, con valores de absorción de 3,54 ml/g, capacidad de retención de 7,81 ml/g, solubilidad de 4,06% y poder de hinchamiento de 3,59 g.

2.1.2. Antecedentes internacionales

En el estudio de Rubio & Ortiz, (2019), realizado en la Universidad de La Salle-Colombia, se evaluó el uso de harina de ibia (*Oxalis tuberosa Mol*) como sustituto de la harina de trigo en la elaboración de galletas, considerando diversos porcentajes de proteína (7%, 8%, 9%) aportados por la harina de ibia. Se realizaron pruebas fisicoquímicas que incluyeron el análisis de °Brix, pH, y acidez, obteniendo los valores 3.03 ± 0.05 , 4.27 ± 0.03 y 0.26 ± 0.01 , respectivamente. Además, se determinaron otros parámetros como humedad ($13.65\% \pm 0.44$), cenizas ($6.51\% \pm 1.56$), proteína ($8.3\% \pm 0.39$), capacidad de retención de agua (CRA) (6.89 ± 0.404 mL/g), capacidad de retención de aceite (7.48 ± 1.07) y capacidad de hinchamiento (0.749 ± 0.110). La harina de ibia también mostró una actividad antioxidante de $380,117 \pm 22,263$ µM de Trolox/100 g y un contenido de fenoles totales de $67,701 \pm 6,488$ mg AG/100 g. Estas propiedades fueron evaluadas en diferentes formulaciones de galletas, siendo la mezcla 3 la que presentó los valores más altos de actividad antioxidante ($376,35 \pm 46,63$ µM de Trolox/100 g) y fenoles totales ($72,66 \pm 11,22$ mg AG/100 g).

Se reporta la indagación sobre el efecto de la temperatura y el tiempo sobre las propiedades físicas y químicas además de sensoriales de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en el periodo de su maduración con el estudio de (Palate, 2012), menciona la preocupación a nivel mundial por la pérdida de las Raíces y Tubérculos Andinos (RTA), como la oca, el melloco y la zanahoria blanca, productos que anteriormente eran componentes importantes en la dieta de los pobladores andinos. En esta investigación, se analizó cómo la temperatura y el tiempo afectan las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*) mientras madura, buscando identificar la combinación ideal para una maduración óptima. El estudio utilizó ocas frescas de variedad amarilla, experimentando con duraciones de 3, 4, 5 y 6 días, y temperaturas de 35, 42 y 50 °C.

Tras los experimentos, se llevaron a cabo evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales, comparando los resultados con ocas maduradas naturalmente. Se determinó que el método más efectivo era madurar las ocas a 35 °C por 6 días, basándose en un análisis sensorial que consideró aspectos como apariencia, aroma, gusto, consistencia y aceptación general. También se examinó el deterioro físico de las ocas en cada condición, dada su delicadeza. Se notó que las ocas expuestas a temperaturas más altas (42 °C y 50 °C) sufrían más daños por calor, humedad e impactos, además de perder más peso, lo cual no ocurría con las ocas tratadas a 35 °C. Para concluir, se realizó un análisis microbiológico del método más exitoso para evaluar la seguridad de las ocas maduradas. Los resultados confirmaron que los niveles de microorganismos aerobios mesófilos, hongos, levaduras y coliformes estaban dentro de los parámetros establecidos por la Norma Sanitaria NTS N° 071, que define los estándares microbiológicos para la calidad e inocuidad de alimentos y bebidas destinados al consumo humano.

Por otro lado, Monar, (2014), destacó el potencial de la oca, un tubérculo andino de la familia Oxalidaceae, para contribuir al desarrollo socioeconómico de las zonas rurales gracias a sus características agronómicas. Según el autor, las variedades de oca de colores púrpura, rojo y rosado son particularmente ricas en antocianinas en su estado fresco. Tradicionalmente, las ocas se secan al sol antes de su consumo, lo que resulta en un producto de alta calidad y dulzura. El estudio de Monar se centró en cómo los procesos de secado y cocción afectan la composición química y la capacidad antioxidante de dos variedades de oca: Bola Kamusa y Lluch'u Oqa. Se realizaron análisis en muestras frescas, secas (tras 8 días de secado al sol) y cocidas (15 minutos a 91°C después del secado). Los parámetros evaluados incluyeron pH, sólidos solubles, acidez, humedad, proteínas, grasas, cenizas, fibra y carbohidratos, así como la capacidad antioxidante mediante espectrofotometría usando los radicales ABTS y DPPH.

Los resultados mostraron que el secado y la cocción aumentaron los sólidos solubles y el pH, pero redujeron la acidez. Además, Bola Kamusa presentó una mayor humedad, mientras que Lluch'u Oqa mostró más carbohidratos después del procesamiento. Ambos tipos de oca aumentaron su contenido de proteínas, grasas y cenizas, mientras que la capacidad antioxidante fue más alta en la oca fresca Lluch'u Oqa, debido a las antocianinas. Sin embargo, los tratamientos térmicos redujeron la capacidad antioxidante, posiblemente debido a la degradación de los compuestos antioxidantes a altas temperaturas. Este estudio abre el camino para investigaciones futuras y promueve el consumo de la oca como fuente de beneficios antioxidantes.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Oca (*Oxalis tuberosa Mol*)

Según Cárdenas et al. (2019) explican que la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), un tubérculo originario de las altas regiones del sur de Perú, se cultiva a altitudes entre 3,200 y 3,900 metros sobre el nivel del mar. Este tubérculo es altamente nutritivo, proporcionando proteínas, carbohidratos, vitamina C, calcio y hierro. Los investigadores destacan su versatilidad en la preparación de varios platos, como sancochada, hervida, frita o en encurtidos, y subrayan que, al ser expuesta al sol, adquiere un sabor dulce y una textura similar a la harina. Asimismo, sugieren que la oca tiene un considerable potencial en la industria de la panificación y la producción de alcohol por fermentación, gracias a su contenido de azúcares, además de la posibilidad de transformarla en harina.

Figura 1

Las tres variedades de oca (Amarilla, Blanca, Roja) mostrando variaciones en la pigmentación de la piel.



Nota. La figura muestra las variedades de ocas que son cultivados en los andes.

2.2.2. Clasificación taxonómica de la oca

Describe el lugar de la planta en el sistema biológico de clasificación. Este tipo de clasificación implica que la Oca es una planta dicotiledónea, que está relacionada con otras especies del género *Oxalis* y adquirida por su consumo principalmente en los andes, donde se cultiva por sus tubérculos ingeribles.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la oca

Reino	Vegetal
División.	Magnoliophyta
Clase.	Di-cotiledonae
Orden.	Geriales
Familia.	Oxalidaceae
Género.	<i>Oxalis</i>
Especie.	<i>Oxalis tuberosa Mol</i>
Nombre vulgar.	Oca

Nota: Datos tomados de (Luque et al., 2022).

2.2.3. Clasificación botánica de la oca

La planta tuberosa de la oca como refiere (Nuñez et al., 2014), plántula herbácea de crecimiento anual, muy resistente son de forma cilíndrica. El tubérculo en su maduración alcanza un tamaño en altura de crecimiento entre 23cm a 45 cm, teniendo tallos son de forma cilíndrica y sustanciosos. Por consiguiente, su diámetro tiene una variación de 6 mm a 17 mm. sus tallos se desarrollan mejor desde la zona superficial a las zonas altas de la planta y estos dan una formación semi-esférica o sección cónica; sus tallos de las plantas adultas mayores continuamente se doblan hacia afuera. Su color característico del tallo varía, de acuerdo el clon, de verde a gránate oscuro, (Nuñez et al., 2014).

2.2.4. Características morfológicas de la oca

La oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) es una planta herbácea, anual, de crecimiento postrado o semierecto, perteneciente a la familia Oxalidaceae. Presenta un sistema radicular fasciculado, del cual se desarrollan tallos rastreros que originan los tubérculos subterráneos, órganos de reserva que constituyen la parte comestible de la planta (Yenque et al., 2007).

Las hojas son trifoliadas, alternas y pecioladas, con foliolos de forma cordiforme, característica típica del género *Oxalis*. Los tallos son carnosos y frágiles, con entrenudos cortos, lo que favorece el desarrollo de brotes y estolones durante el ciclo vegetativo. La planta

presenta flores hermafroditas, generalmente solitarias, con cinco pétalos y cinco sépalos, cuya función principal está asociada a la reproducción sexual, aunque su contribución a la producción de tubérculos es limitada (Morillo & Leguizamo, 2019).

Los tubérculos de la oca se desarrollan a partir del engrosamiento de los estolones subterráneos, presentan forma alargada u ovoide y superficie lisa o ligeramente irregular. Su estructura anatómica está constituida por una epidermis delgada y un parénquima de reserva, donde se almacenan los principales compuestos energéticos de la planta (Cárdenas et al., 2019).

Figura 2

Muestra los tubérculos de oca (*Oxalis tuberosa*), junto a un grupo de hojas verdes de trébol.



Nota. La figura muestra las características como tallos largos y hojas cilíndricas.

Fuente: (Aguilar Velásquez, 2019)

2.2.5. Variedades de la oca

Según Torres & Torrico (2004) afirman que existen varias variedades de oca, las cuales pueden clasificarse en tres grupos principales según su color y sabor. Estos grupos son: *Albas*, que incluyen ocas de color blanco, como la variedad "Pili runto" o "huevo de pato"; *Flavas*, que son ocas de color amarillo claro a anaranjado intenso con pigmentos de flavonas o carotenos; y *Roseo violáceas*, que son ocas pigmentadas con antocianinas y tienen colores que van desde un rosa claro hasta un violeta oscuro o negro. Además, los autores mencionan que las ocas pueden presentar formas ovoidales, claviformes o cilíndricas.

En su investigación, Torres & Torrico (2004) analizaron diversas características de diferentes variedades de oca, incluyendo su composición química y propiedades físicas. Encontraron que la variedad Titicoma tiene el mayor contenido proteico (6,51% en peso seco) y menor tiempo de secado. La variedad K'ellu Kamusa destacó por sus altos niveles de azúcares (2,52% en tubérculo fresco), mientras que la harina y hojuelas de Kellu Kayara mostraron la mayor

concentración de almidón (84,86% en peso seco). La variedad Yurac fresca presentó el menor contenido de humedad.

Toapanta, (2023) describe la oca (*Oxalis tuberosa*) como un cultivo originario de los Andes, con mayor biodiversidad en Ecuador, Perú y Bolivia. Se cultiva anualmente en altitudes entre 3000 y 4000 msnm. El autor menciona que tradicionalmente la oca se endulza mediante exposición solar antes del consumo, resultando en un sabor más suave y dulce que las patatas. Este proceso también conlleva cambios en su composición química y nutricional. El autor da a conocer un cuadro comparativo de los componentes nutritivos de la oca fresca y la k'aya (tubérculos congelados y deshidratados) por cada 100 g de parte comestible.

2.2.6. Valor nutritivo de la oca

La oca (*Oxalis tuberosa Mol*) es un cultivo originario de las regiones altoandinas, donde se ha desarrollado de manera natural. Su mayor diversidad genética se encuentra principalmente en los territorios de Ecuador, Perú y Bolivia. Esta planta, que se cultiva anualmente, se adapta bien a zonas con altitudes que oscilan entre los 3,000 y 4,000 metros sobre el nivel del mar. De manera tradicional, antes de ser consumida, los tubérculos de oca se someten a un proceso de exposición al sol, lo que permite reducir su acidez y realzar su dulzura. Este tratamiento no solo modifica su sabor, haciéndolo más suave y agradable al paladar que el de la papa, sino que también genera transformaciones en su estructura química. Como resultado, se ven alteradas sus propiedades nutricionales. En cuanto a su valor alimenticio, en 100 gramos de su parte comestible, especialmente en la presentación conocida como k'aya (tubérculos congelados y luego deshidratados), se observan variaciones en los nutrientes, dependiendo del tratamiento postcosecha que se le aplique.(Toapanta, 2023)

Tabla 2

Comparación de componentes (oca y k'aya), (100 g).

<i>Tipo de oca</i>	<i>Oca fresca</i>	<i>K'aya</i>
<i>Energía (Kcal)</i>	61	325
<i>Agua (%)</i>	84.1	15.3
<i>Proteína (g)</i>	1	4.3
<i>Grasa (g)</i>	0.6	1.1
<i>Carbohidrato (g)</i>	13.3	75.4
<i>Fibra (g)</i>	1	3.4
<i>Ceniza (g)</i>	1	3.9
<i>Calcio (mg)</i>	22	52
<i>Fosforo (mg)</i>	3	171
<i>Hierro (mg)</i>	1.6	9.9
<i>Vitamina C (mg)</i>	38.4	2.4

Nota: Datos tomado de. (Bernabe & Cancho, 2017)

2.2.7. Consumo de la oca

Chuquilin et al., (2021), Menciona que la oca se puede consumir cosida, asada o frita y tienen un elevado contenido en el azúcar y su sabor placentero, ligeramente ácido. Para alargar su vida útil se hace el deshidratado y de tal forma almacenarlos por periodos extensos de tiempo como “k’aya”, principalmente la mayor producción es para el autoconsumo.

Usos de la oca

Morillo et al., (2019); Indica que la oca tiene diferentes usos como:

- ✓ **Alimento:** Para su consumo es aconsejable su exposición al sol, para conseguir mayores concentrados de azúcares.
- ✓ **Medicinal:** Tradicional en forma de bebidas en específicas enfermedades.
- ✓ **Forraje:** Utilizado principalmente en la alimentación de animales de mayor y menor tamaño, especialmente cerdos.

2.2.8. Propiedades funcionales de la oca

Luque et al., (2022). “Indica que las propiedades funcionales, propiedades fisicoquímicas y anti nutricionales de la oca son influenciadas también por el procesamiento al cual son sometidas a los procesos de (secado, extrusión y deshidratación)”.

2.2.9. Capacidad o Acción Anti-oxidante

La acción anti-oxidante se define como la habilidad de las moléculas para inhibir la degradación oxidativa causada por los radicales libres. Esta capacidad se evalúa de manera global para todos los antioxidantes presentes en una muestra, sin considerar sus posibles interacciones o la influencia de características específicas.

Los compuestos fenólicos son cruciales, para el desarrollo y producción vegetal, funcionando como defensa contra enfermedades. Su producción aumenta ante situaciones de estrés, como infecciones o radiación UV. Se sintetiza a partir de la fenilalanina, utilizando la ruta del shikimato, esencial para el metabolismo y la formación de lignina en las plantas. Las plantas contienen una amplia variedad de componentes fenólicos, incluyendo flavanoles, flavonoles, chalconas y taninos, reconocidos como antioxidantes principales en muchos alimentos.

Muñoz et al, (2007), señalan que los compuestos fenólicos en la oca son importantes antioxidantes naturales. El consumo de alimentos ricos en estos compuestos, como frutas, verduras y granos, produce beneficios para la salud. Estudios epidemiológicos han establecido una relación entre una dieta rica en estos alimentos y una menor susceptibilidad a enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Estos fitoquímicos presentan propiedades protectoras para la salud humana.

Benitez et al. (2021) explican que la capacidad anti-oxidante de un alimento depende del tipo y nivel de antioxidantes naturales que contiene. En frutas y verduras, esta capacidad se debe principalmente a los niveles de vitamina E, vitamina C, caroteno y diversos polifenoles.

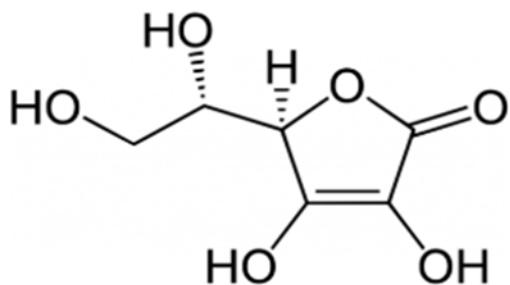
Badui, (2015), describe la vitamina C o ácido ascórbico como compuesto hidrosoluble esencial con funciones antioxidantes. La industria, lo utiliza como suplemento vitamínico y antioxidante natural. Sin embargo, es altamente inestable frente a factores ambientales, principalmente la oxidación, lo que puede resultar en la pérdida de su estructura molecular y actividad biológica.

Cabrera et al. (2015); señalan que la oca (*Oxalis tuberosa Mol*) es fuente importante de la vitamina C. Cabrera et al. (2015) encontraron que los niveles de vitamina C en la oca fresca pueden variar entre 16,3 y 31,7 mg/100 g, dependiendo de factores como la variedad, el ambiente de crecimiento y la madurez de los tubérculos. Ore (2018) observó que el procesamiento de la oca afecta su contenido de vitamina C, con métodos como la

deshidratación solar y la liofilización reduciendo significativamente los niveles, mientras que la cocción al vapor los mantiene mejor en comparación con la oca fresca. Ambos autores enfatizan la importancia de controlar cuidadosamente los métodos de procesamiento y almacenamiento para preservar la vitamina C en los productos derivados de la oca, A continuación, en la Figura 3, se presenta la estructura correspondiente, según (Badui, 2015).

Figura 3

Estructura de la vitamina C llamado también ácido ascórbico.



Nota. la figura la estructura de vitamina C, como un compuesto hidrosoluble. Fuente: (Badui, 2015)

2.2.10. Ácido ascórbico

Badui, (2015), menciona que el ácido ascórbico, también conocido como vitamina C, es un compuesto altamente vulnerable y susceptible a la degradación por diversos factores. Su estabilidad se ve comprometida por el contacto con el oxígeno, el agua clorada, el cobre presente en las tuberías, la exposición a la luz, los procesos de cocción, un prolongado almacenamiento o conservación, el remojo de vegetales y hasta por el humo del cigarrillo. Estos múltiples factores pueden causar la destrucción o pérdida significativa del ácido ascórbico en los alimentos. Por lo tanto, es fundamental tomar medidas preventivas durante el manejo, procesamiento y almacenamiento de los productos ricos en vitamina C, a fin de minimizar su degradación y preservar al máximo su contenido y beneficios nutricionales, la vulnerabilidad del ácido ascórbico a diversos agentes ambientales y prácticas culinarias, resalta la importancia de adoptar estrategias adecuadas para proteger y conservar esta valiosa vitamina en los alimentos.

Funciones del ácido ascórbico

- Una de las funciones es interviene como coenzima en la formación del colágeno y la sustancia intercelular que une los capilares sanguíneos.
- Un actuante de anti oxidación, donde va eliminando los radicales libres en el (catabolismo y anabolismo) al interior de la célula. Actúa como estimulante de las defensas contra infecciones.
- Es muy importante para el adecuado funcionamiento de las hormonas antiestrés producidas por las glándulas suprarrenales (Fennema, 2009).

Tabla 3

Ácido ascórbico en tubérculos (100 g de materia húmeda)

Tubérculos andinos	ácido ascórbico (mg ácido ascórbico)
oca	38,40 mg
mashua	77,5 mg
olluco	11, 50 mg
papa	20,00 mg

Nota. Datos tomados por Bravo et al. (2009).

Ácido ascórbico en la oca

En la oca fresca 38 mg ácido ascórbico/100 g de muestra de oca. También se menciona un valor de 34,53 mg ácido ascórbico por cada cien gramos de muestra de oca, otros reportan un valor 38,4 mg ácido ascórbico/100 g de muestra de oca (Aguilar Velásquez, 2019), (Araujo Condori, 2012).

2.2.11. Propiedades fisicoquímicas químicas de la oca

2.2.11.1. Azúcares en la oca

Fennema, (2009) “Los azúcares más fundamentales que se encuentran en la oca son sacarosa, glucosa y fructuosa; también hay indicios de rafinosa”.

Castañeta et al., (2022), llevaron a cabo una investigación enfocada en el incremento de sólidos solubles en los tubérculos de oca durante su exposición a la luz solar. Utilizando un refractómetro, evaluaron la concentración de estos compuestos, compuestos mayoritariamente por azúcares simples como glucosa, sacarosa, fructosa y algunos ácidos orgánicos. El estudio se desarrolló analizando muestras tras 5, 10 y 12 días de exposición al sol. Inicialmente, los tubérculos recién cosechados presentaban valores Brix entre 5.4 y 7.6. Luego de cinco días de exposición, la mayoría de las muestras duplicaron estos valores. La concentración más alta se

registró al décimo día, sin evidenciarse incrementos significativos entre los días 10 y 12. Con base en estos hallazgos, los autores proponen que diez días de exposición solar representan el periodo óptimo para el proceso de endulzamiento, ya que una prolongación mayor podría comprometer la calidad del producto.

Castañeta et al., (2022), también observaron que, en el proceso de maduración de los tubérculos, tanto la glucosa como la fructosa se encuentran en niveles similares, constituyendo cerca del 83% del total de azúcares. Observaron que, en los primeros días, el contenido de sacarosa es bastante reducido, pero se incrementa considerablemente en las fases finales de la maduración. Por otro lado, los niveles de glucosa y fructosa se elevan gradualmente durante el proceso de maduración, llegando a sus picos al concluir esta fase.

2.2.11.2. Azúcares reductores

Los azúcares reductores, tanto monosacáridos como oligosacáridos, tienen un componente carbonilo libre (aldehído-cetona), dándole el poder de reductor, ya que sacarosa/oligosacáridos son altos susceptibles a la hidrólisis catalizada por resinas de intercambio aniónico, deben utilizarse antes del intercambio catiónico. Los azúcares reductores se caracterizan por mantener intacto su grupo carbonilo, lo que les permite reaccionar con otras moléculas gracias a esta estructura química particular (Castañeta et al., 2022).

2.2.11.3. Endulzamiento de la oca (*Oxalis tuberosa Mol.*)

Fairlie, (2022) “Las aplicaciones agroindustriales se centraron en la búsqueda de la mejor metodología de procesado. Se observó que el periodo de mejor almacenamiento para lograr el endulzamiento en oca blanca se alcanza en un plazo de 12 días”.

Villacres et al., (2000), A medida que los tubérculos son expuestos al calor del sol por períodos más prolongados, se observa un aumento en la concentración de azúcares totales. Este aumento es resultado de dos elementos fundamentales: por un lado, la pérdida de agua por evaporación hace que los azúcares se concentren en el tejido restante; por otro lado, se produce una conversión gradual del almidón presente en los tubérculos en moléculas de azúcar más simples. Ambos procesos contribuyen al aumento general del contenido de azúcares en los tubérculos expuestos al sol.

2.2.12. Ácido oxálico de la oca

Massey, (2003) El ácido oxálico, es un ácido orgánico que se encuentra naturalmente en diversas fuentes vegetales como la espinaca, la remolacha, los frutos secos y las semillas, presenta una característica notable de ser capaz de crear complejos insolubles principalmente con iones metálicos, especialmente calcio, lo que podría disminuir la biodisponibilidad de este mineral en particular en el cuerpo humano. El consumo excesivo de ácido oxálico se ha

relacionado con una mayor susceptibilidad al desarrollo de cálculos renales y otras afecciones derivadas de la acumulación de oxalato (Massey, 2003). En consecuencia, es imperativo regular el consumo de alimentos ricos en ácido oxálico, especialmente entre las personas con antecedentes médicos relacionados con cálculos renales o enfermedades relacionadas.

2.2.12.1. Oxalatos

El oxalato es un ácido perjudicial considerado como un factor anti nutricional. Tiene la capacidad de formar complejos insolubles con el calcio presente en los alimentos, impidiendo que este mineral pueda ser utilizado para las funciones metabólicas esenciales en el organismo humano (Fennema, 2009).

2.2.13. Almacenamiento de las ocas

Luque et al., (2022), El almacenamiento de tubérculos durante 60 días en diferentes tipos de instalaciones ("vivienda", "phina" y "zarzo") resultó en pérdidas de peso entre 5% y 20%, según un estudio de Luque, (2022) menciona en almacenes tipo "vivienda" con suelo seco y montones de tubérculos de 40-50 cm de altura, las pérdidas no excedieron el 8%. Sin embargo, en estructuras con techo de calamina, poca iluminación y mucha ventilación, las pérdidas fueron mayores, alcanzando entre 14% y 19%. Se notó que los techos de calamina en los almacenes tienden a causar mayores pérdidas de peso en los tubérculos almacenados, probablemente debido a las fluctuaciones extremas de temperatura y humedad relativa que generan dentro del espacio de almacenamiento.

La conservación de la k'aya depende del tratamiento recibido durante su producción, lo que asegura su longevidad. Los agricultores prefieren consumirla entre los 5 y 9 años, ya que después de una década se vuelve amarga y pierde almidón, dificultando su preparación. Factores como la calidad del tubérculo, el contenido de materia seca y la susceptibilidad a la decoloración y manchas afectan su apariencia y sabor. Finalmente, su calidad culinaria se evalúa según las propiedades organolépticas, evaluadas por los catadores. (Nina, 2018).

2.2.14. Proceso de elaboración k'aya

El proceso de elaboración de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) comprende una serie de operaciones tradicionales que incluyen selección, lavado, soleado, congelación nocturna y secado a temperatura ambiente. Estas operaciones generan modificaciones físicas, químicas y estructurales en el tubérculo, las cuales influyen directamente en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, justificando su evaluación mediante métodos analíticos específicos (Yenque et al., 2007; Luque et al., 2022).

La k'aya, también conocida como kaya o kcaya, es un producto tradicional originario

de los Andes, particularmente valorado en Perú y Bolivia, hecho a partir de la oca (*Oxalis* *tuberosa Mol*). El proceso de producción implica varias fases para deshidratar y concentrar los nutrientes de la oca, lo que ayuda a alargar su vida útil. En primer lugar, se seleccionan las ocas maduras y se exponen al sol durante varios días para que se deshidraten parcialmente. Luego, se pelan, se cortan en rodajas finas y se dejan secar nuevamente al sol, retirándolas con frecuencia para facilitar la deshidratación. Una vez secas, las rodajas se muelen en un mortero de piedra hasta obtener una harina, que se tamiza y mezcla con agua para formar una masa espesa. Esta masa se aplana en capas delgadas y se deja secar al sol durante más días. Finalmente, la k'aya seca se corta en trozos o se muele aún más para obtener un polvo que puede almacenarse por períodos prolongados. Este producto se usa principalmente en la preparación de diversos platos andinos, tanto dulces como salados, debido a su sabor dulce y sus beneficios nutricionales (Carrasco et al., 2003).

La producción de la k'aya de oca implica una serie de procedimientos específicos, los cuales, según el estudio de (Gutierrez & Garcia, 2018), se pueden comparar con el proceso de transformación de la oca en k'aya para preservar el tubérculo fresco. La uma k'aya, que también es un método de deshidratación, pasa por una serie de etapas que la convierten en un producto de gran valor dietético para la comunidad. Aunque el proceso para obtener tanto la k'aya como la uma k'aya es similar, existen algunas diferencias. Durante la cosecha, se identifican las ocas afectadas por el huiso, también conocido como chuntilla, y se almacenan en sacos de yute sin distinguir entre ecotipos. Generalmente, la cosecha se lleva a cabo en el campo, y se observa cuidadosamente el clima, siendo especialmente importante el mes de junio, ya que es el más frío y esencial para convertir el ganso fresco en uma k'aya.

Teniéndose las operaciones:

- a) Selección de la oca. - La selección de la oca se realiza con la finalidad de eliminar tubérculos dañados, con signos de pudrición, presencia de insectos o deformaciones, así como aquellos que no presenten uniformidad en tamaño y volumen. Esta etapa permite asegurar la homogeneidad de la materia prima y evitar interferencias en el procesamiento posterior.
- b) Extendido de la oca. - el extendido de la oca se realiza para hacer un control de calidad y evitar ocas dañadas además de uniformizar.
- c) Congelado. - La oca es colocada en sacos de yute o extendida en áreas abiertas, exponiéndose a las bajas temperaturas nocturnas propias de las zonas altoandinas. Este congelado se produce de manera natural, sin aplicación de agua, generando la formación de cristales de hielo en el interior del tejido vegetal.

- d) Aplicación de agua. - congelado en agua del hueco durante 3,4 y 5 días conforme se disponga por el agricultor.
- e) Pisado. - Luego de pasar el frio helado se prosigue a secar el yute del agua, extendiéndose, pisándose las ocas con suavidad en la misma contenedora bolsa o saco de yute evitando un daño mayor además de contener a las ocas.
- f) Apilamiento. - paralelamente al pisado en las bolsas de yute, estas serán aplastadas hasta quitar la mayor cantidad de agua que se encuentra en su interior de las ocas, con lo cual también se está procediendo al pelado de las ocas con lo que se logra un apilamiento.
- g) Pisado de la k'aya. luego de transcurrir 144 horas se procederá a sacar la k'aya o k'aya de oca del agua helada que está contenida en los sacos de yute, y se vuelve a pisar con la finalidad de seguir extrayendo el agua y seguir con el proceso mecánico de pelado de modo que puedan estar limpios sin necesidad de pelarlos posteriormente cuando sean retiradas las ocas.
- h) Segundo extendido. - por segunda vez se extiende la oca en el suelo cubierto de paja, aprovechando la caída directa del sol para lograr la mayor deshidratación y secado, esto ocurre de acuerdo a la variable de la radiación solar pudiendo ser de 72 a 96 horas, de acuerdo a los días despejados.
- i) Secado. -Para el secado se procede a usar como último periodo el secado en los techos por última vez, para su secado total y luego guardarlos, para lograr este secado debe ser con el producto k'aya de oca que deben estar secos y duros.

Escarcena (2022) describe el proceso conocido como K'aya, que se lleva a cabo en los gansos después de la cosecha. En este proceso, las ocas se exponen a la congelación natural durante las noches frías entre junio y julio, lo que dura cuatro días. Tras este período, las ocas se secan al sol y se descongelan por la mañana. Luego, se comprimen para reducir su contenido de agua y acelerar el proceso de secado, que normalmente tarda entre ocho y quince días, dependiendo de la radiación solar. El rendimiento final es del 45%, lo que implica que se requieren 2 kg de ganso fresco para obtener 1 kg de K'aya. El secado de K'aya es similar al del chuño, con una duración aproximada de 16 días. Finalmente, el almacenamiento de K'aya sigue el mismo procedimiento que el del chuño, alcanzando un contenido de humedad final del 12%.

Según (Chuquelin et al., 2021) la exposición del tubérculo de ganso a la luz solar antes de su consumo es esencial para reducir el sabor amargo-crudo causado por los oxalatos solubles, los cuales tienen propiedades anti nutrientes. Un producto derivado de este tubérculo, denominado *caya*, *cavi*, *k'aya* o *k'ahya*, se obtiene mediante congelación durante la noche y

deshidratación al sol, un proceso similar al del chuño de papa. La transformación del ganso en *caya* involucra técnicas de congelación, remojo y secado. Debido a la alta perecibilidad del tubérculo, se debe procesar la mayor parte para producir *caya* y reservar los tubérculos frescos para siembra. El proceso de *caya* es similar al secado por liofilización, en el cual el contenido de agua del producto se congela y se sublima en condiciones de vacío, lo que preserva eficazmente las características del tubérculo, incluidos su sabor, color y componentes nutricionales y funcionales.

2.2.15. Rehidratación de k'aya (*Oxalis tuberosa Mol.*).

La rehidratación de la k'aya de oca constituye una práctica tradicional ancestral utilizada por las comunidades altoandinas como etapa previa al consumo del producto seco. De manera empírica, los agricultores han observado que la k'aya, luego del proceso de congelado nocturno y secado solar, recupera parcialmente su textura y volumen original al ser sumergida en agua, permitiendo su posterior uso en preparaciones culinarias como sopas y guisos (Yenque et al., 2007; Aguilar Velásquez, 2019). Esta práctica tradicional se basa en el conocimiento transmitido de generación en generación, sin mediciones cuantitativas, pero con resultados sensoriales aceptables para el consumo humano.

Desde el punto de vista empírico, la capacidad de rehidratación de la k'aya está asociada al grado de deshidratación alcanzado durante el secado y a los cambios estructurales producidos por el congelado nocturno, los cuales generan una mayor porosidad en el tejido vegetal. Estas modificaciones facilitan la absorción de agua durante la rehidratación, permitiendo que el producto recupere parte de sus características físicas originales, como volumen y suavidad (Fellows, 2017; Luque et al., 2022).

En el presente estudio, la rehidratación de la k'aya de oca fue evaluada con la finalidad de cuantificar científicamente una práctica ancestral ampliamente utilizada. Para ello, se determinó la capacidad de rehidratación mediante la inmersión del producto seco en agua a temperatura ambiente durante un tiempo determinado, registrándose el incremento de peso como indicador de absorción de agua. Este análisis permitió relacionar el comportamiento empírico observado tradicionalmente con valores cuantificables, facilitando la comparación entre variedades y tiempos de procesamiento.

Diversos estudios han analizado la rehidratación de la k'aya de oca como una propiedad funcional directamente relacionada con la estructura del producto seco y con los cambios fisicoquímicos generados durante su procesamiento. En este contexto, Ramírez et al. (2015) evaluaron el efecto de la temperatura y el tiempo de rehidratación sobre la capacidad de

absorción de agua y las propiedades sensoriales de la k’aya de oca. Los autores demostraron que la rehidratación a temperaturas elevadas (60–70 °C) durante períodos cortos (30–60 minutos) incrementa significativamente la capacidad de retención de agua, en comparación con la rehidratación tradicional en agua fría y tiempos prolongados.

Estos resultados evidencian que la capacidad de rehidratación depende de los cambios estructurales producidos durante el procesamiento previo, los cuales influyen en la porosidad del tejido vegetal y en la disponibilidad de sitios de absorción de agua. Asimismo, la rehidratación adecuada contribuye a mejorar las características sensoriales del producto reconstituido, aspecto estrechamente vinculado a la calidad funcional de la k’aya de oca. En ese sentido, la evaluación de la capacidad de rehidratación en el presente estudio permite cuantificar científicamente una propiedad funcional relevante, asociada al procesamiento ancestral y a las propiedades fisicoquímicas del producto final.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis General

Las variedades de oca y tiempo de soleado influyen en las propiedades fisicoquímicas funcionales de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

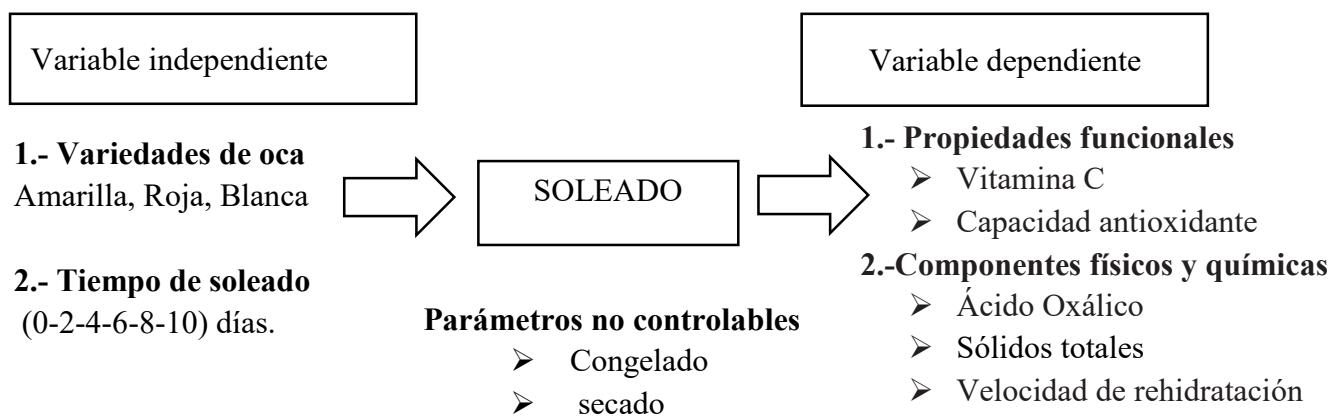
Hipótesis Específicas

1.- Las variedades de oca y tiempo de soleado influyen en el contenido de ácido oxálico de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

2.- Las variedades de oca y tiempo de soleado influyen en la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

3.- Las variedades de oca y tiempo de soleado influyen en los sólidos solubles totales y la capacidad de rehidratación de la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

1.2. Identificación de Variables.



1.3. Operacionalización de Variables

Tabla 4

Operacionalización de Variables Independientes y Dependientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Instrumento de medición	Unidad	Tipo de Variable
Variedad de oca (Independiente)	La variedad de oca corresponde a los diferentes tipos de Oxalis tuberosa que presentan diferencias morfológicas y fisicoquímicas (Yenque et al., 2007).	Se seleccionarán tres variedades de oca (amarilla, roja y blanca) para ser sometidas al proceso experimental.	Tipo de variedad	Ficha de identificación / diario de campo.	-	Cualitativa nominal
Tiempo de soleado (Independiente)	El soleado es una práctica ancestral que consiste en exponer los tubérculos al sol después de la cosecha, influyendo en sus características fisicoquímicas (Aguilar Velásquez, 2019).	Se controlará el tiempo de soleado durante 2,4, 6,8 y 10 días, según el tratamiento experimental.	Número de días de soleado	Registro diario de exposición solar	Días	Cuantitativa discreta
Contenido de Vitamina C (Dependiente)	Nutriente esencial con función antioxidante que contribuye a la calidad nutricional del alimento (Cabrera et al., 2015).	Se determinará el contenido de vitamina C mediante titulación, expresado por 100 g de muestra.	Concentración de vitamina C	Método (1984) – ficha de laboratorio. AOAC	mg/100 g	Cuantitativa continua
Capacidad antioxidante (Dependiente)	Capacidad de la oca para neutralizar radicales libres (Monar, 2014).	Se determinará mediante el método ABTS y se expresará como equivalentes de Trolox.	Actividad antioxidante mediante ensayo ABTS	Método ABTS – ficha de laboratorio	µmol Trolox/g	Cuantitativa continua
Contenido de ácido oxálico (Dependiente)	Compuesto antinutricional presente de forma natural en la oca (Araujo Condori, 2012).	Se determinará el contenido de ácido oxálico mediante método analítico normalizado.	Cantidad de ácido oxálico.	Método Arpasi A.O. (2001) – NTP 206.013:1998	mg/100 g	Cuantitativa continua
Rehidratación de la K'aya (Dependiente)	Proceso mediante el cual un alimento seco absorbe agua y recupera	Se determinará el porcentaje de incremento de peso después de la rehidratación.	% de aumento de peso	Balanza analítica (registro de peso antes	%	Cuantitativa continua

parcialmente sus características
físicas (Ramírez et al., 2015).

después de la
rehidratación y después de la
rehidratación)

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de investigación

La presente investigación se desarrolló en la comunidad de Alto Huarca, ubicada en la provincia de Espinar, región Cusco, Perú. La zona de estudio se localiza a una altitud aproximada de 4000 m s. n. m., característica de las áreas altoandinas, donde se presentan temperaturas bajas, marcada amplitud térmica entre el día y la noche y presencia frecuente de heladas nocturnas, condiciones favorables para el cultivo y procesamiento tradicional de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol.).

El trabajo experimental se llevó a cabo durante los meses de junio, periodo en el cual se dispone de oca fresca proveniente de la cosecha local y se presentan condiciones climáticas adecuadas para la aplicación del procesamiento ancestral, particularmente el soleado diurno y el congelado nocturno.

Las materias primas utilizadas correspondieron a tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), previamente identificadas y seleccionadas en la zona de estudio, las cuales fueron clasificadas como variedad amarilla, roja y blanca.

Para llevar a cabo a la investigación, se utilizó el laboratorio de investigación e innovación de productos agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, situado en la ciudad de Sicuani. Además, se contó con el apoyo del laboratorio de Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, el cual brindó el espacio y los recursos necesarios para realizar las pruebas y análisis que complementaron y enriquecieron la investigación.

4.2. Unidad de Estudio

La unidad de estudio es la k'aya de oca (*Oxalis tuberosa* Mol).

4.3. Población y Muestra de Estudio

Se utilizaron un total de 21 kilogramos de oca fresca, distribuidos entre las tres variedades (amarilla, roja y blanca), todas seleccionadas bajo criterios de calidad e inocuidad, los cuales fueron evaluados antes de ingresar a los respectivos procesos. De esta cantidad, se tomó una muestra de 3 kilogramos por cada variedad para determinar los componentes necesarios para el estudio, como las propiedades funcionales, físico-químicas y la capacidad de rehidratación.

4.4. Materia prima e Instrumentos y reactivos.

4.4.1. Materia prima

Se utilizaron 21 kilogramos de oca (*Oxalis tuberosa Mol*), provenientes de la Comunidad de Chaupimayo, en el Distrito de Suyckutambo, Provincia de Espinar, Departamento de Cusco, una zona reconocida por la producción de este tubérculo. Los tubérculos fueron recolectados en su estado fisiológicamente maduro y cuidadosamente seleccionados, asegurando que correspondieran a las variedades locales, las cuales se diferencian por el color de su cáscara superficial.

- Oca amarilla correspondiente a grupo de Flavas
- Oca blanca correspondiente a grupo de Albas
- Oca roja correspondiente a grupo de Roseo violáceas

4.4.2. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Agitador termomagnético (Marca OXFRD BenchMate -1DL)
- Balanza analítica(252g/0.1mg.HR-250AZ) -TAP RX-2
- Tamizador eléctrico estándar (ASTM E-11)
- Termómetro digital (Modelo Sh-144)
- Higrómetro digital (HT-350)
- Refractómetro (ATS) escala de 80°Brix

4.4.3. Materiales e instrumentos de laboratorio

- Papel toalla
- Probetas (25 ml)
- Fiola de vidrio Aforada Lab (100 ml)
- Matraz Erlenmeyer (100 ml)
- Embudo de vidrio (50 mm)
- Varilla de vidrio (25 ml)
- Vaso precipitado (50 ml y 100 ml).
- Bureta graduada de llave recta (100 ml)
- Soporte universal (altura 50 cm, diámetro 10 cm y base de 20 cm x 12 cm)
- Pipeta graduada (10 ml)

4.4.4. Reactivos

- H₂O destilada
- Indicador de fenol-ftaleína.
- Hidróxido de sodio a 0.0879 N.
- 2.6 diclorofenol indofenol

 Ácido ascórbico

 Ácido oxálico

4.4.5. Elaboración de k'aya de oca

Para la elaboración de la k'aya de oca (en analogía al chuño de papa), se tomó la metodología de (Escarcena, 2022; Nina, 2018).

En efecto, el soleado aplicado a la oca fresca corresponde a una etapa previa y diferenciada del secado final. Su propósito no es la conservación del producto mediante la eliminación de agua, sino provocar transformaciones fisicoquímicas y funcionales en el tubérculo, como la disminución del contenido de ácido oxálico, el incremento de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) y la modulación de compuestos bioactivos. Esta etapa responde a una práctica ancestral en zonas altoandinas, donde se expone la oca al sol durante determinados días para lograr estos efectos antes de continuar con las siguientes etapas del proceso. Por otro lado, el secado se realiza luego del congelado y estrujado, y tiene como finalidad principal la eliminación del agua remanente en la oca procesada, permitiendo su estabilización microbiológica y conservación a largo plazo. Este proceso responde a una fase final del procesamiento de la k'aya, ya sobre un producto transformado, y no sobre oca fresca.

En concordancia con ello, en la presente investigación se ha evaluado el efecto del soleado como tratamiento funcional, y no como etapa de deshidratación terminal, considerando que el análisis de propiedades fisicoquímicas y funcionales (ácido oxálico, sólidos solubles, vitamina C, capacidad antioxidante, entre otros) se realizó tras esta etapa, y antes del secado final.

Materia prima: Se utilizaron 21 kilogramos de oca de cada variedad, provenientes del Distrito de Suyckutambo, en la Provincia de Espinar, Departamento de Cusco. De estos 21 kilogramos, se destinó una proporción de 3 kilogramos de cada variedad para cada tratamiento.

Pesado: El proceso comenzó con el pesado de las tres variedades de oca: oca amarilla, oca roja y oca blanca. Esta etapa tuvo como objetivo determinar la cantidad exacta de materia prima a procesar, asegurando que se contara con la cantidad necesaria para cada tratamiento.

Selección: Las ocas fueron seleccionadas en base a sus características físicas, tales como color, textura y tamaño. Se descartaron aquellos tubérculos que presentaban daños visibles como picaduras, golpes, fracturas o la presencia de materia extraña. Posteriormente, se clasificaron según su tamaño, buscando obtener una muestra homogénea en términos de uniformidad volumétrica para asegurar un procesamiento uniforme.

Lavado: Las ocas fueron lavadas en una tina con chorros de agua, utilizando una escobilla para eliminar toda la tierra adherida y los cuerpos extraños. Después del lavado, se realizó un escurrido utilizando un colador para obtener las ocas completamente limpias de suciedad.

Soleado: El soleado se realizó durante el periodo de radiación solar, desde las 8:00 am a 20.5 °C hasta las 4:00 pm a 38.9 °C a una altitud 3,920 m.s.n.m sobre las tres variedades de oca. Este proceso se llevó a cabo en diferentes periodos de tiempo: cero días de soleado, dos días de soleado, cuatro días de soleado, seis días de soleado, ocho días de soleado y diez días de soleado, con el objetivo de evaluar el efecto de la exposición solar en las características de las ocas.

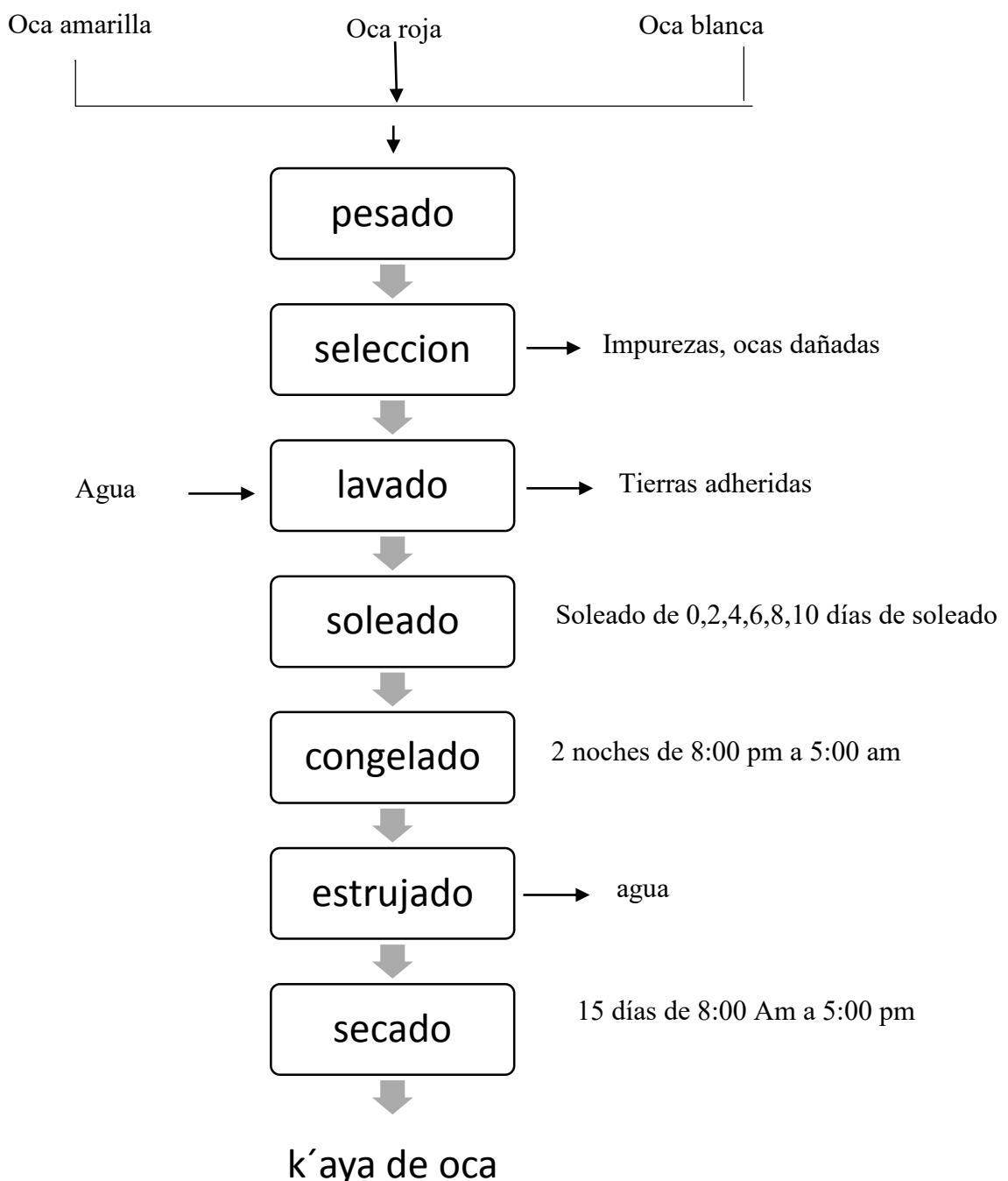
Congelado: Las tres variedades de oca fueron extendidas uniformemente sobre un espacio plano durante dos noches consecutivas, desde las 8:00 pm hasta las 5:00 am a una altitud de 3,920 m.s.n.m. Durante este proceso, se controló la temperatura de -6°C, asegurando una congelación adecuada de los tubérculos.

Estrujado: Una vez descongeladas por la exposición a los rayos solares, las ocas congeladas fueron estrujadas manualmente (en lugar de ser pisadas) para eliminar el agua libre presente en su interior. Este proceso ayudó a acelerar la deshidratación de las ocas.

Secado: Finalmente, las ocas fueron extendidas sobre una manta blanca para aprovechar la radiación solar. El secado se realizó durante un periodo de 15 días, durante el cual las ocas fueron removidas frecuentemente para acelerar el proceso y garantizar que todas las superficies estuvieran en contacto con la radiación solar, logrando una deshidratación homogénea.

Figura 4

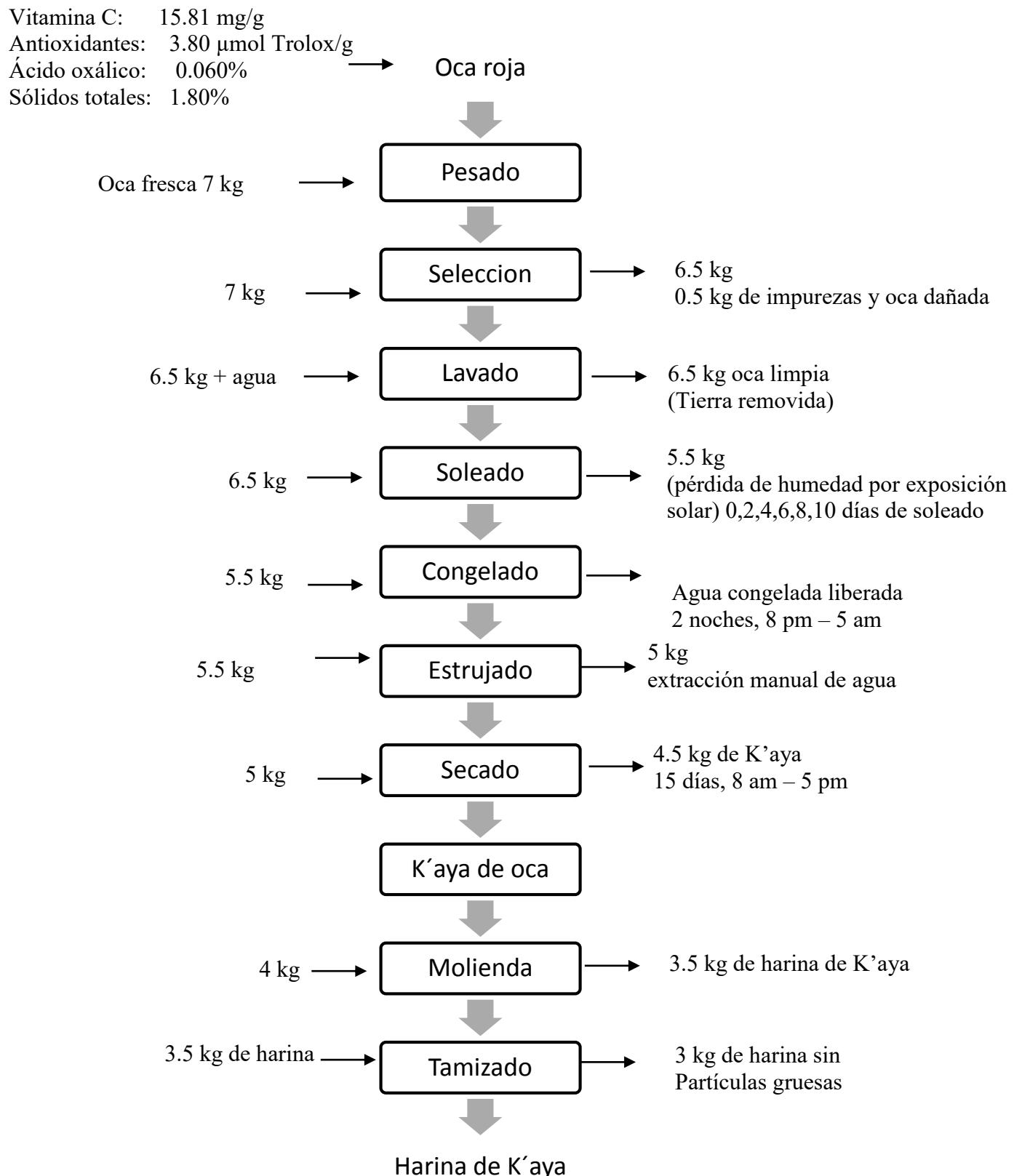
Diagrama de flujo para la elaboración de k'aya de oca



Nota: El diagrama muestra las operaciones para la elaboración de k'aya de oca

Figura 5

Diagrama de flujo del procesamiento ancestral de k'aya de oca – variedad Roja



Vitamina C: 16.49 mg/g
 Antioxidantes: 4.58 µmol Trolox/g
 Ácido oxálico: 0.057% 43
 Sólidos totales: 2.10%

Figura 6

Diagrama de flujo del procesamiento ancestral de k'aya de oca – variedad Blanca

Vitamina C: 15.61 mg/g
 Antioxidantes: 4.10 µmol Trolox/g
 Ácido oxálico: 0.057%
 Sólidos totales: 1.80%

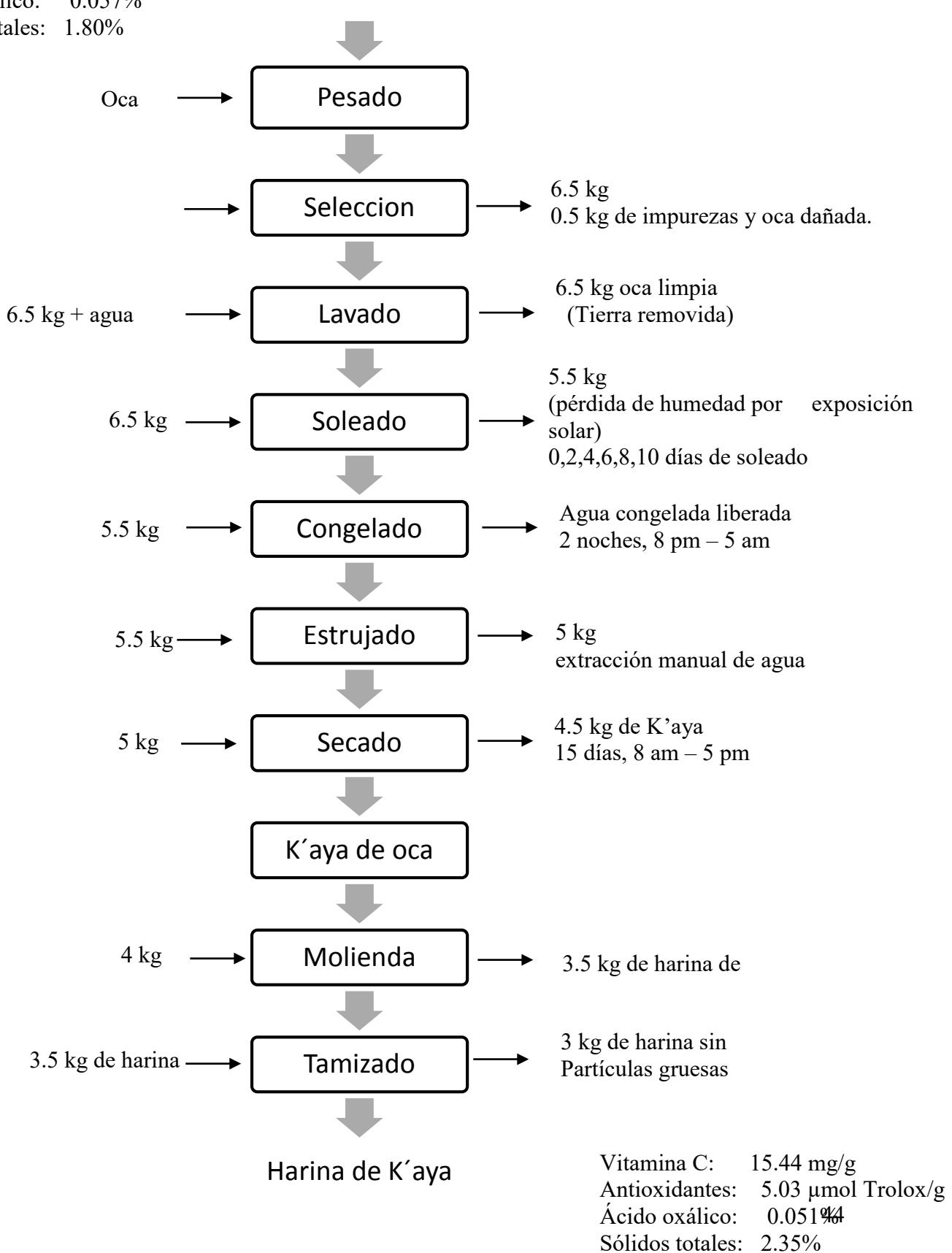


Figura 7

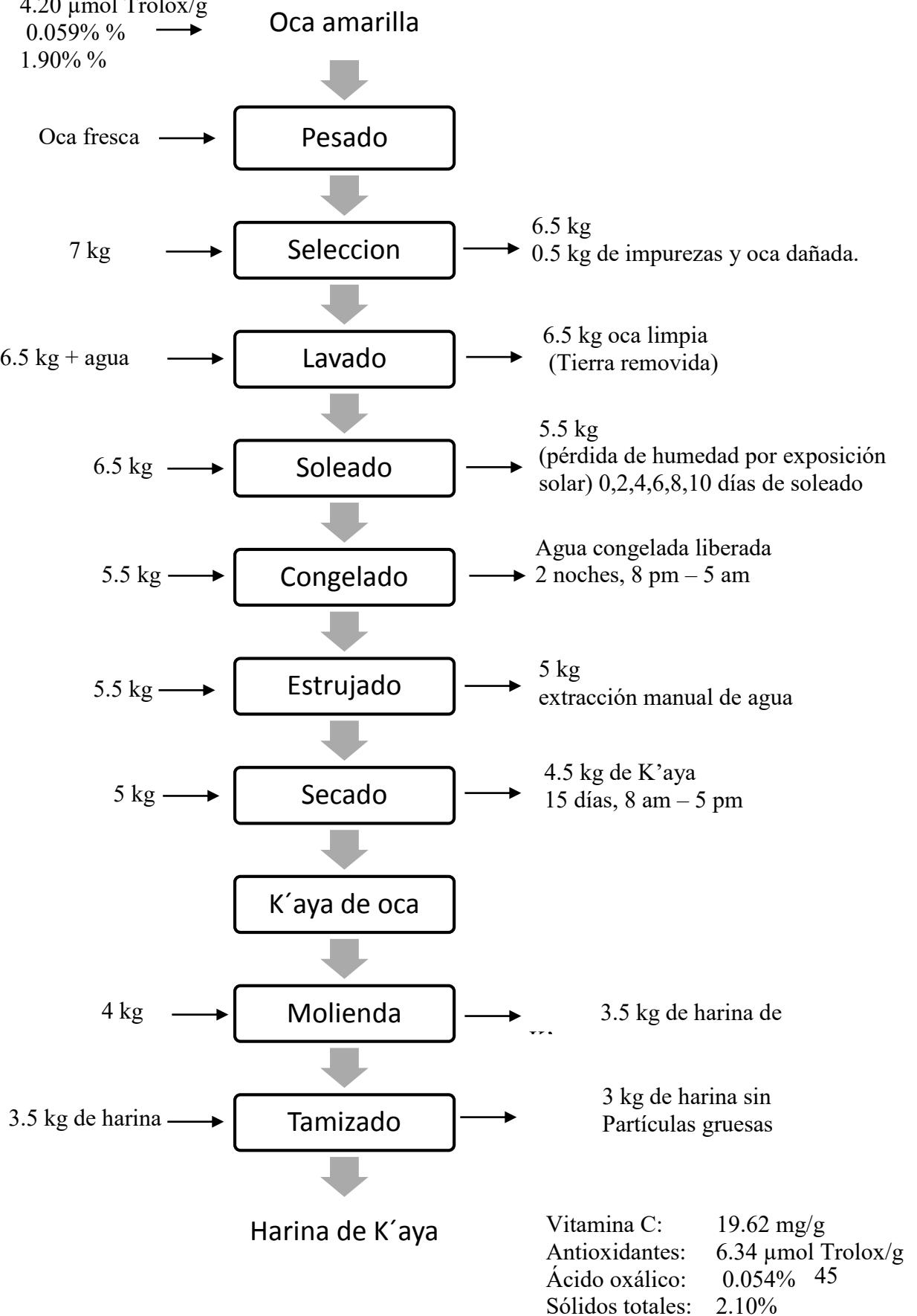
Diagrama de flujo del procesamiento ancestral de k'aya de oca – variedad Amarilla

Vitamina C: 18.20 mg/g

Antioxidantes: 4.20 µmol Trolox/g

Ácido oxálico: 0.059% % →

Sólidos totales: 1.90% %



4.5. Metodología de determinación de componentes fisicoquímicas y propiedades funcionales de la k'aya

La determinación de los componentes fisicoquímicos y propiedades funcionales de la k'aya, se realizó en laboratorio de investigación de productos agroindustriales en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustriales de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, ubicado en avenida Arequipa de la ciudad de Sicuani.

4.5.1. Determinación de capacidad antioxidante.

Para determinar la capacidad antioxidante se utilizó la metodología reportada por Arnao, (2001) & Chirinos et al., (2011). Este procedimiento posibilitó la valoración de la capacidad antioxidante mediante la decoloración de un radical libre previamente formado por la acción del compuesto antioxidante. Se aplica tanto a los antioxidantes hidrofilicos como a los lipofilicos (Arnao, 2001). El procedimiento fue el siguiente:

Resumen del procedimiento para medir la capacidad antioxidante:

1. Preparación de soluciones:
 - ❖ Solución A: ABTS en agua destilada
 - ❖ Solución B: Persulfato de potasio en agua destilada
2. Creación de solución madre:
 - ❖ Mezcla de partes iguales de soluciones A y B
 - ❖ Reposo en oscuridad por 12 horas
3. Preparación de solución diluida de ABTS:
 - ❖ Dilución de solución madre con etanol al 96%
 - ❖ Ajuste para obtener absorbancia de 1.1 ± 0.02 a 734 nm
4. Medición de capacidad antioxidante:
 - ❖ Mezcla de extracto de muestra con solución ABTS diluida
 - ❖ Agitación por 2.5 horas a temperatura ambiente
 - ❖ Lectura de absorbancia a 734 nm
5. Cuantificación:
 - ❖ Uso de curva estándar con Trolox como patrón
 - ❖ Resultados expresados en μmol Trolox equivalente/g de muestra seca

Este método se basa en la reacción del ABTS con persulfato de potasio para generar radicales libres, que luego interactúan con los antioxidantes de la muestra, permitiendo cuantificar su capacidad antioxidante, con la curva estándar:

$$y = 0.7506 x (\Delta Abs - 0.0065)$$

Dónde:

Y = micro-mol (μmol) de Trolox equivalente (TE)/ml

ΔAbs = variabilidad de la absorbancia (AbsBlanco – AbsMuestra) a 734 nm

La acción anti-oxidante se halló con:

Y x Volumen del extracto x Fd x % b. s.

CA = Micromol (μmol) de Trolox equivalente (TE)/gr. (b.s.)

gr. muestra

Dónde:

CA = Micromol (μmol) de Trolox equivalente (TE)/gr. (b.s.)

Y = Micromol (μmol) de Trolox equivalente (TE)/ml

Fd = Factor de dilución.

% b. s. = Base seca en porcentaje.

4.5.2. Determinación de la vitamina C.

Se utilizó el método AOAC (1984) para determinar el contenido de vitamina C en la muestra.

1. Principio: Reducción del 2,6-diclorofenolindofenol por ácido ascórbico.

2. Preparación de muestras:

- Centrifugar harina de k'aya diluida
- Tomar 2 ml de sobrenadante
- Añadir 10 ml de ácido oxálico 0.5%
- Titular con 2,6-diclorofenolindofenol hasta color rosa persistente

3. Preparación de estándares:

- Solución de ácido ascórbico 0.1% en ácido oxálico 0.5%
- Solución de 2,6-diclorofenolindofenol en agua destilada

4. Titulación:

- Usar micro bureta con 2,6-diclorofenolindofenol
- Punto final: color rosa débil por 10-15 segundos
- Estandarizar solución diariamente

5. Cálculo:

Determinar equivalente de ácido ascórbico por ml de 2,6-diclorofenolindofenol

Este método cuantifica la vitamina C mediante titulación, basándose en la reacción redox entre el ácido ascórbico y el indicador 2,6-diclorofenolindofenol. La determinación de la Vitamina C, se efectuó de acuerdo a la metodología recomendada

por la AOAC (1984), mediante el método de la titulación. Metodología que se basa en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol por una solución de ácido ascórbico.

$$T = \frac{\text{mg de ácido ascorbico}}{\text{ml de solucion 2,6 dicloro fenolindo fenol}}$$

Titulación-blanco:

- ✓ Titular-blanco: con 10 ml de la solución ácida (ácido oxálico al 0.5 %) con 2,6 diclorofenolindofenol.
- ✓ Restar el volumen del valor-gastado de la muestra problema.

miligramos de ácido ascórbico/100 g de muestra:

$$mg = \frac{V * T * 100}{W}$$

Teniendo:

V: mililitro (colorante) para titular la alícuota

T: Equivalente a ácido ascórbico de la solución del colorante expresado en mg de colorante.

W: gramos de muestra en la alícuota titulada.

4.5.3. Determinación de Sólidos totales.

Solidos (ºBrix) AOAC-1990, para saber el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido, es la concentración de sólidos solubles.

Procedimiento

Procedimiento para la determinación de sólidos solubles en harinas:

1. Preparación de la muestra:
 - Se tomó una porción de 5 gramos de la harina a analizar (k'aya).
 - Esta se mezcló con 50 mililitros de agua purificada.
 - La mezcla se agitó hasta lograr una suspensión uniforme.
 - Posteriormente, se procedió a filtrar la suspensión utilizando papel filtro.
2. Medición con el refractómetro:
 - Se extrajo una pequeña cantidad del filtrado (específicamente de la harina de k'aya).
 - Se colocaron entre 3 y 4 gotas de este líquido sobre la superficie de cristal del instrumento.
3. Lectura del resultado:
 - El refractómetro se orientó hacia una fuente de iluminación intensa.

- Se ajustó el ocular del dispositivo para obtener una imagen nítida.
- En la escala del aparato, se observó la lectura correspondiente en grados Brix.
- Este valor indica la concentración de azúcares presentes en la muestra analizada.

4. Registro de datos:

- Se documentó la lectura de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) para cada tipo de harina examinada.

4.5.4. Rehidratación

Los productos secos como la k'aya de oca el chuño o la moraya de papa, luego de su elaboración se encuentran secos deshidratados, para un uso culinario para la alimentación es preciso rehidratarlos por diferentes mecanismos como refiere (Vasquez-Ocala y Ita-sanchez, 2021).

La metodología para la rehidratación de la k'aya de oca fue en analogía a (Escarcena-Quispe, 2022), (Luque et al., 2022), los resultados por cada tiempo de soleado y para cada variedad de oca pormenorizados se encuentran en el Apéndice 3.4, al 3.4.3

- Se preparo previamente en un recipiente descartable de 250 ml con agua de caño de red pública.
- Se sumergió 2 gr de la k'aya de oca en el depósito, durante el tiempo de uno a noventa minutos, midiéndose la ganancia de peso en gramos.
- Se realizo la medición en diferentes minutos de remojado (rehidratación) una remoción con giros ayudados por una espátula de madera.
- Luego se tomó el tiempo y la ganancia de peso, cuidadosamente para tener los resultados objetivamente.
- Se determino la velocidad de rehidratación, tomando la variación de la masa en gramos en el transcurso del tiempo en minutos (velocidad=gramos/minuto)

4.5.5. Determinación de ácido oxálico

Para la determinación de ácido oxálico se utilizó la metodología propuesta por (Arpasi A., O., 2001) de acuerdo a la NTP 206.013-1998 La acidez se determinó de la siguiente manera:

Procedimiento

1. Se pesó 5 g de muestra
2. se adicionarán veinticinco mililitros H_2O destilada.
3. Luego aforar a 100 ml con agua destilada
4. Luego se filtro

5. Tomar alícuota de veinticinco mililitros (Matraz/100 ml), añadir 4 a 5 gotas de fenolftaleína
6. Titular NaOH a 0.0905 N estandarizado
7. Titular hasta virar a color rosa
8. Leer el gasto del hidróxido de sodio calculo

Cálculos (valoración de ácido oxálico)

$$\% \text{ AcO} = \frac{\text{ml (NaOH)} * \text{N(NaOH)} * \text{meq(ácido oxálico)}}{\text{TM(ml)}} * 100$$

Donde:

- **% AcO** : porcentaje de ácido oxálico.
- **ml (NaOH)** : Milímetros de NaOH gastado.
- **N (NaOH)** : Normalidad de hidróxido de sodio (0.0879 N)
- **Meq** : Mili equivalente de ácido oxálico (90,04 g/ml).
- **TM (alícuota)** : volumen de alícuota en ml.

En el estudio de elaboración de k'aya de oca y la determinación de características funcionales de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), se utilizará el diseño experimental multifactorial categórico.

4.6.Técnicas de Procesamiento de Información.

En esta investigación se empleó un análisis estadístico de regresión lineal múltiple. Para el análisis de las variables del estudio. Los resultados del contenido de ácido oxálico, vitamina C, sólidos totales y la rehidratación de la K'aya de Oca fueron sometidos a las pruebas de hipótesis en regresión lineal múltiple como el análisis de varianza (ANOVA), mediante el cual se determinaron diferencias significativas al nivel de 0.05 entre las variables evaluadas, para ver si la regresión es significativa entre las variables se planteó las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): Los tiempos de secado al sol y las variedades de K'aya de Oca estudiadas NO tienen una relación significativa sobre los contenidos de ácido oxálico, vitamina C, sólidos totales y la rehidratación.

Hipótesis alternativa (H_a): Los tiempos de secado al sol y las variedades de K'aya de Oca estudiadas tienen una relación significativa en los contenidos de ácido oxálico, vitamina C, sólidos totales y la rehidratación.

4.7. Diseño experimental

Tabla 5

Estructura de datos para la regresión lineal múltiple.

Variedad	soleado (días)	Ácido oxálico	Vitamina C	Sólidos solubles	Rehidratación totales
Amarilla	0				
Amarilla	2				
Amarilla	4				
Amarilla	6				
Amarilla	8				
Amarilla	10				
Roja	0				
Roja	2				
Roja	4				
Roja	6				
Roja	8				
Roja	10				
Blanca	0				
Blanca	2				
Blanca	4				
Blanca	6				
Blanca	8				
Blanca	10				

Nota. El diseño experimental correspondió a un modelo de regresión lineal múltiple, dando como resultado un total de 18 ensayos con dos repeticiones cada uno, lo que representó 36 unidades experimentales. Se analizaron tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) amarilla, blanca y roja, sometidas a tres tratamientos de procesamiento: soleado, congelado y secado a temperatura ambiente (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009).

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Contenido de ácido oxálico, vitamina C, capacidad antioxidante y sólidos solubles totales de la oca fresca.

La tabla 6 muestra los valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos y funcionales realizados en las tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) amarilla, roja y blanca antes del proceso de soleado.

Tabla 6

Resultados de análisis fisicoquímico funcional.

Resultado de análisis de oca fresca - Antes de soleado					
variedad de oca	vitamina c (mg/g)	%	capacidad oxálico	°BRIX	replicas
		ácido oxálico	(umol trolox/g)		
oca amarrilla	35.4	74.3	7.8	6.3	I
	35.5	74.2	7.9	6.3	II
oca roja	36.7	69.7	8.84	7.1	I
	36.7	69.6	8.84	7.1	II
oca blanca	36.3	72.3	8.05	7.2	I
	36.3	72.3	8.01	7.2	II

Nota: Resultado de análisis de fisicoquímico y funcionales de las tres variedades de oca

Los resultados obtenidos para la oca fresca antes del soleado muestran que la vitamina C varió entre 35.4 y 36.7 mg/g en las tres variedades evaluadas. Estos valores son similares a los reportados por Cabrera et al. (2015), quienes encontraron una concentración promedio de vitamina C de 34–37 mg/g en tubérculos andinos, lo cual indica que la oca constituye una fuente importante de este micronutriente. Asimismo, Campos et al. (2006) señalaron que la oca presenta un contenido considerable de compuestos antioxidantes, incluyendo vitamina C, lo cual concuerda con los resultados observados.

El contenido de ácido oxálico en las variedades de oca fresca evaluadas varió entre 69.6 % y 74.3 %, valores que coinciden con lo descrito por Antay y Ramos (2017), quienes señalan que la oca fresca presenta porcentajes elevados de oxalato que se reducen tras el soleado. De igual forma, Cáceres y Valerio (2021) reportaron diferencias entre variedades en el contenido de oxalato.

Respecto a la capacidad antioxidante, se obtuvieron valores entre 7.8 y 8.84 µmol Trolox/g, donde la variedad roja mostró el nivel más alto. Estos hallazgos concuerdan con el de Campos et al. (2006), quienes señalaron que los pigmentos como las antocianinas, presentes en variedades de coloración intensa (rojas y moradas), confieren mayor capacidad antioxidante, lo cual explica los resultados superiores de la oca roja.

Finalmente, en el análisis de sólidos solubles totales °Brix, los valores oscilaron entre 6.3 y 7.2, indicando un contenido moderado de sólidos solubles. Estos resultados coinciden con lo descrito por Castañeta et al. (2022), quien reportó un incremento progresivo en los azúcares solubles durante el almacenamiento y exposición al sol, aunque en este caso, al tratarse de muestras frescas, los valores corresponden al nivel inicial previo al soleado.

En conjunto, estos resultados demuestran que la variedad influye en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la oca fresca, destacando el mayor contenido antioxidante de la oca roja, el mayor nivel de ácido oxálico en la amarilla, y valores relativamente similares de vitamina C entre todas las variedades, lo cual coincide con la variabilidad descrita previamente por Morillo & Leguizamo (2019) y Ore Oroche (2018).

Tabla 7

cálculo de rendimiento en las tres variedades de oca (blanca, roja y amarilla)

Variedad de oca		Ingreso (kg)	Salida(kg)	Rendimiento %
OCA BLANCA	Oca fresca	21		0.452380952
	k'aya		9.5	
OCA ROJA	Oca fresca	21		0.40952381
	k'aya		8.6	
OCA	Oca fresca	21		0.476190476
AMARILLA	k'aya		10	

Nota. Rendimiento de k'aya calculado como porcentaje de la masa final respecto a la masa inicial de oca fresca.

Como se muestra en la Tabla 7, el rendimiento de k'aya obtenido mediante el proceso tradicional de soleado varió según la variedad de oca. La oca amarilla presentó el mayor rendimiento (47,6 %), seguida de la oca blanca (45,2 %) y la oca roja (40,9 %). Estas diferencias se atribuyen a la variación en el contenido de agua y sólidos solubles entre las variedades, lo que afecta la pérdida de peso durante el procesamiento.

Los resultados concuerdan con los reportados por Antay y Ramos (2017), quienes indicaron que la oca fresca experimenta reducciones de peso durante la elaboración de k'aya, siendo las

variedades amarillas las más eficientes en la conversión a producto final. Esto confirma que el procesamiento tradicional permite obtener k'aya con un porcentaje considerable de sólidos secos, manteniendo sus características funcionales y organolépticas.

5.2. Contenido de ácido Oxálico de la K'aya de Oca (*Oxalis tuberosa Mol*)

El contenido de ácido oxálico de la K'aya de Oca de tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) obtenida por exposición solar durante 10 días se presenta en la tabla 8. Estos resultados evaluados, evidenciaron la disminución de la cantidad de ácido oxálico en las tres variedades estudiadas. De acuerdo con el análisis estadístico ($P<0.05$) (Apéndice 3.1), las diferencias encontradas entre los días soleados para cada variedad evaluada oscilaron entre 0.054% y 0.059% para la variedad amarilla, entre 0.057% y 0.060% para la variedad roja, y entre 0.051% y 0.057% para la variedad blanca.

Tabla 8

Resultados del Contenido de Ácido Oxálico

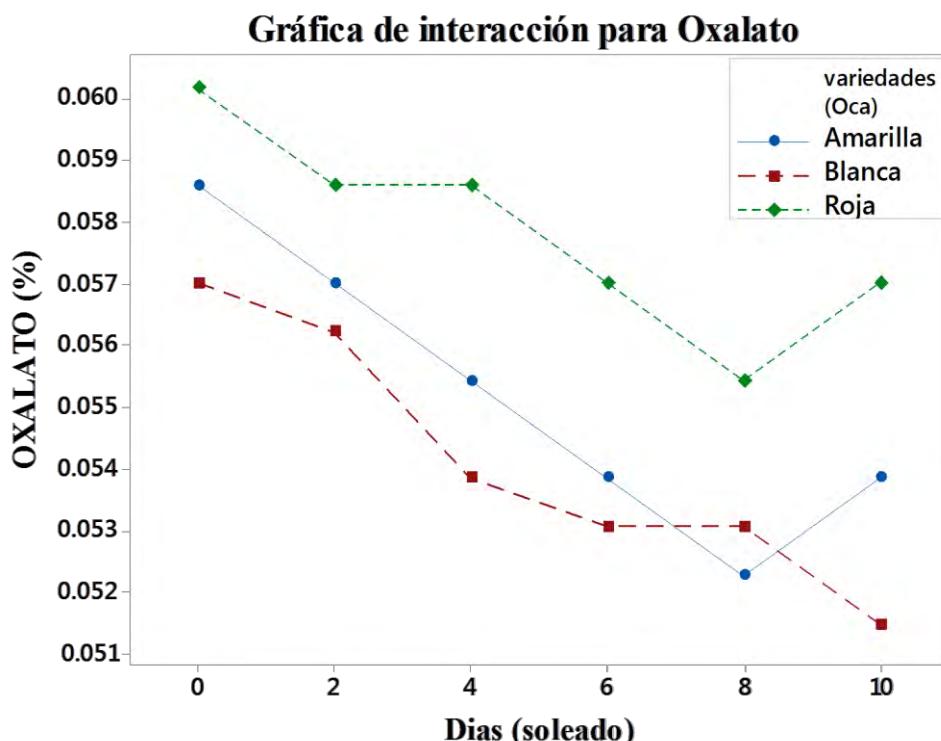
DIAS (Soleado)	VARIEDADES					
	Amarilla		Rojo		Blanco	
	$\bar{x} \pm DS$					
0	0.059	0.002	0.060	0.000	0.057	0.000
2	0.057	0.000	0.059	0.002	0.056	0.001
4	0.055	0.002	0.059	0.002	0.054	0.000
6	0.054	0.000	0.057	0.000	0.053	0.001
8	0.052	0.002	0.055	0.002	0.053	0.003
10	0.054	0.000	0.057	0.000	0.051	0.001

Los diferentes días de exposición al sol durante el secado de K'aya mostraron una disminución en el contenido de ácido oxálico. En el gráfico de la figura 5 se observa que la variedad Blanca presenta los menores porcentajes de ácido oxálico, los cuales siguen disminuyendo con el tiempo de secado, alcanzando su nivel más bajo en el día 8. Del mismo modo ocurren en la variedad amarilla mostrando una disminución del contenido de ácido oxálico. Por otro lado, la variedad Roja también reduce su contenido de ácido oxálico, aunque en menor medida en comparación con las otras dos variedades. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Escarcena, (2022), donde se observó que el contenido de ácido oxálico disminuyó con la exposición a temperatura ambiente en un 0.051% y en condiciones controladas a 50 °C, la reducción alcanzó un 0.057%. No obstante, Cáceres & Valerio, (2021),

reportaron menores concentraciones de ácido oxálico en la variedad amarilla de oca, con una reducción del 0.0150% a una temperatura de 70 °C y un espesor de 50 mm bajo exposición solar. Por otro lado, Luque et al. (2023) y Ramos (2017), reportaron un contenido superior de 0.196% (T=-21 °C y -0) en la oca Lukí rosada y 43.13% la oca blanca (Lunchchu), 42.48% en la amarilla (Kheni harinosa) y 63.89% en la roja (Huairi chuchu) de ácido oxálico, tras ser sometida a un proceso de secado a temperaturas de ambiente de 20 °C.

Figura 8

Contenido de Ácido Oxálico de las variedades Amarilla, Blanca, Roja.



Según Erazo & Sr., (2001) indica que la exposición a la radiación solar reduce significativamente los ácidos totales, principalmente debido a la disminución del malato y al aumento de los sólidos totales. Además, en su estudio, Erazo & Sr., (2001) confirmaron la reducción del ácido oxálico frente a la radiación solar.

Nasaka et al., (2022) menciona que el contenido de ácido oxálico disminuye de manera más significativa mediante el secado al sol en comparación con el secado en horno, por lo que este reporte sugiere que el secado al sol es una técnica de procesamiento más eficaz para la reducción de compuestos anti nutricionales como el oxalato. Del mismo modo, Castañeta et al., (2022) señala que la radiación solar influye en la variación del pH de la K'aya de Oca y en el aumento de los sólidos totales, lo que reduce su sabor amargo y, con ello, disminuye la concentración de los ácidos orgánicos especialmente el ácido oxálico.

5.3.Capacidad Antioxidante de la K'aya de Oca (*Oxalis tuberosa Mol*)

Los resultados de la capacidad antioxidante de la K'aya de Oca se presentan en el Tabla 9. Los valores obtenidos varían entre 4.85 a 5.03 μmol Trolox/g equivalente/g de muestra para la variedad Roja y para la variedad blanca. La variedad amarilla de K'aya de oca presentó una capacidad antioxidante de 6.34 μmol Trolox/g equivalente / g de muestra, mostrando valores superiores en comparación con las demás variedades estudiadas tras ocho días de secado con exposición solar.

Tabla 9

Resultados de la Capacidad Antioxidante.

VARIEDADES	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE para 8 días de soleado (umol trolox/g)	DESVIACIÓN	
		ESTÁNDAR	σ
Amarilla	6.34	0.021	
Rojo	4.85	0.000	
Blanco	5.03	0.028	

Nota: Valores de capacidad antioxidante expresados en unidades de Trolox por gramo (μmol Trolox/g) obtenidos en k'aya de tres variedades de oca tras 8 días de soleado tradicional. La desviación estándar (σ) indica la variabilidad de los resultados entre réplicas.

Los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante de la K'aya de oca son superiores a los reportados por Guarniz (2018) para la K'aya congelada y secada durante 10-12 días en condiciones ambientales, que presentó un valor de 3.99 μmol de Trolox equivalente por gramo. Por otro lado, estos resultados son menores a los reportados por Luque et al. (2023) (9.29 μmol de Trolox/g) para la variedad de oca Luki rosada.

Según Mostafá et al., 2016) menciona que el método de secado al sol reduce los contenidos de los compuestos fenólicos, lo que contribuye directamente a la disminución de la actividad antioxidante. Asimismo, (González et al., 2020) señala que la aplicación de calor durante el secado de los tubérculos de Oca reducen la actividad antioxidante.

La reducción de la actividad antioxidante está relacionada con la degradación térmica de los polifenoles, la formación de compuestos asociados a la reacción de Maillard y la exposición a la luz, (Anila & Mohammed, 2022).

5.4.Determinación de la Vitamina C en la K'aya de Oca (*Oxalis tuberosa Mol*)

Los resultados del contenido de vitamina C se presentan en la Tabla 10. Los valores oscilan entre 18.20 y 19.62 mg/g para la variedad amarilla, 15.81 y 16.49 mg/g para la variedad roja, y 15.44 y 15.61 mg/g para la variedad blanca. Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa ($P<0.05$) (Apéndice 3.2) en el contenido de vitamina C entre las tres variedades evaluadas a diferentes días de secado al sol.

Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los reportados por Cáceres & Valerio, (2021), quienes encontraron un contenido de 17.64 mg/100 g de vitamina C en muestras expuestas a 8 horas de secado al sol. Por otro lado, estudios previos han obtenido un mayor valor en el contenido de esta vitamina C, como los reportados por Ccanto, (2022) (28.4 a 30 mg AA/100 g), Pérez, (2019) (25,64 mg/100 g a 38,84 mg/100 g) y Araujo, (2012) ($30,820 \pm 2,151$ mg/100 g). Estas diferencias se atribuyen a los métodos aplicados en cada investigación y al tiempo de soleado, que son factores determinantes en la concentración final de vitamina C.

Tabla 10:

Resultados de la Cantidad de Vitamina C

DIAS (Soleado)	Vitamina C (mg/g)					
	Amarilla		Rojo		Blanco	
	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$
0	18.20	0.01	15.81	0.07	15.61	0.01
2	18.59	0.01	16.06	0.01	15.07	0.01
4	18.47	0.03	16.46	0.01	15.10	0.00
6	19.10	0.01	16.36	0.02	15.10	0.01
8	19.51	0.01	16.55	0.04	15.07	0.02
10	19.62	0.08	16.49	0.01	15.44	0.01

Nota: $\bar{x} \pm DS$ representan el promedio y la desviación estándar de dos repeticiones por tratamiento. Datos obtenidos en el Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009).

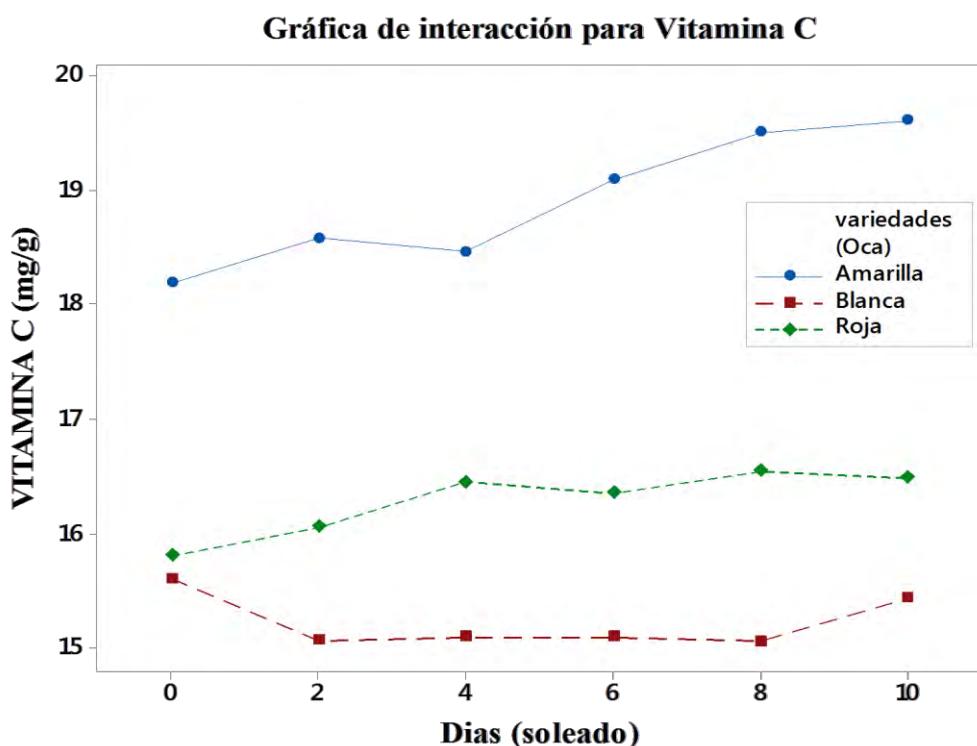
En la figura 9 de la gráfica se muestra la interacción de las tres variedades de oca (amarilla, blanca y roja) a lo largo de diferentes días de secado para el contenido de vitamina C (mg/g). La variedad amarilla presentó el mayor contenido de vitamina C, alcanzando 19.62 mg/g al día 8 de secado, seguida por la variedad roja (16.49 mg/g). En contraste, la variedad blanca mostró un menor contenido de esta vitamina C, manteniéndose constante durante el período de secado, con un ligero incremento al 8 día de secado. En general, el contenido de

vitamina C tendió a aumentar a medida que avanzaban los días de secado al sol, evidenciando una relación directa entre ambos factores.

La degradación de la vitamina C está asociada a los efectos causados por la temperatura, ya que esta vitamina se descompone significativamente por la acción del calor, además de las condiciones alcalinas del medio, otro factor relacionado con su degradación es la exposición a la luz, que induce la formación de radicales libres y acelera su degradación, (Yin et al., 2022).

Figura 9

Cantidad de Vitamina C (mg/g) y días de soleado en las tres variedades.



5.5. Determinación de los Sólidos solubles totales en la K'aya de Oca (*Oxalis tuberosa Mol*)

Los resultados de los sólidos solubles totales de la K'aya de Oca se presentan en la Tabla N° 11, donde se observa un rango de 1.90 % a 2.10 % para la variedad amarilla, 1.80 % a 2.10 % para la variedad roja y 1.80 % a 2.35 % para la variedad blanca. Estos valores muestran una diferencia estadística significativamente ($P < 0.05$) (Apéndice 3.3) entre las variedades estudiadas en los diferentes días de secado.

Los resultados obtenidos son inferiores en comparación con los reportados por Ramos (2017), quien encontró valores de 17.48 % para la variedad blanca, 43.46 % para la amarilla y 30.37 % para la roja en un secado al sol durante seis horas a 20 °C. Asimismo, Cáceres &

Valerio, (2021), reportaron contenidos de 13.86 % en la variedad blanca y 10.87 % en la variedad amarilla tras ocho horas. de secado al sol a 70°C.

Tabla 11:

Resultados de Sólidos solubles totales

DIAS (Soleado)	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES					
	Amarilla		Rojo		Blanco	
	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$
0	1.90	0.00	1.80	0.00	1.80	0.00
2	1.80	0.00	2.80	0.00	1.90	0.00
4	1.85	0.07	2.90	0.00	2.25	0.07
6	2.15	0.21	2.80	0.00	2.15	0.07
8	2.35	0.07	2.90	0.00	2.15	0.07
10	2.10	0.00	2.10	0.00	2.35	0.07

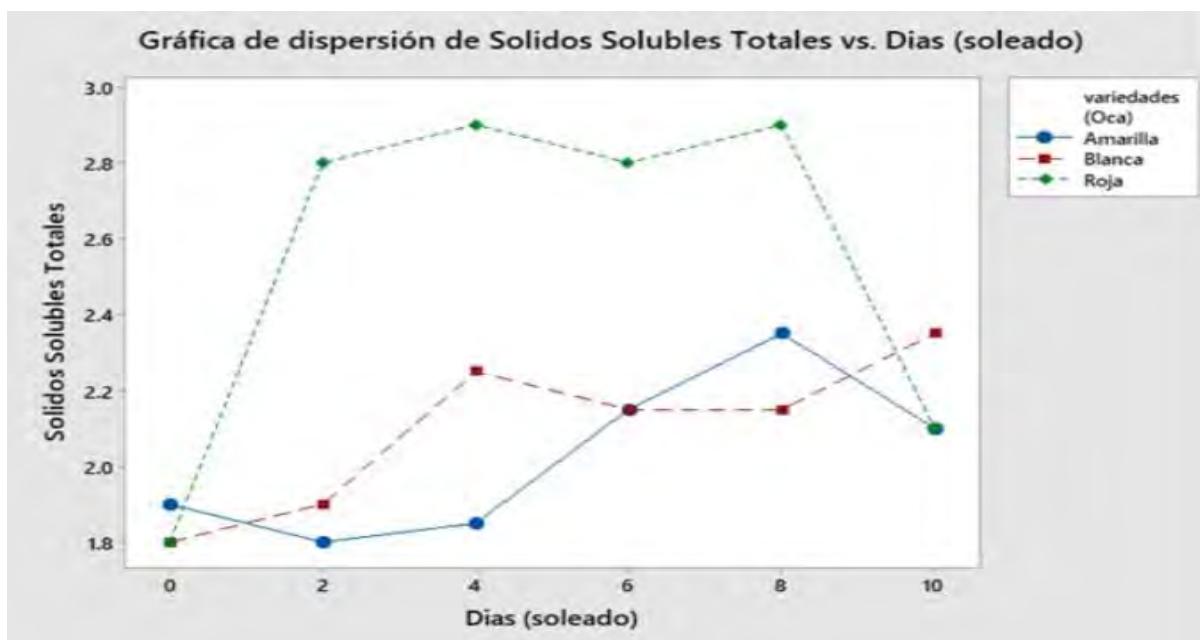
Nota: $\bar{x} \pm DS$ representan el promedio y la desviación estándar de dos repeticiones por tratamiento. Determinación de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix).

El contenido de sólidos totales aumentó de manera directa con el incremento de los días de soleado. La variedad roja alcanzó los valores más altos en los 4 y 8 días de secado (2.90 %) en contraste con las variedades amarilla y blanca. En la Figura 10 se observa la interacción de las variedades estudiadas a lo largo de los diferentes días de secado al sol en relación con el contenido de sólidos solubles totales. Se muestran que la variedad roja presenta un incremento inicial superior, seguido de una disminución en su contenido de sólidos totales en el último día de secado. En contraste, las variedades blanca y amarilla muestran un incremento progresivo, aunque solo la variedad blanca mantiene el incremento de los sólidos totales hasta el final del proceso.

Según Castañeta et al., (2022), la incidencia el tiempo de exposición a la radicación solar en la K’aya de Oca incrementa el contenido de sólidos totales. Del mismo modo Erazo & Sr., (2001), menciona que el incremento de los sólidos totales (azúcares libres) se debe principalmente a la concentración de la materia seca que está relacionada directamente a la deshidratación parcial de la K’aya de Oca generado por la exposición a la radiación solar.

Figura 10

Contenido de Sólidos solubles Totales



5.6. Determinación de la Rehidratación en la K'aya de Oca (*Oxalis tuberosa Mol*)

En la Tabla 12 se presentan los resultados de la rehidratación de la K'aya de Oca en la variedad amarilla. Los resultados alcanzados en la absorción de agua fueron baja, con un valor de solo 0,01 g en el peso de la muestra en 4 y 10 minutos de rehidratación para las muestras de 8 días de secado. Por otro lado, la rehidratación máxima alcanzada se dio para la muestra secada en 6 días, logrando un peso de 1.69g de muestra en 1 minuto de rehidratación. Los resultados de rehidratación en la variedad roja ostento un valor máximo de 2.33 g en el peso ganado en 1 minuto d rehidratación para la muestra que no se expuso al secado por la radiación solar, y un valor mínimo de 0.01 g de peso en la muestra de 6 y 10 minutos de rehidratación para 6 y 10 días de secado al sol.

Por otro lado, la variedad blanca alcanzó un valor máximo de rehidratación de 1,53 g de peso ganado en 1 minuto para la muestra que no fue secada al sol. En contraste, se registró un peso ganado de solo 0,01 g tras 3 minutos de rehidratación en la muestra secada en 10 días.

De acuerdo al análisis estadístico realizado existe una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) (Anexos B4), en el tiempo de rehidratación de las muestras evaluadas en diferentes días de secado para cada variedad estudiada.

Tabla 12:*Resultados de la Rehidratación en la K'aya de Oca*

variedades (Oca)	Tiempo de Rehidratación (min)	Días de secado al sol (días)					
		0		2		4	
		$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$
Amarilla	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
	1	1.43	0.3	0.98	0.3	1.13	0.3
	2	0.43	0.0	0.30	0.1	0.35	0.0
	3	0.34	0.1	0.16	0.1	0.23	0.1
	4	0.16	0.1	0.21	0.1	0.06	0.1
	10	0.17	0.1	0.21	0.1	0.11	0.0
	20	0.26	0.1	0.20	0.1	0.08	0.1
	30	0.18	0.1	0.06	0.1	0.33	0.0
	40	0.22	0.0	0.23	0.1	0.12	0.0
	50	0.21	0.0	0.08	0.1	0.08	0.1
Roja	70	0.46	0.2	0.46	0.1	0.21	0.0
	90	0.52	0.5	0.40	0.3	0.50	0.1
	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
	1	2.33	0.3	1.07	0.4	0.48	0.1
	2	0.57	0.2	0.17	0.1	0.11	0.1
	3	0.33	0.1	0.50	0.5	0.09	0.0
	4	0.27	0.1	0.13	0.1	0.06	0.0
	10	0.02	0.1	0.37	0.3	0.06	0.1
	20	0.03	0.1	0.20	0.3	0.13	0.1
	30	0.02	0.1	0.13	0.1	0.10	0.0
Blanca	40	0.03	0.3	0.20	0.2	0.13	0.0
	50	0.03	0.1	0.30	0.3	0.04	0.0
	70	0.30	0.2	0.27	0.1	0.11	0.0
	90	0.00	0.0	0.10	0.1	0.17	0.0

3	0.17	0.1	0.09	0.1	0.17	0.1	0.14	0.0	0.10	0.0	0.03	0.0
4	0.20	0.2	0.17	0.1	0.13	0.1	0.13	0.1	0.18	0.1	0.11	0.1
10	0.04	0.0	0.10	0.1	0.14	0.1	0.03	0.0	0.24	0.2	0.18	0.0
20	0.14	0.0	0.23	0.1	0.23	0.0	0.30	0.1	0.27	0.0	0.17	0.0
30	0.28	0.0	0.24	0.0	0.24	0.0	0.07	0.1	0.51	0.3	0.20	0.1
40	0.16	0.1	0.20	0.1	0.26	0.0	0.30	0.1	0.18	0.0	0.21	0.1
50	0.30	0.0	0.07	0.0	0.26	0.0	0.17	0.1	0.44	0.2	0.14	0.1
70	0.07	0.0	0.26	0.0	0.18	0.0	0.20	0.1	0.57	0.1	0.16	0.1
90	0.07	0.1	0.08	0.1	0.21	0.0	0.06	0.0	0.13	0.1	0.16	0.0

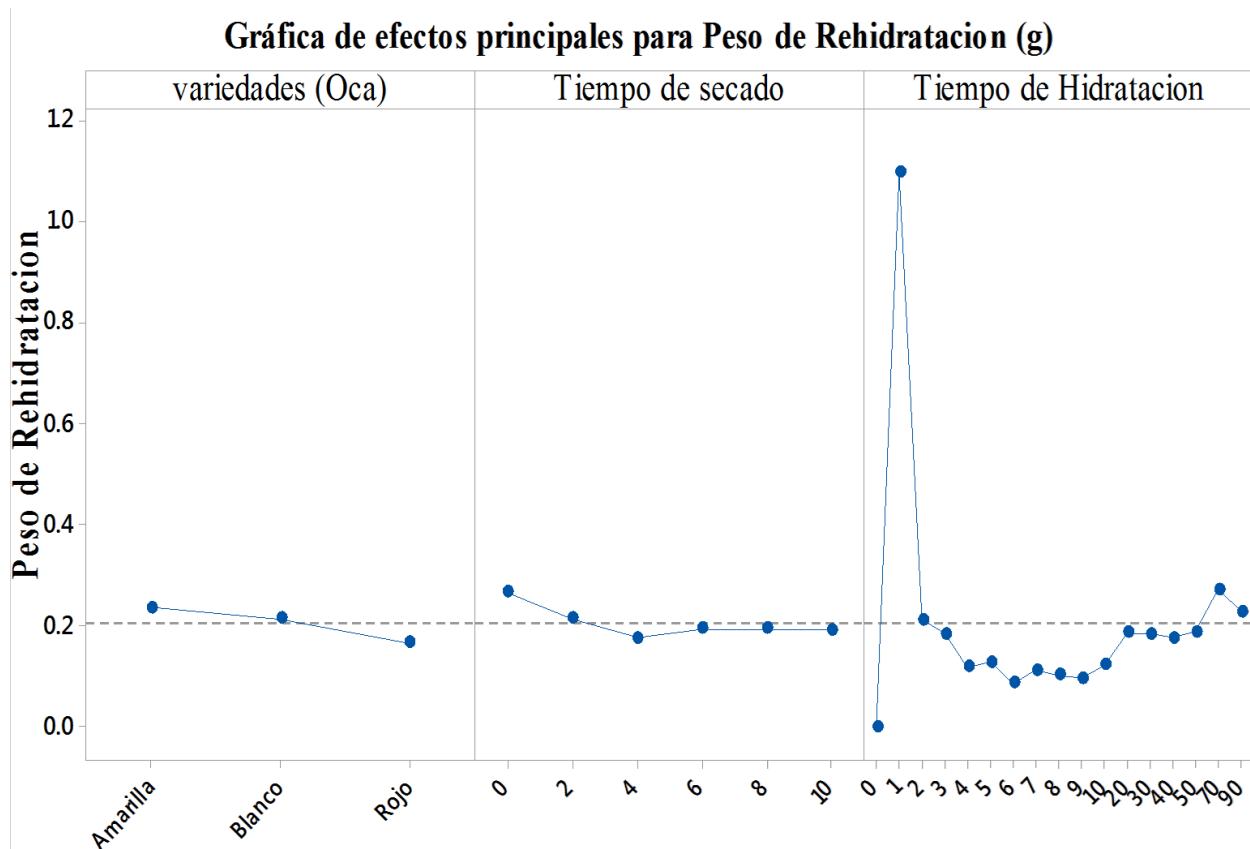
Los resultados encontrados para la rehidratación de la K’aya de Oca para las tres variades encontradas son mayores a los reportados por Yungán et al., (2024) con valores de absorción de 3,54 ml/g. En la figura 8 se observa que la variedad amarilla de la K’aya de Oca, que no fue expuesta al secado al sol, alcanzó mayores valores tras un minuto de rehidratación.

Según Krokida & Philippopoulos, (2007) la rehidratación, esta está ligada a la absorción de agua y la temperatura aplicada, las cuales dependen de las propiedades estructurales y el comportamiento viscoelástico del producto. Del mismo modo Berton et al., (2002), reafirme que la capacidad de las harinas para hidratarse no es un valor absoluto, sino que varía según las condiciones en las que se realiza la medición.

Para Krokida & Kouris, (2003) la velocidad de rehidratación no solo estaría influenciada por la temperatura, si no que el contenido de humedad en equilibrio estaría actuando de manera positiva. El tiempo del proceso de rehidratación es afectada por la microestructura resultante del tratamiento, donde una mayor porosidad genera una reducción del tiempo de rehidratación, (Aravindakshan et al., 2021).

Figura 11

Gráfica de Efectos principales en la para el tiempo de Rehidratación



Nota: Gráfica de efectos principales para el peso de rehidratación (g) según variedades de oca, tiempo de secado y tiempo de rehidratación. Elaboración propia a partir de los resultados experimentales (2025).

La Figura 8 muestra la gráfica de efectos principales para el peso de rehidratación (g) de las diferentes variedades de oca (amarilla, blanca y roja) en función del tiempo de secado y tiempo de rehidratación. Se observa que las variedades presentan ligeras diferencias en el peso de rehidratación, siendo la oca amarilla la que alcanza valores ligeramente superiores. En cuanto al tiempo de secado, las variaciones son mínimas, lo que indica que este factor ejerce un efecto poco significativo sobre la rehidratación. Sin embargo, el tiempo de rehidratación muestra un comportamiento marcado, con un incremento notable del peso en un punto específico, lo que sugiere una mayor absorción de agua en ese intervalo.

CONCLUSIONES

- El tiempo de soleado y variedades de oca reduce significativamente el contenido de ácido oxálico. Los valores iniciales de las variedades oscilaron entre 0.059% y 0.060% al inicio de soleado, durante el proceso de soleado disminuyeron el contenido de ácido oxálico a rangos de 0.051% y 0.057% durante 10 días de soleado, evidenciando una disminución efectiva del compuesto antinutricional. La variedad blanca presentó la mayor reducción de 0.057% a 0.051%, seguida de la amarilla 0.059% a 0.054% y la roja 0.060% a 0.057%. Esto confirma que el tiempo de soleado y la variedad influyen de manera conjunta en la reducción de ácido oxálico.
- La capacidad antioxidante se incrementa con el tiempo de soleado, especialmente en la variedad amarilla. En estado fresco a inicio de soleado, la capacidad antioxidante presentó valores aproximados entre 3.80 y 4.20 $\mu\text{mol Trolox/g}$. Tras el procesamiento de k'aya durante 8 días de soleado se observó un incremento significativo, alcanzando hasta 6.34 $\mu\text{mol Trolox/g}$ k'aya variedad amarilla, 5.03 $\mu\text{mol Trolox/g}$, k'aya variedad blanca y 4.58 $\mu\text{mol Trolox/g}$ k'aya variedad roja. Esto demuestra que la exposición solar favorece la concentración o activación de compuestos bioactivos, y que la variedad amarilla muestra la mejor respuesta antioxidante. La vitamina C, durante el proceso de soleado a inicio las variedades fueron entre 15.61, 18.20 y 15.81 mg/g. Después en el procesamiento de k'aya a 10 días de soleado, la vitamina C incremento en la variedad amarilla de 18.20 a 19.62 mg/g y en la variedad roja de 15.81 a 16.49 mg/g. Por el contrario, en la variedad blanca se observó una ligera disminución de 15.61 a 15.44 mg/g, indicando que la respuesta al soleado no es uniforme. Esto evidencia que la actividad vitamínica depende tanto de la pigmentación como de la estructura fisiológica de cada variedad.
- Los sólidos solubles totales incrementan en todas las variedades tras el tiempo de soleado de las variedades de oca, fluctuaron entre 1.80% y 1.90%, mientras que después del soleado incrementaron hasta 2.10% en las variedades amarilla y roja; la variedad blanca fue de 2.35%. Este incremento directo valida el efecto endulzante tradicionalmente asociado al proceso de soleado y confirma que el tratamiento favorece la concentración de azúcares simples, cumpliendo el tercer objetivo específico en su componente fisicoquímico. En cuanto a la rehidratación, se observó que las muestras con menor tiempo de soleado presentaron mayor velocidad de absorción de agua.

SUGERENCIAS

- Examine el impacto del clima soleado y la variedad de oca en diversos atributos nutricionales, funcionales y sensoriales de la K'aya, más allá de los parámetros evaluados en esta investigación (como el ácido oxálico, la vitamina C, los sólidos totales, la tasa de rehidratación y la capacidad antioxidante).
- Investigue los mecanismos específicos a través de los cuales el proceso de exposición al sol afecta la reducción de los niveles de ácido oxálico y el aumento de la capacidad antioxidante en la K'aya de Oca.
- Explore metodologías alternativas de soleado y procesamiento, además de la exposición al sol, para evaluar su influencia en las características nutricionales y funcionales de la K'aya de Oca. Compare la eficacia de la exposición solar con otras técnicas de conservación (como el soleado con aire caliente o la liofilización) para preservar los compuestos bioactivos y las cualidades antioxidantes.
- Realice investigaciones sobre la longevidad y estabilidad de la K'aya de Oca tratada al sol, controlando las alteraciones de sus atributos durante el almacenamiento. Analice también el atractivo sensorial y las preferencias de los consumidores por la K'aya de Oca procesada y sometida a diferentes períodos de exposición solar, según la variedad.
- Explore la viabilidad de incorporar la K'aya de Oca tratada al sol en la producción de alimentos funcionales, aprovechando sus propiedades nutricionales y antioxidantes.
- Realice una evaluación económica y de viabilidad para la fabricación a gran escala de K'aya de Oca procesada al sol, considerando las ventajas nutricionales y funcionales obtenidas.
- Investigue la posibilidad de combinar la exposición al sol con otras metodologías (como vacío u ósmosis) para mejorar aún más las cualidades de la K'aya de Oca.
- Evalúe cómo influye la exposición solar y la variedad de oca en la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los bio-compuestos funcionales presentes en la K'aya de Oca.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Velásquez, J. (2019). *Propiedades funcionales y fisicoquímicas de la oca (Oxalis tuberosa Mol.)*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Antay, M., & Ramos, C. (2017). Efecto de la exposición solar y almacenamiento en el contenido de ácido oxálico y azúcares reductores en tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 9(2), 45–53.
- Araujo Condori, J. (2012). *Análisis fitoquímico y nutricional de tres variedades de oca (Oxalis tuberosa Mol.) en Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Arotoma Barrientos, E. (2022). Compuestos bioactivos en tubérculos andinos. *Revista Peruana de Nutrición*, 76(1), 23–32.
- Badui, S. (2015). *Química de los alimentos* (5.^a ed.). Pearson Educación.
- Benítez, G., Quispe, M., & Zúñiga, A. (2021). Capacidad antioxidante de frutas y hortalizas andinas. *Journal of Food Science Research*, 12(3), 215–224. <https://doi.org/10.1234/jfsr.2021.56>
- Bernabé, R., & Cancho, L. (2017). Caracterización física, química y funcional de la k'aya de oca y harina de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) variedad flava. *Revista Agroindustrial y Alimentaria*, 15(2), 65–74.
- Ccanto Quispe, L. (2022). *Influencia del tiempo de soleado sobre la concentración de capacidad antioxidante y vitamina C de oca (Oxalis tuberosa Mol.)* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Huancavelica.
- Cabrera, L., Huamán, J., & Flores, P. (2015). Vitamina C en tubérculos andinos: variabilidad y conservación. *Revista Peruana de Ciencia de los Alimentos*, 8(1), 43–51.
- Cáceres, J., & Valerio, S. (2021). Niveles de ácido oxálico y azúcares reductores en dos variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) de Cajamarca. *Revista de Agroindustria y Ciencia de los Alimentos*, 13(2), 89–97.

- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., & Roca, W. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: Native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), and ulluco (*Ullucus tuberosus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481–1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Carrasco, S., Quispe, M., & Nina, E. (2003). Procesamiento ancestral de la k'aya de oca en comunidades altoandinas. *Revista Andina de Tecnología de Alimentos*, 5(1), 15–23.
- Castañeta, H., Huamán, P., & Zárate, L. (2022). Incremento de sólidos solubles en tubérculos de oca durante la exposición solar. *Revista Agroindustrial Peruana*, 14(1), 55–64.
- Chuquelin, M., Pérez, L., & Gutiérrez, A. (2021). Propiedades nutricionales y funcionales de la oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). *Revista de Agroalimentaria y Salud*, 9(2), 73–82.
- Enríquez, A., & Mejía, J. (2012). Rehidratación de la harina de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). *Revista de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 32–41.
- Escarcena, R., Luque, O., Pampa, N., Quille, L., & Choque, T. (2022). Evaluación del procesamiento de la k'aya de oca en condiciones controladas. *Revista de Innovación y Tecnología Alimentaria*, 5(2), 55–67. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324106>
- Fairlie, M. (2022). *Bioquímica de los alimentos funcionales*. Fondo Editorial PUCP.
- Fennema, O. (2009). *Química de los alimentos* (4.^a ed.). Editorial Acribia.
- Guarniz, P. M. (2018). *Evaluación de la aceptabilidad del pan elaborado con harina de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*)* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias.
- Gutiérrez, L., & García, C. (2018). Procesamiento tradicional de la k'aya de oca en el altiplano peruano. *Revista Peruana de Agroindustria*, 20(3), 145–152.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1), 1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>

Kader, A. A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11), 1863–1868. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3293>

Luque, O., Escarcena, R., Quille, L., & Choque, T. (2023). Efecto del tiempo de soleado sobre el ácido oxálico y la capacidad antioxidante en oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). *Revista Andina de Ciencia y Tecnología*, 15(2), 101–112. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5252324107>

Machado, R., Vega, C., & Ramírez, F. (1999). Factores que afectan la rehidratación de productos deshidratados. *Journal of Food Engineering*, 41(3), 123–131. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00013-2)

Mamani-Gamarra, J., Callo, M., & Huamán, E. (2021). Propiedades fisicoquímicas de tubérculos andinos y sus implicancias nutricionales. *Revista Peruana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 77–88.

Manterola, C., & Tamara, V. (2013). Estudios observacionales: los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. *Revista Médica de Chile*, 141(3), 314–321. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013000300009>

Massey, L. K. (2003). Dietary influences on urinary oxalate and risk of kidney stones. *Frontiers in Bioscience*, 8, 584–594. <https://doi.org/10.2741/1045>

Morillo, P., & Leguizamo, M. (2019). La oca (*Oxalis tuberosa Mol.*): importancia, variedades y usos tradicionales. *Revista Agroalimentaria Latinoamericana*, 25(2), 112–121.

Muñoz, V., Sánchez, P., & Rojas, E. (2007). Compuestos fenólicos como antioxidantes naturales. *Revista Colombiana de Química de los Alimentos*, 16(1), 45–53.

Nasaka, P., Yagi, F., & Okuda, T. (2022). Oxalate content in edible plants and its implications for human health. *Food Chemistry*, 390, 133200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133200>

- Nina, R. (2018). *Almacenamiento tradicional de la k'aya de oca en comunidades altoandinas*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Núñez, C., Flores, P., & Ramos, A. (2014). Características morfológicas de la oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) en zonas altoandinas. *Revista de Botánica Andina*, 10(2), 57–65.
- Massey (2003) Ore, P., Escarcena, R., & Luque, O. (2022). Bebida funcional a base de tallo de oca (*Oxalis tuberosa*) y jugo de laqa-laqa (*Gaultheria glomerata*). *Revista de Investigación en Agroindustria*, 14(3), 66–74.
- Ore Oroche, J. (2018). *Estudio de la demanda de oca (Oxalis tuberosa Mol.) en el mercado regional de Huancavelica* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Huancavelica.
- Palate, D. (2012). *Efecto de la temperatura y el tiempo sobre las propiedades físicas y químicas de la oca (Oxalis tuberosa) durante su maduración*. Universidad Técnica de Ambato.
- Pérez, M. (2019). *Influencia de la temperatura y tiempo de secado en el contenido de antioxidantes y vitamina C en harina de oca*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Rubio, J., & Ortiz, C. (2019). Uso de harina de ibia (*Oxalis tuberosa Mol.*) en galletas como sustituto de la harina de trigo. *Revista Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 11(2), 25–33.
- Torres, R., & Torrico, J. (2004). Variedades de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) y su caracterización. *Revista Boliviana de Agronomía*, 7(1), 15–26.
- Toapanta, G. (2023). *Valor nutricional de la oca (Oxalis tuberosa) y sus derivados*. Universidad Central del Ecuador.
- Vega, C., Ramírez, F., & Machado, R. (2009). Water absorption and textural properties of rehydrated tubers. *Drying Technology*, 27(6), 1105–1112.
<https://doi.org/10.1080/07373930902904615>
- Villacrés, E., Gómez, R., & Paredes, P. (2000). Cambios en los azúcares totales de la oca durante el soleado. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 4(2), 37–42.

Yenque, R., Flores, V., & Choque, H. (2007). Producción de oca en Cusco y sus propiedades fisicoquímicas. *Revista Andina de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 3(1), 55–63.

Yungan, P., Quispe, K., & Ramos, M. (2020). Propiedades de la harina de oca en productos cárnicos de alta calidad. *Revista Ecuatoriana de Agroindustria*, 12(1), 77–85.

APENDICE

Apéndice 1. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿Las propiedades funcionales y las características fisicoquímicas serán constantes en cada variedad de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>), al someterse a tiempo de soleado, congelado y secado a temperatura ambiente?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>1.- ¿Cuál será la influencia de la variedad y el tiempo de soleado en la propiedad química del contenido del ácido oxálico en la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>)?</p> <p>2.- ¿Cuál será la influencia de la variedad y tiempo de soleado en las propiedades funcionales de acción anti-oxidante y vitamina C, de la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>)?</p> <p>3.- ¿Como influye de la variedad y tiempo de soleado en la propiedad física de sólidos totales y rehidratación de la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>)?</p>	<p>Objetivo General Evaluar las propiedades funcionales, y características fisico-químicas en distintas variedades y tiempos de soleado, al obtener k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>), a temperatura ambiente.</p> <p>Objetivos Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.-Determinar cómo influye la variedad y tiempo de soleado en el contenido de ácido oxálico en la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>). 2.-Determinar cómo influye la variedad y el tiempo de soleado en la capacidad antioxidante y en el contenido de Vitamina C en k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>). 3.- Determinar la influencia de la variedad y tiempo de soleado sobre los sólidos totales y la rehidratación en la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>). 	<p>Hipótesis general Las propiedades funcionales y las características físico-químicas de la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>) dependerán de la variedad y el tiempo de exposición al sol durante su proceso de obtención a temperatura ambiente.</p> <p>➤ Hipótesis específicas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La influencia de la variedad y el tiempo de exposición al sol afectará de manera diferenciada el contenido de ácido oxálico en la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>). 2. La variedad y el tiempo de exposición al sol influirán de manera diferenciada en la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C de la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>). 3. La variedad y el tiempo de exposición al sol influirán de manera diferenciada en los sólidos solubles totales y en la capacidad de rehidratación de la k'aya de oca (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>). 	<p>Variable independiente</p> <p>1.- Variedades de oca Amarilla, Roja, Blanca</p> <p>2.- Tiempo de soleado (0-2-4-6-8-10) días.</p> <p>Variable dependiente</p> <p>1.-Propiedades funcionales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Vitamina C ➤ Capacidad antioxidantante <p>2.-Componentes físicos y químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ácido Oxálico ➤ Sólidos totales ➤ Velocidad de rehidratación 	<p>Tipo de investigación En esta investigación se empleó estadística descriptiva, específicamente la desviación estándar, para el análisis de las variables del estudio.</p> <p>Diseño de la investigación En la investigación se utilizó un diseño de estadístico de regresión lineal múltiple</p>

APENDICE 02

DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL PROCESO DE SOLEADO Y CONGELADO.

Apéndice 2.1. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 a.m., 12 pm. y 4:00 p.m. de 02 días de soleado.

2 DIAS DE SOLEADO DE OCA			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 a. m.	17.9°C	34%
	12:00 p. m.	28.3°C	27%
	4:00 p. m.	34.7°C	35%
Grupo Flavas AMARILLA	8:00 p. m.	17.9°C	33%
	12:00 a. m.	28.3°C	34%
	4:00 a. m.	34.7°C	34%
Grupo Roseo violáceas BLANCA	8:00 a. m.	17.9°C	35%
	12:00 p. m.	28.3°C	35%
	4:00 p. m.	34.7°C	36%

Apéndice 2.2. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 a.m., 12 pm. y 4:00 p.m. 04 días de soleado.

4 DIAS DE SOLEADO DE OCA			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 a. m.	24.1°C	27%
	12:00 p. m.	30.4°C	32%
	4:00 p. m.	36.7°C	36%
Grupo Flavas AMARILLA	8:00 p. m.	24.1°C	27%
	12:00 a. m.	30.4°C	32%
	4:00 a. m.	36.7°C	36%
Grupo Roseo violáceas BLANCA	8:00 a. m.	24.1°C	27%
	12:00 p. m.	30.4°C	32%
	4:00 p. m.	36.7°C	27%

Apéndice 2.3. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 a.m., 12 pm. y 4:00 p.m. 06 días de soleado.

6 DIAS DE SOLEADO DE OCA			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 a. m.	20.3°C	34%
	12:00 p. m.	33.7°C	24%
	4:00 p. m.	38.9°C	26%
	8:00 p. m.	20.3°C	34%

Grupo Flavas	12:00 a. m.	33.7°C	24%
AMARILLA	4:00 a. m.	38.9°C	26%
Grupo Roseo violáceas	8:00 a. m.	20.3°C	34%
BLANCA	12:00 p. m.	33.7°C	24%
	4:00 p. m.	38.9°C	26%

Apéndice 2.4. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 a.m., 12 pm. y 4:00 p.m. 08 días de soleado.

8 DIAS DE SOLEADO DE OCA			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 a. m.	20.5°C	31%
	12:00 p. m.	38.7°C	26%
	4:00 p. m.	37.9°C	24%
Grupo Flavas	8:00 p. m.	20.5°C	31%
	12:00 a. m.	38.7°C	26%
	4:00 a. m.	37.9°C	24%
Grupo Roseo violáceas	8:00 a. m.	20.5°C	31%
	12:00 p. m.	38.7°C	26%
	4:00 p. m.	37.9°C	24%

Apéndice 2.5. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 a.m., 12 pm. y 4:00 p.m. 10 días de soleado.

10 DIAS DE SOLEADO DE OCA			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 a. m.	19.9°C	35%
	12:00 p. m.	38.3°C	27%
	4:00 p. m.	25.7°C	25%
Grupo Flavas	8:00 p. m.	19.9°C	35%
	12:00 a. m.	38.3°C	27%
	4:00 a. m.	25.7°C	25%
Grupo Roseo violáceas	8:00 a. m.	19.9°C	35%
	12:00 p. m.	38.3°C	27%
	4:00 p. m.	25.7°C	35%

Apéndice 2.6. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 p.m., 4:00 a.m. y 5:00 a.m. de 01 noche de congelado.

CONGELADO DE LA PRIMERA NOCHE			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 p. m.	-5.8°C	19%
	4:00 a. m.	-7.2°C	37%
	5:00 a. m.	-7.9°C	37%
Grupo Flavas AMARILLA	8:00 p. m.	-5.8°C	19%
	4:00 a. m.	-7.2°C	37%
	5:00 a. m.	-7.9°C	37%
Grupo Roseo violáceas BLANCA	8:00 p. m.	-5.8°C	19%
	4:00 a. m.	-7.2°C	37%
	5:00 a. m.	-7.9°C	37%

Apéndice 2.7. lectura de temperatura y humedad relativa a las 8:00 p.m., 4:00 a.m. y 5:00 a.m. de 01 noche de congelado.

CONGELADO DE L SEGUNDO NOCHE			
VARIEDAD DE OCA	HORA	TEMPERATURA(T°)	HUMEDAD RELATIVA(HR%)
Grupo Albas ROJA	8:00 p. m.	6.8°C	20%
	4:00 a. m.	-6.2°C	38%
	5:00 a. m.	-6.9°C	38%
Grupo Flavas AMARILLA	8:00 p. m.	6.8°C	20%
	4:00 a. m.	-6.2°C	38%
	5:00 a. m.	-6.9°C	38%
Grupo Roseo violáceas BLANCA	8:00 p. m.	-6.8°C	20%
	4:00 a. m.	-6.2°C	38%
	5:00 a. m.	-6.9°C	38%

APENDICE 03

**DATOS DE ÁCIDO OXALICO, VITAMINA C, SOLIDOS SOLUBLES TOTALES(°BRIX), VELOCIDAD DE
REHIDRATACION Y CAPACIDAD ANTIOXADANTE**

Apéndice 3.1. Análisis de Varianza para el Contenido de Ácido Oxálico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	0.000099	0.000025	44.14	0.000
Días (soleado)	1	0.000015	0.000015	26.91	0.000
variedades (Oca)	2	0.000043	0.000022	38.65	0.000
Días (soleado)*Días (soleado)	1	0.000004	0.000004	6.73	0.022
Error	13	0.000007	0.000001		
Total	17	0.000107			

Apéndice 3.1.1. Diseño Experimental del Ácido Oxálico

Tratamiento	Numero de replicas	Variedad de oca	Tiempo de soleado (días)	Ácido oxálico %
1	I	O-A	0 días	0.06
2	II	O-A		0.057
3	I	O-A	2 días	0.057
4	II	O-A		0.057
5	I	O-A	4 días	0.057
6	II	O-A		0.054
7	I	O-A	6 días	0.054
8	II	O-A		0.054
9	I	O-A	8 días	0.054
10	II	O-A		0.051
11	I	O-A	10 días	0.054
12	II	O-A		0.054
13	I	O-R	0 días	0.06
14	II	O-R		0.06
15	I	O-R	2 días	0.06
16	II	O-R		0.057
17	I	O-R	4 días	0.06
18	II	O-R		0.057
19	I	O-R	6 días	0.057
20	II	O-R		0.057
21	I	O-R	8 días	0.057
22	II	O-R		0.054
23	I	O-R	10 días	0.057
24	II	O-R		0.057

25	I	0-B	0 días	0.057
26	II	0-B		0.057
27	I	0-B	2 días	0.055
28	II	0-B		0.057
29	I	0-B	4 días	0.054
30	II	0-B		0.054
31	I	0-B	6 días	0.052
32	II	0-B		0.054
33	I	0-B	8 días	0.055
34	II	0-B		0.051
35	I	0-B	10 días	0.052
36	II	0-B		0.051

Apéndice 3.2. Análisis de Varianza para el Contenido de Vitamina C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	44.1241	11.0310	103.70	0.000
Días (soleado)	1	0.0139	0.0139	0.13	0.724
variedades (Oca)	2	43.1079	21.5539	202.62	0.000
Días (soleado)*Días (soleado)	1	0.0281	0.0281	0.26	0.616
Error	13	1.3829	0.1064		
Total	17	45.5070			

Apéndice 3.2.1. Diseño Experimental de Vitamina C.

Tratamiento	Numero de replicas	Variedad de oca	Tiempo de soleado (días)	Vitamina c (mg/g)
1	I	O-A	0 DIAS	18.19
2	II	O-A		18.20
3	I	O-A	2 DIAS	18.59
4	II	O-A		18.58
5	I	O-A	4 DIAS	18.49
6	II	O-A		18.45
7	I	O-A	6 DIAS	19.09
8	II	O-A		19.10
9	I	O-A	8 DIAS	19.52
10	II	O-A		19.50
11	I	O-A	10 DIAS	19.67

12	II	O-A		19.56
13	I	O-R	0 DIAS	15.76
14	II	O-R		15.86
15	I	O-R	2 DIAS	16.05
16	II	O-R		16.07
17	I	O-R	4 DIAS	16.45
18	II	O-R		16.46
19	I	O-R	6 DIAS	16.34
20	II	O-R		16.37
21	I	O-R	8 DIAS	16.58
22	II	O-R		16.52
23	I	O-R	10 DIAS	16.48
24	II	O-R		16.50
25	I	0-B	0 DIAS	15.62
26	II	0-B		15.60
27	I	0-B	2 DIAS	15.06
28	II	0-B		15.08
29	I	0-B	4 DIAS	15.10
30	II	0-B		15.10
31	I	0-B	6 DIAS	15.11
32	II	0-B		15.09
33	I	0-B	8 DIAS	15.08
34	II	0-B		15.05
35	I	0-B	10 DIAS	15.45
36	II	0-B		15.43

Apéndice 3.3. Análisis de Varianza para el Contenido de Solidos Solubles Totales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	1.6769	0.41922	6.27	0.005
Días (soleado)	1	0.5829	0.58286	8.72	0.011
variedades (Oca)	2	0.9675	0.48375	7.23	0.008
Días (soleado)*Días (soleado)	1	0.4008	0.40080	5.99	0.029
Error	13	0.8694	0.06687		
Total	17	2.5462			

Apéndice 3.3.1. Diseño Experimental de Solidos Solubles Totales.

Tratamiento	Numero de replicas	Variedad de oca	Tiempo de soleado (días)	Solidos solubles totales (°Brix)
1	I	O-A	0 DIAS	1.9 °brix
2	II	O-A		1.9 °brix
3	I	O-A	2 DIAS	1.8 °brix
4	II	O-A		1.8 °brix
5	I	O-A	4 DIAS	1.9 °brix
6	II	O-A		1.8 °brix
7	I	O-A	6 DIAS	2.0 °brix
8	II	O-A		2.3 °brix
9	I	O-A	8 DIAS	2.3 °brix
10	II	O-A		2.4 °brix
11	I	O-A	10 DIAS	2.1 °brix
12	II	O-A		2.1 °brix
13	I	O-R	0 DIAS	1.8 ° brix
14	II	O-R		1.8 °brix
15	I	O-R	2 DIAS	2.8 °brix
16	II	O-R		2.8 °brix
17	I	O-R	4 DIAS	2.9 °brix
18	II	O-R		2.9 °brix
19	I	O-R	6 DIAS	2.8 ° brix
20	II	O-R		2.8 ° brix
21	I	O-R	8 DIAS	2.9 °brix
22	II	O-R		2.9 °brix
23	I	O-R	10 DIAS	2.1 °brix
24	II	O-R		2.1 °brix
25	I	0-B	0 DIAS	1.8 °brix
26	II	0-B		1.8 °brix
27	I	0-B	2 DIAS	1.9 °brix
28	II	0-B		1.9 °brix

29	I	0-B	4 DIAS	2.3 °brix
30	II	0-B		2.2 °brix
31	I	0-B	6 DIAS	2.1 °brix
32	II	0-B		2.2 °brix
33	I	0-B	8 DIAS	2.2 °brix
34	II	0-B		2.1 °brix
35	I	0-B	10 DIAS	2.3 °brix
36	II	0-B		2.4 °brix

Apéndice 3.4. Análisis de Varianza para la Rehidratación

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
variedades (Oca)	2	0.2493	0.12466	8.05	0.000
Tiempo de secado	5	0.2602	0.05204	3.36	0.007
Tiempo de Rehidratación	16	16.4463	1.02789	66.36	0.000
variedades (Oca)*Tiempo de secado	10	0.5321	0.05321	3.43	0.000
variedades (Oca)*Tiempo de rehidratación	32	0.6153	0.01923	1.24	0.193
Tiempo de secado*Tiempo de rehidratación	80	2.1004	0.02626	1.69	0.003
Error	160	2.4784	0.01549		
Total	305	22.6819			

Apéndice 3.4.1 Datos de la Rehidratación para la Variada Amarilla

Tiempo de Rehidratación	variedad Amarilla									
	0	2	4	6	8	10				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1	1.43	0.33	0.98	0.27	1.13	0.28	1.69	0.01	0.88	0.31
2	0.43	0.00	0.30	0.07	0.35	0.04	0.13	0.04	0.09	0.06
3	0.34	0.06	0.16	0.10	0.23	0.09	0.25	0.04	0.27	0.01
4	0.16	0.13	0.21	0.13	0.06	0.09	0.06	0.02	0.01	0.09
5	0.17	0.03	0.11	0.03	0.09	0.03	0.06	0.05	0.06	0.00
6	0.14	0.03	0.13	0.10	0.13	0.01	0.13	0.01	0.03	0.03
7	0.17	0.03	0.18	0.01	0.10	0.04	0.14	0.09	0.01	0.11

8	0.03	0.03	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.03	0.03	0.17	0.03
9	0.20	0.03	0.20	0.17	0.07	0.04	0.07	0.06	0.11	0.06	0.13	0.04
10	0.17	0.06	0.21	0.10	0.11	0.01	0.14	0.03	0.05	0.01	0.21	0.16
20	0.26	0.11	0.20	0.08	0.08	0.06	0.15	0.02	0.13	0.11	0.25	0.23
30	0.18	0.06	0.06	0.07	0.33	0.03	0.16	0.16	0.03	0.01	0.43	0.31
40	0.22	0.05	0.23	0.06	0.12	0.00	0.10	0.06	0.13	0.02	0.30	0.03
50	0.21	0.05	0.08	0.06	0.08	0.08	0.28	0.05	0.06	0.03	0.41	0.35
70	0.46	0.16	0.46	0.05	0.21	0.02	0.46	0.17	0.15	0.03	0.47	0.32
90	0.52	0.47	0.40	0.34	0.50	0.13	0.44	0.52	0.35	0.13	0.15	0.15

Apéndice 3.4.2. Datos de la Rehidratación para la Variada Roja

Tiempo de rehidratación	Variedad Roja											
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
1	2.33	0.3	1.07	0.4	0.48	0.1	0.50	0.1	0.61	0.1	0.62	0.4
2	0.57	0.2	0.17	0.1	0.11	0.1	0.14	0.0	0.13	0.0	0.07	0.1
3	0.33	0.1	0.50	0.5	0.09	0.0	0.13	0.0	0.10	0.0	0.03	0.0
4	0.27	0.1	0.13	0.1	0.06	0.0	0.01	0.0	0.09	0.0	0.03	0.0
5	0.37	0.2	0.07	0.1	0.03	0.0	0.13	0.0	0.09	0.1	0.11	0.0
6	0.07	0.1	0.07	0.1	0.07	0.0	0.01	0.0	0.09	0.1	0.07	0.0
7	0.07	0.1	0.10	0.1	0.07	0.0	0.06	0.1	0.07	0.0	0.00	0.0
8	0.13	0.1	0.10	0.0	0.03	0.0	0.06	0.0	0.06	0.0	0.06	0.1
9	0.07	0.1	0.13	0.1	0.00	0.0	0.06	0.0	0.13	0.0	0.01	0.0
10	0.02	0.1	0.37	0.3	0.06	0.1	0.04	0.0	0.03	0.0	0.03	0.0
20	0.03	0.1	0.20	0.3	0.13	0.1	0.20	0.0	0.23	0.1	0.17	0.1
30	0.02	0.1	0.13	0.1	0.10	0.0	0.10	0.1	0.10	0.0	0.14	0.0
40	0.03	0.3	0.20	0.2	0.13	0.0	0.11	0.0	0.23	0.0	0.07	0.1
50	0.03	0.1	0.30	0.3	0.04	0.0	0.14	0.0	0.14	0.0	0.23	0.1
70	0.30	0.2	0.27	0.1	0.11	0.0	0.23	0.1	0.20	0.1	0.13	0.1
90	0.00	0.0	0.10	0.1	0.17	0.0	0.27	0.1	0.24	0.0	0.26	0.0

Apéndice 3.4.3. Datos de la Rehidratación para la Variada Blanca

Tiempo de rehidratación	Variedad Blanca											
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
1	1.53	0.3	0.89	0.1	0.94	0.2	1.30	0.3	1.11	0.1	1.12	0.1
2	0.21	0.0	0.09	0.1	0.14	0.0	0.16	0.0	0.28	0.1	0.31	0.1
3	0.17	0.1	0.09	0.1	0.17	0.1	0.14	0.0	0.10	0.0	0.03	0.0
4	0.20	0.2	0.17	0.1	0.13	0.1	0.13	0.1	0.18	0.1	0.11	0.1
5	0.14	0.0	0.14	0.0	0.20	0.0	0.16	0.0	0.10	0.1	0.10	0.1
6	0.08	0.1	0.11	0.0	0.04	0.0	0.03	0.0	0.14	0.1	0.11	0.1
7	0.24	0.0	0.06	0.1	0.10	0.0	0.13	0.1	0.30	0.1	0.09	0.0
8	0.18	0.1	0.11	0.1	0.23	0.1	0.06	0.1	0.21	0.0	0.07	0.0
9	0.00	0.0	0.09	0.0	0.11	0.1	0.09	0.0	0.14	0.1	0.10	0.0
10	0.04	0.0	0.10	0.1	0.14	0.1	0.03	0.0	0.24	0.2	0.18	0.0
20	0.14	0.0	0.23	0.1	0.23	0.0	0.30	0.1	0.27	0.0	0.17	0.0
30	0.28	0.0	0.24	0.0	0.24	0.0	0.07	0.1	0.51	0.3	0.20	0.1
40	0.16	0.1	0.20	0.1	0.26	0.0	0.30	0.1	0.18	0.0	0.21	0.1
50	0.30	0.0	0.07	0.0	0.26	0.0	0.17	0.1	0.44	0.2	0.14	0.1
70	0.07	0.0	0.26	0.0	0.18	0.0	0.20	0.1	0.57	0.1	0.16	0.1
90	0.07	0.1	0.08	0.1	0.21	0.0	0.06	0.0	0.13	0.1	0.16	0.0

Apéndice 3.5. Diseño Experimental de Capacidad Antioxidante

Tratamiento	Numero de replicas	Variedad de oca	Tiempo de soleado (días)	Capacidad antioxidante (u Trolox/g)
9	I	O-A	8 días	6.32
10	II	O-A		6.35
21	I	O-R	8 días	4.85
22	II	O-R		4.85
33	I	O-B	8 días	5.05
34	II	O-B		5.01

APENDICE 04

RESULTADOS, PROMEDIOS Y DESVIACION ESTANDAR DE ÁCIDO OXALICO Y VITAMINA C.

Apéndice 4.1. Resultado, promedio y desviación Estándar del contenido ácido oxálicos

	variedad de K'aya	tiempo de soleado	% Ácido oxálico	replicas	PROMEDIO	DESV ESTAND R
1	K'AYA AMARILLA A	0 días	0.060	I	0.059	0.002
			0.057	II		
		2 días	0.057	I	0.057	0.000
			0.057	II		
		4 días	0.057	I	0.055	0.002
			0.054	II		
		6 días	0.054	I	0.054	0.000
			0.054	II		
		8 días	0.054	I	0.052	0.002
			0.051	II		
2	K'AYA ROJA	0 días	0.060	I	0.060	0.000
			0.060	II		
		2 días	0.060	I	0.059	0.002
			0.057	II		
		4 días	0.060	I	0.059	0.002
			0.057	II		
		6 días	0.057	I	0.057	0.000
			0.057	II		
		8 días	0.057	I	0.055	0.002
			0.054	II		
3	K'AYA BLANCA	0 días	0.057	I	0.057	0.000
			0.057	II		
		2 días	0.055	I	0.056	0.001
			0.057	II		
		4 días	0.054	I	0.054	0.000
			0.054	II		
		6 días	0.052	I	0.053	0.001
			0.054	II		
		8 días	0.055	I	0.053	0.003
			0.051	II		
		10 días	0.052	I	0.051	0.001
			0.051	II		

Apéndice 4.2. Resultado, promedio y desviación Estándar del contenido Capacidad Antioxidante

	variedad de K'aya	tiempo de soleado	Capacidad Antioxidante (umol trolox/g)	replicas	PROMEDIO	DESV ESTNDR
1	K'AYA AMARILLA	8 días	6.32	I	6.34	0.021
			6.35	II		
2	K'AYA ROJA	8 días	4.85	I	4.85	0.000
			4.85	II		
3	K'AYA BLANCA	8 días	5.05	I	5.03	0.028
			5.01	II		

Apéndice 4.3. Resultado, promedio y desviación Estándar del contenido Vitamina C.

	variedad de K'aya	tiempo de soleado	Vitamina c (mg/g)	replicas	DESV ESTANDAR
1	K'AYA AMARILLA	0 días	18.19	I	0.01
			18.20	II	
		2 días	18.59	I	0.01
			18.58	II	
		4 días	18.49	I	0.03
			18.45	II	
		6 días	19.09	I	0.01
			19.10	II	
		8 días	19.52	I	0.01
			19.50	II	
2	K'AYA ROJA	0 días	19.67	I	0.08
			19.56	II	
		2 días	15.76	I	0.07
			15.86	II	
		4 días	16.05	I	0.01
			16.07	II	
			16.45	I	0.01

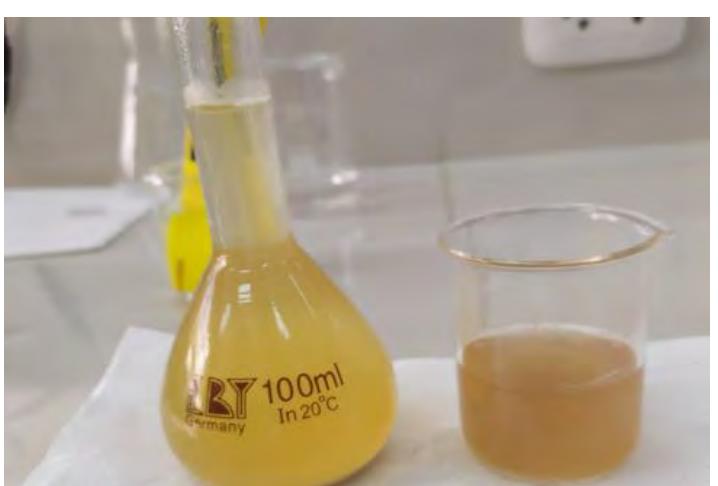
			16.46	II	
		6 días	16.34	I	0.02
			16.37	II	
		8 días	16.58	I	0.04
			16.52	II	
		10 días	16.48	I	0.01
			16.50	II	
3	K'AYA BLANCA	0 días	15.62	I	0.01
			15.60	II	
		2 días	15.06	I	0.01
			15.08	II	
		4 días	15.10	I	0.00
			15.10	II	
		6 días	15.11	I	0.01
			15.09	II	
		8 días	15.08	I	0.02
			15.05	II	
		10 días	15.45	I	0.01
			15.43	II	

APÉNDICE 05

PANEL FOTOGRÁFICO

<p>Fotografía 01: Proceso de pesado y clasificación de Variedades de oca (blanca, roja y amarilla)</p>	<p>Fotografía 02: Proceso de lavado de ocas</p>
<p>Lugar: Procedentes de la Provincia de Espinar. fecha: 15/06/2022</p>	<p>Lugar: Espinar. fecha: 15/06/2022</p>
<p>Fotografía 03: Proceso de Soleado</p>	<p>Fotografía 03: Proceso de Congelado</p>
<p>Lugar: Comunidad Alto Huarca - Espinar. fecha: 16/06/2022 Temperatura: 28 °C y HR: 35%</p>	<p>Lugar: Comunidad Alto Huarca - Espinar. fecha: 26 /06/2022 temperatura: -6°C Y HR: 38%</p>

Fotografía 04: Proceso de Secado	Fotografía 05: Pesado de muestras para su análisis correspondiente
	
Lugar: comunidad alto Huarca - espinar fecha: 29/06/2022	Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. fecha: 20 /12/2022
Fotografía 06: Triturado de k'aya	Fotografía 07: Proceso tamizado de k'aya
	
Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial fecha: 21/12/2022	Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. fecha: 23/12/2022

<p>Fotografía 08: Proceso de pesado de la muestra para la determinación de los componentes de k'aya de oca.</p>	<p>Fotografía 09: proceso de agitado de muestra</p>
 <p>Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial fecha: 15/01/2023</p>	 <p>Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. fecha: 15/01/2023</p>
<p>Fotografía 10: Determinación de ácido oxálico</p>	<p>Fotografía 11: Determinación de ph</p>
 <p>Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial fecha: 15/01/2023</p>	 <p>Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. fecha: 15/01/2023</p>

Fotografía 12: Determinación de vitamina C	Fotografía 13: Proceso de capacidad antioxidante
	
Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial fecha: 18/01/2023	Ingeniería Agroindustrial. fecha: 18/01/2023
Fotografía 14: Determinación de Grados Brix	Fotografía 15: Terminación de velocidad de rehidratación.
	
Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial fecha: 23/01/2023	Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. fecha: 25/01/2023

Fotografía 16: fotografías de laboratorio



Lugar: laboratorio de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

APÉNDICE 06

CERTIFICADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro

Nº 002629

Certificado de Análisis

ASUNTO	: ANALISIS DE VITAMINA C Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE
PROCEDENCIA	: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
INTERESADO	: -ALEX TAYPE MAYNA -OLGER MAQUERA QUISPE
PROYECTO	: "EVALUACION DEL PROCESAMIENTO ANCESTRAL DE K' AYA DE OCA (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>) SOBRE SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES"
MOTIVO	: CONTROL DE CALIDAD
MUESTREO	: 08/01/2024, por el interesado
ANÁLISIS	: 08/01/2024
COD. MUESTRA	: 8009 - 000561

RESULTADOS DE VITAMINA C Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE:

ENSAYO	K' AYA ROJA	K' AYA BLANCA	K' AMARILLO
VITAMINA C mg/g	16.58 16.52	15.08 15.05	19.52 19.64
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE μ trolox/g	4.85 4.85	5.05 5.01	6.32 6.35

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

VITAMINA C: Por titulación visual 2,6 diclorofenol indofenol

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: Amoo, (2001) y Chirinos et al., (2011)

CONCLUSIÓN

Los resultados de Vitamina C y Capacidad Antioxidante estan conformes.

Puno, C.U. 23 de enero del 2024

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ENALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ-NANA - UNA - PUNO



Dr. Teófilo Donaires Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO



DECANO DE LA F.I.Q.
INDUSTRIAL
C.U. 23-01-2024
Laboratorio de Control de Calidad
Facultad de Ingeniería Química

Anexo A:



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 00186

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE OCA FRESCA

SOLICITANTE	: -ALEX TAYPE MAYNA -OLGER MAQUERA QUISPE
PROYECTO DE TESIS	: "EVALUACION DEL PROCEDIMIENTO ANCESTRAL DE K' AYA DE OCA (<i>Oxalis tuberosa Mol</i>) SOBRE SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES"
PROCEDENCIA	: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL - SICUANI - UNSAAC
MOTIVO	: CONTROL DE CALIDAD
MUESTREO	: 02/06/2025, por el interesado
ANÁLISIS	: 02/06/2025
CÓDIGO DE MUESTRA	: B009-000794

RESULTADOS DE ANALISIS DE OCA FRESCA

VARIEDAD DE OCAS	VITAMINA C (mg/g)	% ACIDO OXALICO	°BRIX	CAPACIDAD ANTIOXIDADNTE (u trolox/g)	REPLICAS
OCA	35.4	74.3	6.3	7.8	I
AMARILLA	35.5	74.2	6.3	7.9	II
OCA ROJA	36.7	69.7	7.1	8.84	I
	36.7	69.6	7.1	8.84	II
OCA BLANCA	36.3	72.3	7.2	8.05	I
	36.3	72.3	7.3	8.01	II

METODOS DE ENSAYO:

-Vitamina C: Por 2,6 Diclorofenol indofenol

-Acido oxálico: Por titulación con permanganato de potasio (KMnO₄) después de la precipitación del ácido oxálico

-°Brix: Por Refractómetro o Brixímetro

-Capacidad Antioxidante: Por el Método de ABTS utiliza el radical cromógeno ABTS (color azul-verdoso).

CONCLUSIÓN

Los resultados de los ensayos están conformes.

FECHA DE EMISIÓN: Puno, C.U. 20 de junio del 2025

Ing. Oswaldo Arpaí Alca
CIP. 160625
Analista de Laboratorio de Control de Calidad
F.I.Q. - UNA - PUNO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
DECANO
PUNO - PERÚ
Dr. Teófilo Donaires Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO