



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria
blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria
con mención en Tecnología de Alimentos

Autor:

Yungán Acalo Edith Viviana

Tutor:

Zambrano Ochoa Zoila Eliana, MSc.

Cotutora:

Dra. Villacrés Poveda Clara Elena, MSc

LATACUNGA-ECUADOR

2024

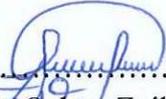
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)” presentado por Yungan Acalo Edith Viviana, para optar por el título magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, febrero, 20, 2024


.....
Zambrano Ochoa Zoila Eliana, MSc
CC.: 0501773931

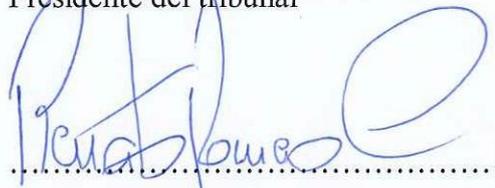
APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, febrero, 20, 2024


.....
Dra. Patricia Marcela Andrade Aulestia, Mg
CC. 0502237555

Presidente del tribunal


.....
Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.
CC. 1717122483

Lector 2


.....
Ing. Herrera Soria Pablo Gilberto Mg.
0501690259

Lector 3

DEDICATORIA

Este logro está dedicado a Dios y a las personas quienes confiaron en mi al iniciar este camino y no dudaron ni un segundo que llegaría al final. Dedicado con todo el corazón a mi ángel que Dios puso en mi camino para alentarme y alcanzar el objetivo, también va dedicado con cariño a mis padres, hermanas y toda mi familia.

Edith Vivis

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la bendición, sabiduría y fortaleza para alcanzar esta meta y objetivos.

Agradezco a toda mi familia por estar de forma incondicional apoyándome, por sus palabras de aliento y cariño.

Agradezco a Procongelados por darme la oportunidad de estudiar y cumplir mi objetivo.

A Edison A. por ser muy especial en este proceso, por estar sosteniendo mi mano e inspirándome para no desistir.

Al INIAP, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo experimental dentro de sus instalaciones y a la Dra., Villacrés, por su paciencia y dedicación para llevar a cabo la ejecución de mi trabajo.

Edith Viviana Yungán Acalo

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, febrero, 20, 2024



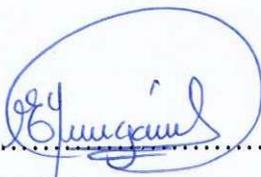
.....
Edith Viviana Yungán Acalo

0605449362

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, febrero, 20, 2024



.....
Edith Viviana Yungán Acalo

0605449362

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la pre-defensa.

Latacunga, febrero, 20, 2024



Dra. Patricia Marcela Andrade Aulestia, Mg

CC. 0502237555

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Título: Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*).

Autora: Yungán Acalo Edith Viviana

Tutora: Zambrano Ochoa Zoila Eliana, MSc

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes (saponinas, taninos, alcaloides, oxalatos, glucosinolatos y nitratos) y compuestos funcionales (carotenoides, fenoles y antioxidantes) en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca (ECU-18969, ECU-18949, ECU-1206, ECU-18932) y cuatro genotipos de camote (Pedrito, Buena Vista, Guayaco M, Toquecita) en estado crudo y cocido, se determinaron los análisis aplicando metodologías de diferentes autores, las cuales se adaptaron a las condiciones del laboratorio. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un DCA con arreglo factorial 2x4 y las diferencias estadísticas se determinaron mediante Tukey ($p < 0,05$). En contenido de antinutrientes en hojas de zanahoria blanca presentó menor concentración la variedad ECU 18969 para alcaloides y saponinas (1,14 mg/100g y 2,22 mg/100g) y en hojas de camote la variedad Toquecita presenta menor concentración en alcaloides, saponinas y taninos (4,21 mg/100g; 1,09 mg/100g y 3,29 g/100g). La aplicación de la cocción en hojas de zanahoria blanca y camote reducen el contenido de antinutrientes y compuestos funcionales, con diferencias estadísticamente significativas entre estado crudo-cocido, donde el antinutrientes que se redujo en mayor porcentaje fue taninos con una reducción hasta del 93% y 94% en hojas de zanahoria blanca y camote respectivamente.

Palabras claves: genotipo, antinutrientes, compuestos funcionales, cocción.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Title: Effect of cooking on the reduction of anti-nutrients in white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) and sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaves.

Author: Yungán Acalo Edith Viviana

Tutor: Zambrano Ochoa Zoila Eliana, MSc

ABSTRACT

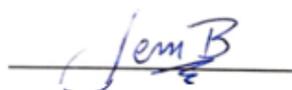
The objective of this work was to evaluate the effect of cooking on the content of antinutrients (saponins, tannins, alkaloids, oxalates, glucosinolates and nitrates) and functional compounds (carotenoids, phenols and antioxidants) in leaves of four white carrot genotypes (ECU -18969, ECU-18949, ECU-1206, ECU-18932) and four sweet potato genotypes (Pedrito, Buena Vista, Guayaco M, Toquecita) in raw and cooked states, the analyzes were determined applying methodologies from different authors, which were adapted to laboratory conditions. The results obtained were analyzed using a DCA with a 2x4 factorial arrangement and statistical differences were determined using Tukey ($p < 0.05$). In antinutrient content in white carrot leaves, the ECU 18969 variety presented a lower concentration for alkaloids and saponins (1.14 mg/100g and 2.22 mg/100g) and in sweet potato leaves, the Toquecita variety presented a lower concentration of alkaloids and saponins. and tannins (4.21 mg/100g; 1.09 mg/100g and 3.29 g/100g). The application of cooking in white carrot and sweet potato leaves reduces the content of antinutrients and functional compounds, with statistically significant differences between raw and cooked states, where the antinutrients that were reduced in the highest percentage were tannins with a reduction of up to 93% and 94% in white carrot and sweet potato leaves respectively.

KEYWORD: genotype, antinutrients, functional compounds, cooking.

Yo Maza Zhuma Jennifer Brigitte con cedula de identidad número: 1726652751 Licenciada en CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCIÓN INGLÉS con numero de registro de la SENEYCYT 1031-2019-2063586 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación titulado: **Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)** de Yungán Acalo Edith Viviana, aspirante a magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

Loja, 30 de enero del 2024

Atentamente:



Maza Zhuma Jennifer Brigitte

CC: 1726652751

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| | Producción de zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) | 1 |
| | Producción de camote (<i>Ipomoea batatas</i>) | 2 |
| | Antinutrientes y Compuestos funcionales | 2 |
| | Procesos tecnológicos | 4 |
| 2. | MATERIALES Y MÉTODOS | 4 |
| 2.1. | LOCALIZACIÓN | 5 |
| 2.2. | PREPARACIÓN DE LA MUESTRA | 5 |
| 2.3. | DETERMINACIÓN DE ANTINUTRIENTES | 5 |
| 2.3.1. | Determinación de Alcaloides | 5 |
| 2.3.2. | Determinación del contenido total de Saponinas | 6 |
| 2.3.3. | Determinación de Oxalatos | 6 |
| 2.3.4. | Determinación de Taninos | 6 |
| 2.3.5. | Determinación de Nitratos | 6 |
| 2.3.6. | Determinación de Glucosinolatos | 7 |
| 2.4. | DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FUNCIONALES | 7 |
| 2.4.1. | Determinación de carotenoides totales | 7 |
| 2.4.2. | Determinación de fenoles totales | 8 |
| 2.4.3. | Determinación de antioxidantes | 8 |
| 2.5. | DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS | 9 |
| 2.5.1. | Diseño Experimental | 9 |
| 2.5.2. | Análisis de datos | 9 |
| 3. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 10 |
| 3.1. | CONTENIDO DE ANTI NUTRIENTES | 10 |
| 3.1.1. | Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, en estado crudo (Tabla 2) | 10 |
| 3.1.2. | Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo (Tabla 3) | 13 |
| 3.2. | CONTENIDO DE COMPUESTOS FUNCIONALES | 16 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 3.2.1. | Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo (Tabla 4)..... | 16 |
| 3.2.2. | Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo (Tabla 5)..... | 17 |
| 3.3. | EFFECTO DEL PROCESO DE COCCION EN EL CONTENIDO DE ANTINUTRIENTES..... | 18 |
| 3.3.1. | Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido (Tabla 6)..... | 18 |
| 3.3.2. | Efecto de la cocción en contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido (Tabla 7) | 22 |
| 3.4. | EFFECTO DE LA COCCIÓN EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FUNCIONALES | 27 |
| 3.4.1. | Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido (Tabla 9)..... | 27 |
| 3.4.2. | Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido (Tabla 10)..... | 29 |
| 4. | CONCLUSIONES..... | 31 |
| 5. | RECOMENDACIONES | 33 |
| 6. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 34 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1. | Análisis de factores | 9 |
| Tabla 2. | Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, en estado crudo | 12 |
| Tabla 3. | Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo..... | 15 |
| Tabla 4. | Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, en estado crudo..... | 16 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 5. | Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo | 17 |
| Tabla 6. | Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido..... | 20 |
| Tabla 7. | Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido | 24 |
| Tabla 8. | Limite de tolerancia de antinutrientes ¡Error! Marcador no definido. | |
| Tabla 9. | Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido | 28 |
| Tabla 10. | Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido | 30 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Gráfico 1. | Porcentaje de reducción de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca | 21 |
| Gráfico 2. | Porcentaje de reducción de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de Camote..... | 25 |
| Gráfico 3. | Porcentaje de reducción de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca..... | 28 |
| Gráfico 4. | Porcentaje de reducción de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de Camote | 30 |

INFORMACIÓN GENERAL:

Título del Proyecto: Efecto del procesamiento en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)

Línea de investigación: Desarrollo y Seguridad Alimentaria & Procesos Industriales

Proyecto de investigación asociado: Suministro de variedades de camote y desarrollo de tecnologías beneficiosas para los productores.

Grupo de Investigación: UTC-INIAP 2023

Red nacional o internacional: Centro Internacional de la papa.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen vegetales de poco interés de cultivo, pero poseen propiedades nutricionales que aportan a la salud, así es el caso de las hojas de camote y hojas de zanahoria blanca. Actualmente estos son utilizados para alimentación de ganado, por lo que dentro del INIAP se ha socializado el proyecto de estos vegetales proyectando su utilización en la industria mediante investigaciones de características nutricionales, funcionales y diferentes usos agroindustriales.

En la actualidad surge la necesidad de desarrollar nuevos procesos de elaboración de alimentos manteniendo su valor nutritivo y potenciando sus propiedades químicas. El desconocimiento de la población del valor nutricional y funcional de ciertos alimentos limita el interés de cultivo, consumo y desarrollo industrial.

Los alimentos contienen sustancias que no se consideran nutrientes pero que tienen algún efecto. Algunos de los antinutrientes y compuestos funcionales se pueden encontrar en las hojas de los vegetales y, por lo que es necesario reducir estos niveles de antinutrientes a niveles aceptables mediante la aplicación de procesos tecnológicos como la cocción.

Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*), mediante la determinación de antinutrientes y compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca (ECU 18969, ECU18949, ECU1206, ECU18932) y en hojas de cuatro genotipos de camote (Pedrito, Buena Vista, Guayaco M, Toquesita), en estado crudo y estado cocido.

Producción de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)

La zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) es una de las plantas cultivadas más antiguas de los Andes, (Hermann, 1992). En Ecuador el cultivo se encuentra en el callejón Interandino y en menor medida en las estribaciones de las cordilleras Oriental y Occidental. Su mayor distribución se encuentra en la zona sur del país. (Cañar, Azuay y Loja). (INIAP, 1995).

Se dice que la zanahoria blanca es una planta de tallo herbáceo. Suele alcanzar una altura de aproximadamente 1,0 m, oscilando entre 0,50 y 1,50 m. Las hojas son pecioladas, con tres a siete folíolos lobulados y, según la variedad, son de color verde o tostado. (Higuera Rosero & Prado Argoti , 2013). En varias regiones del Ecuador los tallos y hojas de la planta se utilizan para alimentar ganado lechero. (Castillo, 1984)

Producción de camote (*Ipomoea batatas*)

En Ecuador la producción y consumo de camote se concentra en todo el país, (Zhang, y otros, 2000), debido a su amplia adaptabilidad agronómica, bajo costos de insumos, es adecuado para áreas pequeñas y soporta condiciones de crecimiento marginales. (Cobeña & Hinostroza, 2003).

El camote forma parte de la dieta de gran parte de la población, especialmente en las zonas rurales. Se utiliza de diversas formas, salada o dulce, como alimento principal o complementario. Por otro lado, las hojas se utilizan como forraje en muchos lugares, especialmente para la alimentación del ganado. (Nieto, Muñoz, & Rivera, 1995)

Las investigaciones muestran que las hojas de camote forman espirales sobre guías que varían en tamaño y forma según la variedad. Su forma puede ser en forma de corazón, en forma de diente o trilobulada, (Lago, 2011). El color suele ser verde, y en algunos casos incluso pigmentación violeta en los tallos; este tipo de hoja es común entre las hojas con pulpa morada, (Sarceño, 2015).

Nieto y otros, (1995), manifiesta que el producto está poco promocionado y tiene poca importancia en la alimentación, no existen plantas industriales o procesadoras de Camote en el país, lo que significa que el producto cultivado se utiliza en fresco como alimento humano o animal. Esta puede ser la razón por la que la superficie cultivada no ha aumentado.

Antinutrientes y Compuestos funcionales

El término antinutrientes fue definido por Gontzea y Sutzescu en 1968; son compuestos naturales en los alimentos que causan una pérdida significativa de nutrientes o interfieren en su utilización y función metabólica. La mayoría de los

metabolitos secundarios actúan como antinutrientes y provocan reacciones biológicas muy dañinas, mientras que algunos de ellos se utilizan ampliamente como nutracéuticos y sustancias farmacológicamente activas. (Oakenfull & Sidhu, 1989). En este trabajo se describirá algunos de los antinutrientes que se pueden encontrar en los alimentos y hojas de los vegetales.

Los alcaloides son antinutrientes constituidos dentro de uno de los grupos más diversos por su origen biosintético, estructura y efectos fisiológicos en diferentes organismos. Aunque las plantas son la principal fuente de estos compuestos, otros organismos, incluidos algunos animales, también pueden sintetizarlos a partir de estructuras más simples. (Roberts & Wink, 1998)

Los taninos son compuestos vegetales más o menos complejos con propiedades astringentes y antiinflamatorias. El consumo excesivo de taninos puede reducir la absorción de hierro. (Hartisch, Kolodziej, & Von Bruchhausen, 1997)

Otro de los antinutrientes se encuentra los nitratos, Maradini, y otros, (2015), especifica que se encuentran en todas las plantas y son una fuente importante de nitrógeno para su crecimiento. Algunas plantas acumulan esta sustancia en sus raíces y en alta concentración en sus hojas, especialmente en el mesófilo. El metabolismo de los nitratos en el organismo produce aminas secundarias y terciarias, que son potencialmente cancerígenas.

Las saponinas son glucósidos triterpénicos y estas sustancias se encuentran en la capa externa del grano (endospermo). Esta toxicidad depende del tipo de saponina y de la susceptibilidad del huésped; Se utilizan como precursores para la síntesis de fármacos, (Maradini, y otros, 2015)

Los oxalatos son sustancias tóxicas que representa un riesgo de salud importante. A menudo se encuentra en los vegetales, no puede ser metabolizado por los seres humanos y se excreta en la orina. La alta ingesta de oxalato en la dieta influye en la absorción de minerales y oligoelementos, un factor de riesgo para la formación de cálculos de oxalato de calcio en los riñones. (Maradini, y otros, 2015).

Los glucosinolatos son una clase importante de fitoquímicos y, aunque el papel de los glucosinolatos en las plantas no está claro, su olor y sabor distintivos sugieren que están involucrados en la defensa de los herbívoros y la defensa microbiana de

las plantas, (Agerbirk & Olsen, 2012). Es importante caracterizar el contenido de estos compuestos en cultivos nuevos o reintroducidos con el fin de caracterizarlos como alimentos funcionales con efectos beneficiosos para la salud y promover su consumo entre la población. (Obregón, 2016)

Por otro lado, los alimentos tienen ciertas propiedades funcionales porque los vegetales contienen algunos compuestos bioactivos o fitoquímicos que tienen varias actividades beneficiosas para el ser humano. Los carotenoides son compuestos de origen natural y su presencia se encuentra en estructuras vegetales, estructuras animales, algas, hongos y bacterias. (Britton & Khachik, 2009) Por ello, se consideran compuestos esenciales para la vida, principalmente por sus funciones relacionadas con la fotosíntesis, (Frank, y otros, 2009).

Al hablar de fenoles se trata de fitoquímicos que, cuando están presentes en los alimentos en pequeñas concentraciones, pueden prevenir algunos de los procesos asociados con el desarrollo del cáncer y las enfermedades cardiovasculares, (Denny & Buttriss, 2007)

Los antioxidantes forman parte del consumo diario de alimentos y son sustancias que evitan que las sustancias activas afecten negativamente a las funciones fisiológicas normales de una persona. (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015)

Procesos tecnológicos

La aplicación de procesos tecnológicos (cocción) para la reducir el contenido de sustancias antinutrientes, estudios anteriores informaron que el tratamiento de cocción mejora la destrucción de los antinutrientes (Mbofung, Rigby, & Waldron, 1999)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la preparación de muestras, metodologías de determinación, diseño experimental y análisis de datos utilizados en la investigación se aplicaron para los cuatro genotipos de hojas de zanahoria blanca como para los cuatro genotipos de hojas de camote.

2.1.LOCALIZACIÓN

Esta investigación se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, en los laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad, bajo condiciones controladas.

2.2.PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El periodo vegetativo de las hojas que se utilizaron en la investigación es:

- Hojas de Zanahoria Blanca: 150 días después de la siembra,
- Hojas de Camote: 135 días después de la siembra.

2.2.1. Estado crudo

Obtención de materia prima (hojas frescas), luego estas hojas fueron secadas en estufa a una temperatura de 65° C, por 12 horas, posteriormente se realizó la molienda, almacenado y etiquetado. A partir de hojas secas molidas se realizó el análisis de antinutrientes y compuestos funcionales en estado crudo.

2.2.2. Estado cocido

Siguiendo el procedimiento anterior se tomaron 20g de hojas secas molidas y se llevaron a cocción en agua(100ml) durante 10 minutos, después se filtró y estas muestras fueron secadas en estufa de aire forzado durante 4 horas, obteniendo muestras secas para su posterior determinación de antinutrientes y compuestos funcionales en estado cocido.

2.3.DETERMINACIÓN DE ANTINUTRIENTES

Para la determinación de antinutrientes se utilizaron diferentes métodos específicos para cada analito, cada uno con respuestas por triplicado, estos análisis se aplicaron en muestras en estado crudo y cocido.

2.3.1. Determinación de Alcaloides

Oropeza, M. (2012) relató la metodología para la determinación de alcaloides, para lo cual se obtuvo extractos metanolicos en presencia de MeOH, remoción de clorofilas y la separación de compuestos fenólicos. Para la cuantificación de alcaloides totales se leyó a 420nm en un espectrofotómetro Hach.

Para la curva de calibración se utilizó esparteína como estándar y a partir de ella se obtuvo la cuantificación de alcaloides totales expresada como mg equivalentes de esparteína en 100g de muestra seca (ms). Se utilizó CHCl_3 como blanco de la muestra, todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

2.3.2. Determinación del contenido total de Saponinas

El contenido total de saponina se determinó espectrofotométricamente como describe Medina-Meza, Aluwi, Saunders y Ganjyal, (2016). Se añadió 0,50 ml del extracto de muestra libre de clorofila a 1 ml de mezcla de reactivos (ácido acético glacial/ácido sulfúrico 1:1, v/v). La mezcla se agitó en un baño de agua a 60°C durante 30 minutos y luego se enfrió. La absorbancia de las muestras se midió utilizando un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201 a una longitud de onda de 527 nm.

El contenido total de saponina se expresó como g/100 g de equivalentes de ácido oleanólico.

2.3.3. Determinación de Oxalatos

Se utilizó hojas secas (estado crudo y cocido) para determinar el contenido de ácido oxálico. La extracción se realizó como lo describen Naik, Patil, Aparadh y Karadge, (2014) utilizando HCl 0,25 N como solución de extracción y KMnO_4 como indicador.

2.3.4. Determinación de Taninos

Los taninos se determinaron según el método descrito en la A.O.A.C. 952.03 (1964) utilizando extractos acuosos que reaccionan con el reactivo de Follin-Denis en un medio alcalino. Se utilizó ácido tánico como estándar y las lecturas se tomaron a 680 nm con un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201.

2.3.5. Determinación de Nitratos

Para la determinación de nitratos se utilizó colorimetría empleando el método de ácido salicílico (Cataldo, Maroon, Schrader, & Youngs, 2008), el cual consiste en realizar una extracción acuosa de la muestra utilizando solución sulfato de potasio (K_2SO_4 , 0.34M) por agitación, para luego con la ayuda del ácido salicílico generar

un complejo coloreado que se medirá a una longitud de onda de 410nm en el espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201.

2.3.6. Determinación de Glucosinolatos

El método empleado para la extracción de los glucosinolatos se estableció en la norma ISO 9167-1992, la muestra es expuesta a ebullición en metanol al 70%, para su extracción. Se cuantificaron en presencia de hidróxido de sodio (NaOH, 2M) y HCl concentrado. Para la determinación espectrofotométrica en Thermo Scientific Evolution 201 se midió la absorbancia de la solución a 420nm. Para la construcción de la curva de calibración se utilizó el patrón de sinigrina 5.60×10^{-3} M.

2.4.DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FUNCIONALES

2.4.1. Determinación de carotenoides totales

Se aplicó el método de determinación de carotenoides descrito por Kotíková, Lachman, Hejtmánková, & Hejtmánková, (2011). Se pesaron 0,125 g de la muestra y se colocaron en un vaso de precipitados de 50 ml y se extrajeron en la oscuridad durante 2 días con 15 ml de acetona 100%. Después de la extracción, las muestras se sonicaron durante 15 minutos y luego se filtraron a través de papel de filtro (Watman #1). El filtrado se transfirió cuantitativamente a un matraz de 25 ml y el volumen se aforó a 25 ml con acetona. El análisis de la muestra se realizó utilizando un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201. La absorbancia del extracto de acetona se midió a 662 nm, 645 nm y 470 nm. En acetona al 100% los resultados se expresan en $\mu\text{g/ml}$ de extracto vegetal, con valores por triplicado.

El contenido total de carotenoides se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$C_a = 11.75A_{662} - 2.35A_{645} \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$C_b = 18.61A_{645} - 3.96A_{662} \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$C_{x-c} = \frac{(1000A_{470} - 2.27C_a - 81.4C_b)}{227} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

- C_a = contenido de clorofila a
- C_b = contenido de clorofila b
- C_{x-c} = contenido de carotenoides

2.4.2. Determinación de fenoles totales

El procedimiento para la determinación de fenoles totales fue definido por Waterhouse, A. (2003), basado en el método Folin-Ciocalteu y como reactivo extractante CH₃OH al 70%. Para la cuantificación de fenoles totales se utilizó un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201, la absorbancia se midió a 765nm. La concentración de los compuestos fenólicos totales en base a la curva estándar se expresa en mg de ácido gálico/ 100g de muestra. El análisis se realizó por triplicado.

La curva estándar de calibración se prepara una solución stock de ácido gálico en una concentración de 5000mg/l.

2.4.3. Determinación de antioxidantes

La extracción se realizó utilizando una solución de metanol y los antioxidantes se cuantificaron espectrofotométricamente, donde la reacción se basa en la reducción de radicales estables preformados (llamados ABTS) por la acción de compuestos antioxidantes con un antioxidante estándar (Trolox). Las lecturas se tomaron en un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201 a 734 nm. (Re, y otros, 1999).

Preparar una solución stock de Trolox a una concentración de 2000µm de Trolox/L, para elaborar la curva de calibración o estándar.

2.5.DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS

2.5.1. Diseño Experimental

Para el análisis de resultados del efecto de cocción en hojas en estado crudo y cocido, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2x4.

Tabla 1.

Análisis de factores

| TRATAMIENTO (FACTOR A) | GENOTIPO (FACTOR B) | REPETICIÓN | | |
|---------------------------|------------------------|------------|------|------|
| | | R1 | R2 | R3 |
| ESTADO CRUDO (A1) | B1 | A1B1 | A1B1 | A1B1 |
| | B2 | A1B2 | A1B2 | A1B2 |
| | B3 | A1B3 | A1B3 | A1B3 |
| | B4 | A1B4 | A1B4 | A1B4 |
| ESTADO COCIDO (A2) | B1 | A2B1 | A2B1 | A2B1 |
| | B2 | A2B2 | A2B2 | A2B2 |
| | B3 | A2B3 | A2B3 | A2B3 |
| | B4 | A2B4 | A2B4 | A2B4 |

Fuente: Yungán, E. 2023

El modelo que sigue este diseño será:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción ij-ésimo tratamiento

ε_{ijk} = Efecto del error experimental asociado a la unidad experimental

2.5.2. Análisis de datos

Los experimentos se realizaron por triplicado con el objetivo de reducir el margen de error en los resultados. Para el análisis de datos del contenido de antinutrientes

y compuestos funcionales se aplicó estadística descriptiva (medias y desviación estándar) y para el análisis de datos obtenidos antes y después de la cocción se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), para determinar diferencias entre las medias de los tratamientos empleando la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$) mediante el software estadístico InfoStat.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CONTENIDO DE ANTI NUTRIENTES

3.1.1. Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, en estado crudo (Tabla 2)

En las hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, el contenido de alcaloides totales se observando un mayor valor (5,21 mg/100g) en el genotipo ECU-1206, mientras que el ECU-18969 presentó el menor valor con 1,15 mg/100g. Lo cual podría atribuirse a la composición química inherente a cada genotipo, característica gobernada por la genética de cada planta. Martínez y Cano (2009), menciona que toda la planta contiene una gran cantidad de alcaloides, lo que la convierte en una planta venenosa.

La concentración de saponinas en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presenta un valor más alto en la variedad ECU-18932 (3,03 mg/100g) y un contenido menor en la variedad ECU-19869 (2,22 mg/100g). La cantidad de saponinas depende de una variedad de factores como la especie de planta, su edad, condiciones climáticas y presencia de patógenos o depredadores. (Fenwick, Price, Tsukamoto, & Okubo, 1991).

Las medias del contenido de oxalatos con mayor concentración (11,33 mg/100g), se encuentra en el genotipo ECU-19832, y un menor valor el genotipo ECU-18949 (6,28 mg/100g). Según Aledo, J. (2012), los oxalatos pueden ser encontrados en cantidades relativamente pequeñas en muchas plantas y su contenido depende de factores como: especie, fertilizantes (sobre todo aquellos nítricos) y fases del crecimiento vegetal.

Para el contenido de taninos, se evidencia mayor concentración en el genotipo ECU 1206 (2,80 g/100g), en cambio la variedad ECU-1206 muestra una concentración

de menor valor, (1,82 g/100g). Se ha observado que grandes cantidades de taninos se concentran principalmente en frutos inmaduros u hojas jóvenes y se consideran tóxicos para los humanos y tienen efectos anti nutricionales, debido a su capacidad para interactuar con otras macromoléculas, (Hagerman, 2012).

La concentración de nitratos en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, se obtuvo un valor mayor de 42,37mg/100g en la variedad ECU-18949 y una menor concentración en el genotipo ECU-1206 (28,28 mg/100g). Las concentraciones de nitrato son mayores en las hojas jóvenes que en las hojas completamente desarrolladas, (Muro, Irigoyen , & Lamsfus, 1988).

Los resultados obtenidos del contenido de glucosinolatos presentes en las hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, siendo la variedad ECU-18969 que presenta el valor más alto (932,80mg/100g) a diferencia del genotipo ECU-18932, que presenta un valor menor (902,80 mg/100g). Obregón, S. (2016) manifiesta que los glucosinolatos no son biológicamente activos hasta que son hidrolizados por una enzima endógena llamada mirosinasa, que se libera y descompone las células vegetales durante la cosecha, el procesamiento o la masticación.

Tabla 2.

Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, en estado crudo

| ESTADO | GENOTIPO | ALCALOIDES TOTALES mg/100g | SAPONINAS mg/100g | OXALATOS mg/100g | TANINOS g/100g | NITRATOS mg/100g | GLUCOSINOLATOS mg/100g |
|---------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| CRUDO | ECU 1206 | 5,21 ± 0,23 | 2,78 ± 0,18 | 8,01 ± 0,19 | 1,82 ± 0,04 | 28,28 ± 0,43 | 880,13 ± 2,31 |
| CRUDO | ECU 18969 | 1,14 ± 0,01 | 2,22 ± 0,05 | 9,61 ± 0,13 | 2,23 ± 0,032 | 33,80 ± 2,16 | 932,80 ± 4,00 |
| CRUDO | ECU 18949 | 1,87 ± 0,07 | 2,99 ± 0,49 | 6,28 ± 32 | 2,80 ± 0,17 | 42,37 ± 2,56 | 917,47 ± 3,06 |
| CRUDO | ECU 18932 | 4,63 ± 0,11 | 3,03 ± 0,34 | 11,33 ± 0,32 | 2,51 ± 0,01 | 37,81 ± 1,86 | 902,80 ± 3,46 |

Fuente: Yungán, E., 2023

3.1.2. Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo (Tabla 3).

Los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de alcaloides totales las variedades Guayaco M y Buena vista presentan mayor concentración de alcaloides totales (4,94 mg/100g), frente al genotipo Toquecita que presenta el valor menor, 4.21 mg/100g. El contenido de alcaloides varía según las etapas de madurez y las condiciones climáticas y se encuentra principalmente en frutos inmaduros (Lacaille-Dubois & Wagner, 1996), representando alrededor del 2%. En cambio, las hojas tienen cuatro veces menos y las raíces aún menos. (Martínez & Cano, 2009)

El contenido de saponinas en el genotipo Pedrito presenta mayor contenido (3,56 mg/100g) y un valor mínimo de 1,09mg/100g. Estudios han reportado que las saponinas se encuentran en más de 100 familias de plantas y en algunas especies marinas. Una misma especie puede contener más de una saponina dependiendo de diferentes factores ambientales y genéticos de la planta. (Lacaille-Dubois & Wagner, 1996)

La cantidad de oxalatos obtenida en este estudio, se encontró el valor más alto en la variedad Pedrito con 12,64 mg/100g y el genotipo Guayaco M con el contenido más bajo de oxalatos (9,94 mg/100g). La distribución de oxalatos en la planta es desigual; en general, el contenido es mayor en las hojas intermedias, semillas y la parte inferior del tallo, (Aledo, 2012)

El contenido de taninos obtenidos en cuatro genotipos de hojas de camote, teniendo un contenido más alto en la variedad Guayaco M, (4,83 g/100g) frente a un valor menor de 3,29 g/100g, en la variedad Toquecita. Una alta concentración de taninos se considera antinutritiva porque forman complejos insolubles con proteínas, carbohidratos y otros polímeros alimentarios, reduciendo así su digestibilidad. (Chaparro-Acuña, Aristizábal-Torres, & Gil-González, 2009)

En cuanto a la concentración de nitratos presentes en hojas de cuatro genotipos de camote, donde la variedad Guayaco M presenta el mayor contenido, (19,16mg/100g), frente a el genotipo Pedrito que presenta 11.56 mg/100g, siendo este el valor más bajo en relación con otras variedades analizadas. La concentración

de nitratos en hortalizas de hoja depende de factores ambientales, nutricionales y genéticos, (Beretta , 2011)

El contenido de Glucosinolatos en hojas de cuatro genotipos de camote se presenta la variedad Toquecita que muestra el contenido más alto con un valor promedio de 690,80 mg/100g y en la variedad Buena vista se evidencia el contenido menor de glucosinolatos (183,47 mg/100g). El papel de los glucosinolatos en las plantas está claro; su olor y sabor específicos indican su participación en la defensa contra los herbívoros y la protección de los microorganismos vegetales. (Obregón, 2016)

Tabla 3.*Contenido de anti nutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo*

| ESTADO | GENOTIPO | ALCALOIDES TOTALES mg/100g | SAPONINAS mg/100g | OXALATOS mg/100g | TANINOS g/100g | NITRATOS mg/100g | GLUCOSINOLATOS mg/100g |
|---------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| CRUDO | Pedrito | 4,52 ± 0,20 | 3,56 ± 20 | 12,64 ± 0,13 | 4,42 ± 0,06 | 11,56 ± 0,32 | 205,47 ± 6,43 |
| CRUDO | Toquecita | 4,21 ± 0,07 | 1,09 ± 0,20 | 12,60 ± 0,32 | 3,29 ± 0,08 | 15,15 ± 0,55 | 690,80 ± 2,00 |
| CRUDO | Guayaco M | 4,94 ± 0,12 | 3,24 ± 0,20 | 9,40 ± 0,51 | 4,83 ± 0,12 | 19,16 ± 3,91 | 662,80 ± 0,00 |
| CRUDO | Buena Vista | 4,94 ± 0,07 | 1,63 ± 0,20 | 12,56 ± 0,15 | 3,49 ± 0,02 | 15,36 ± 1,44 | 183,47 ± 5,03 |

Fuente: Yungán, E., 2023

3.2.CONTENIDO DE COMPUESTOS FUNCIONALES

3.2.1. Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo (Tabla 4)

El contenido de carotenoides total en hojas de zanahoria blanca presenta datos donde la variedad ECU-1206 presenta mayor concentración, 314,26 ug/g, frente al genotipo ECU-18949, que muestra un valor menor 217,13 ug/g. Hodge, (1959), menciona que la mayoría de los cultivares de zanahoria blanca en el Ecuador tienen hojas de color verde claro, otros son de color verde claro con venas rojas y otras son de color verde oscuro con venas rojas.

En las hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca se obtuvieron valores, donde la variedad ECU 1206 presentan mayor capacidad antioxidante con resultados de 33,26g/100g en comparación con el genotipo ECU-18949 que muestra un valor menor de capacidad antioxidante 11,69 g/100g. Los antioxidantes naturales se encuentran en casi todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso tejidos animales. (Zapata , Gerard, Davies , & Schwab, 2007)

El contenido de fenoles en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presenta mayor concentración en la variedad ECU-18949, (0,98 g/100g) y un valor menor en la variedad ECU-1206 de 0,68 g/100g. Un estudio publicado en la Revista Médica Peruana (Quincho & Oré, 2015) afirma que las hojas de Arracacia xanthorrhiza contienen altos niveles de polifenoles.

Tabla 4.

Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, en estado crudo

| ESTADO | GENOTIPO | CAROTENOIDES TOTAL (µg/g) | ANTIOXIDANTES g/100g | FENOLES g/100g |
|--------|-----------|------------------------------|-------------------------|--------------------|
| CRUDO | ECU 1206 | 314,26 ± 4,20 | 33,26 ± 3,05 | 0,68 ± 0,02 |
| CRUDO | ECU 18969 | 242,18 ± 1,46 | 31,05 ± 1,52 | 0,78 ± 0,07 |
| CRUDO | ECU 18949 | 217,13 ± 0,42 | 11,69 ± 1,98 | 0,98 ± 0,06 |
| CRUDO | ECU 18932 | 303,90 ± 1,18 | 23,09 ± 2,40 | 0,78 ± 0,03 |

Fuente: Yungán, E., 2023

3.2.2. Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo (Tabla 5)

La variedad Toquecita presenta mayor contenido de carotenoides total, 289,34 ug/g, y el genotipo Guayaco M muestra valor menor 130,36 ug/g. Las hojas de camote varían en color de verde claro a verde oscuro con un pigmento violeta. (Huamán, 1991)

En las hojas de cuatro genotipos de camote analizados la variedad Toquecita destaca el valor alto de 14, 76g/100g, en comparación con 10,88g/100g de capacidad antioxidante que presenta el genotipo Guayaco M. Las frutas, legumbres y algunas verduras son ricas en sustancias que atrapan los radicales libres, mejoran nuestras defensas antioxidantes y, según se informa, detienen o previenen el desarrollo de tumores y los efectos bioquímicos asociados con la progresión del tumor. (Palomo , Yuri, Moore-Carrasco, Quilodrán, & Neira , 2010)

En hojas de cuatro genotipos de camote la variedad Guayaco M muestra mayor contenido de fenoles 1,36g/100g frente a la variedad Toquecita que presenta menor concentración de fenoles, 0,93g/100g. La concentración de compuestos fenólicos depende de la edad de la planta, método de extracción, conservación y análisis. (Akorede, y otros, 2020)

Tabla 5.

Contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado crudo

| ESTADO | GENOTIPO | CAROTENOIDES | ANTIOXIDANTES | FENOLES g/100g |
|--------|-------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| | | TOTAL (µg/g) | g/100g | |
| CRUDO | Pedrito | 211,66 ± 0,77 | 11,76 ± 0,07 | 1,13 ± 0,20 |
| CRUDO | Toquecita | 289,34 ± 0,15 | 14,76 ± 2,29 | 0,93 ± 0,003 |
| CRUDO | Guayaco M | 130,36 ± 0,46 | 10,88 ± 0,07 | 1,36 ± 0,01 |
| CRUDO | Buena Vista | 172,79 ± 32,69 | 11,57 ± 0,08 | 1,32 ± 0,02 |

Fuente: Yungán, E., 2023

3.3.EFECTO DEL PROCESO DE COCCION EN EL CONTENIDO DE ANTINUTRIENTES

3.3.1. Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido (Tabla 6)

Cuando se utilizan, ciertos procesos como la cocción, pueden reducir los niveles de antinutrientes y mejorar la digestibilidad. Estudios demuestran que procesos de remojo, pelado, cocido y fermentación son importantes métodos tradicionales de reducción de antinutrientes. (Abdelrahaman, El Maki, Babiker, & El Tinay, 2005).

En el contenido de alcaloides totales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca existe disminución en su concentración por efecto de la cocción con resultados que presentan diferencias estadísticamente significativas entre estado crudo-cocido, donde disminuye su concentración entre 19% y 80%, dependiendo de la variedad. Estudios en hojas de boldo (Espic, 2007) determinaron que el porcentaje de alcaloides en hojas secadas a 65°C variaron de 10,8%-23,8%. Para el efecto de la cocción en alcaloides totales. Efecto del tratamiento térmico sobre la concentración de alcaloides en algunas especias, estudios muestran que cuando la pimienta negra se expone al calor, la disponibilidad del alcaloide (piperina) disminuye. (Suresh, Manjunatha, & Srinivasan, 2007).

Para el contenido de saponinas en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presentan diferencias estadísticamente significativas entre los valores de estado crudo y cocido, presentado una leve disminución entre el 5% y 24% en su concentración. En investigaciones realizadas por Ahumada, A y otros autores, (2016) mencionan que las saponinas pueden soportar temperaturas superiores a 150 °C e inferiores a 400 °C, temperatura a la que comienza el proceso de carbonatación molecular.

El efecto de la cocción en el contenido de oxalatos en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presenta diferencias estadísticamente significativas entre resultados estado crudo y cocido, es decir, se evidencia reducción del contenido de Oxalatos en porcentajes del 24% al 51% en todas las variedades de estudio después de la aplicación del proceso de cocción. Investigaciones de reducción de antinutrientes en alimentos con algunos procesos mostraron que cuando las

muestras de taro (papa china) se hirvieron en agua durante 40 minutos, el contenido de oxalato disminuyó al menos un 47%, (Savage & Martensson, 2010).

El contenido de taninos en las hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca redujo su concentración entre el 79% y 93%, después de la cocción los datos son diferentes estadísticamente entre resultados en estado crudo y cocido. Diversas investigaciones reportan reducción en el contenido de taninos después de someterse al tratamiento térmico, García, (2009) en su trabajo menciona que cocer los granos de frijoles a temperatura de ebullición durante 2,5 horas reduce los taninos en un 70%.

El efecto de la cocción en la concentración de nitratos disminuye notablemente, con valores estadísticamente diferentes entre resultados en estado crudo vs cocido, (46% y 83%), presentando menor concentración en hojas de zanahoria blanca ECU-1206. La importante reducción del contenido de nitratos en los alimentos se debe a la estabilidad térmica de estos antinutrientes, que se destruyen fácilmente con el calor. (Guerrero , 2013)

La concentración de glucosinolatos en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca después del proceso de cocción se reduce al estar en contacto con el calor, en un porcentaje del 61% hasta el 78%, presenta datos con diferencias significativas entre resultados en estado crudo y cocido; las variedades ECU-1206 y ECU-18969 presentan valores más bajos. Los métodos tradicionales de cocción, ebullición, cocción al vapor y microondas reducen el contenido de glucosinolato entre un 30% y un 60%, según el método, la intensidad y el tipo de compuesto, (Cartea, Francisco , Abilleira , & Velasco, 2008).

Tabla 6.

Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido

| ESTADO | GENOTIPO | ALCALOIDES TOTALES mg/100g | SAPONINAS mg/100g | OXALATOS mg/100g | TANINOS g/100g | NITRATOS mg/100g | GLUCOSINOLATOS mg/100g |
|--------|-----------|----------------------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------------|
| CRUDO | ECU 1206 | 5,21 ± 0,11 d | 2,78 ± 0,14 bc | 8,01 ± 0,12 e | 1,82 ± 0,07 b | 28,28 ± 0,80 c | 880,13 ± 2,13 d |
| CRUDO | ECU 18969 | 1,15 ± 0,11 a | 2,22 ± 0,14 ab | 9,61 ± 0,12 f | 2,23 ± 0,07 c | 33,80 ± 0,80 d | 932,80 ± 2,13 g |
| CRUDO | ECU 18949 | 1,88 ± 0,11 b | 2,99 ± 0,14 c | 6,28 ± 0,12 d | 2,80 ± 0,07 d | 42,37 ± 0,80 f | 917,47 ± 2,13 f |
| CRUDO | ECU 18932 | 4,63 ± 0,11 c | 3,03 ± 0,14 c | 11,33 ± 0,12 g | 2,51 ± 0,07 cd | 37,81 ± 0,80 e | 902,80 ± 2,13 e |
| COCIDO | ECU 1206 | 1,06 ± 0,11 a | 2,54 ± 0,14 bc | 3,96 ± 0,12 a | 0,39 ± 0,07 a | 7,13 ± 0,80 a | 204,80 ± 2,13 a |
| COCIDO | ECU 18969 | 0,93 ± 0,11 a | 1,72 ± 0,14 a | 6,74 ± 0,12 d | 0,34 ± 0,07 a | 18,20 ± 0,80 b | 209,47 ± 2,13 a |
| COCIDO | ECU 18949 | 1,27 ± 0,11 a | 2,27 ± 0,14 ab | 4,80 ± 0,12 b | 0,25 ± 0,07 a | 7,33 ± 0,80 a | 354,80 ± 2,13 c |
| COCIDO | ECU 18932 | 0,94 ± 0,11 a | 2,88 ± 0,14 bc | 5,65 ± 0,12 c | 0,18 ± 0,07 a | 14,63 ± 0,80 b | 221,47 ± 2,13 b |
| | Valor p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Nota: *Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (p=0.05), según la prueba de Tukey.

Fuente: Yungán, E., 2023

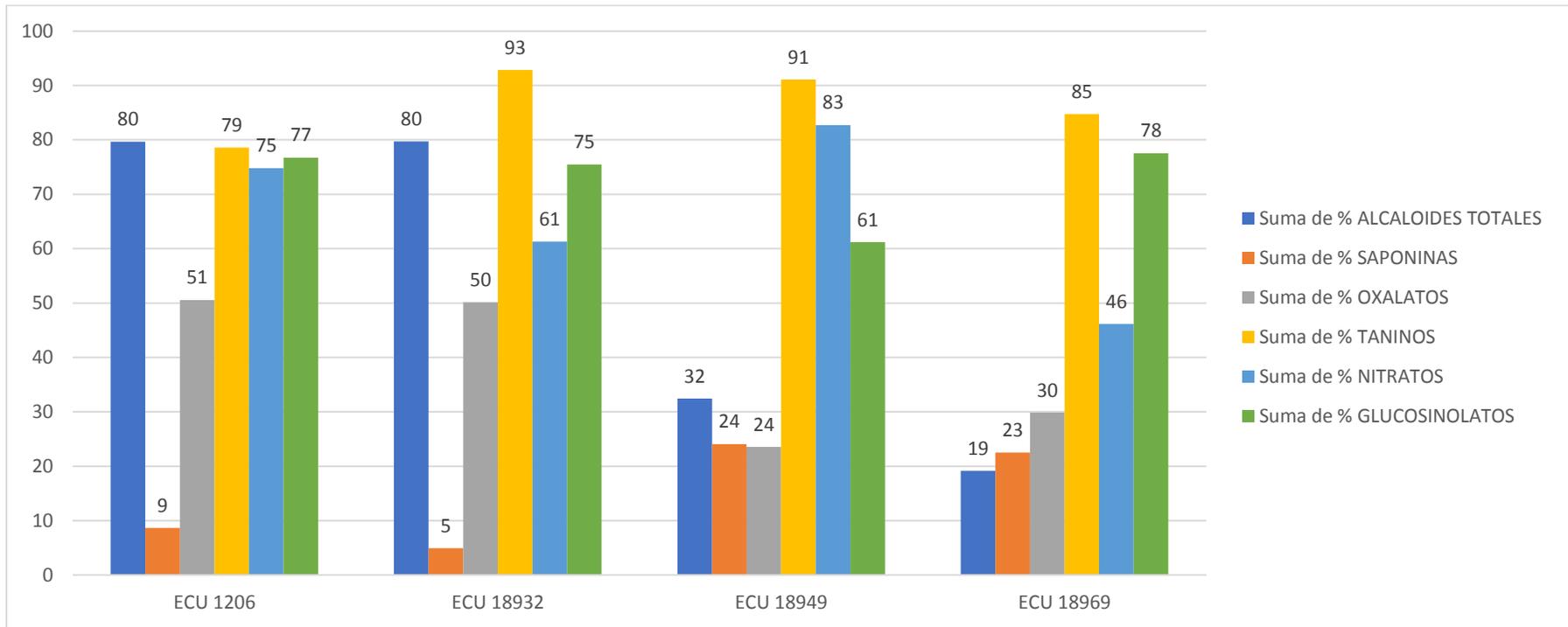


Gráfico 1.

Porcentaje de reducción de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca

Fuente: Yungán, E., 2023

3.3.2. Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido (Tabla 7)

Según informes de la literatura, (Rehman & Shah, 2005), revela que una cocción sencilla mejora el valor nutricional de los cereales, debido que se reducen los antinutrientes.

En el efecto de la cocción en el contenido de alcaloides totales en hojas de cuatro genotipos de camote muestran diferencias significativas entre resultados crudo-cocido, reduciendo el contenido de alcaloides en porcentajes que van desde el 40% hasta el 84%, resaltando un cambio notable en la variedad Guayaco M, donde se redujo el contenido de alcaloides de 4,94 mg/100g a 0,8 mg/100g. El estudio realizado por Campana, A. (1988) demostró que el proceso de blanqueo en semillas de chocho mostró una reducción del 50% en el contenido de alcaloides.

Para la concentración de saponinas y el efecto de la cocción en las hojas de cuatro genotipos de camote muestran valores estadísticamente diferentes ($p < 0.0001$), después de la cocción en las cuatro variedades, donde la variedad Pedrito que presentó el valor más alto de saponinas en crudo (3,56 mg/100g) se redujo a 2,83 mg/100g. En general se redujo el porcentaje de saponinas entre el 3% y 35% entre las variedades. Un estudio de Nickel, J. y colaboradores, (2016), demostraron que los tratamientos de cocción a presión atmosférica, bajo presión y de tostado mejoraron la remoción de las saponinas en quinua a un 25,53%, un 23,72% y un 19,22%, respectivamente.

El porcentaje de oxalatos después de la cocción en hojas de cuatro genotipos de camote presentan diferencias estadísticamente diferentes entre variedades crudas y cocidas, donde la variedad Pedrito muestra mayor concentración de oxalatos en crudo, (12,64 mg/100g) el cual después de la cocción disminuyó a 10,32mg/100g. Considerando una reducción entre el 9% y 29% en las variedades de hojas de camote. Mientras que el genotipo Guayaco M que presenta menor valor de oxalatos en crudo (9,40 mg/100g) redujo su contenido a 7,88mg/100g. Carbajal, D. (2019), estudió el efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de variedades de pituca (papa china) en la que determinó que a mayor tiempo de cocción hay mayor reducción de oxalatos.

El contenido de taninos después de aplicar el proceso de cocción en hojas de cuatro genotipos de camote se redujo y presenta resultados estadísticamente diferentes entre estado crudo-cocido, donde la variedad Guayaco M que muestra mayor contenido de oxalatos en estado crudo (4,83 g/100g) disminuyó su concentración a 0,31g/100g después de la cocción, considerando una reducción desde el 81% hasta el 94% en la concentración, dependiendo la variedad. Estudios realizados por Gurumoorthi, P., y colaboradores (2008) reportan que el contenido de taninos de los frijoles terciopelo se reduce utilizando los métodos de remojo, cocción, germinado y tostado.

La concentración de nitratos en hojas de cuatro genotipos de camote después de la cocción muestra valores estadísticamente diferentes entre el estado crudo y cocido. La variedad Guayaco M presenta mayor concentración de nitratos en hojas de camote crudo (19,16mg/100g), después de la cocción este valor disminuyó a 8,79mg/100g, tomando en cuenta una reducción entre el 4% al 54% del contenido de nitratos según la variedad. Estudios anteriores han demostrado que cocinar verduras en agua reduce los niveles de nitrato, y entre el 16% y el 79% del contenido total, (EFSA, 2008)

El contenido de glucosinolatos en hojas de cuatro genotipos de camote muestra resultados estadísticamente diferentes después de la aplicación de la cocción frente al estado crudo, el porcentaje se redujo en un porcentaje desde el 47% hasta el 68%, dependiendo la variedad. Cartea, (2008) mencionó que los glucosinolatos son sensibles a la temperatura, por lo que el tratamiento térmico, el escaldado o la cocción los dejarán inactivos y no podrán convertir los glucosinolatos en isotiocianatos.

Tabla 7.*Efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido*

| ESTADO | GENOTIPO | ALCALOIDES | SAPONINAS | OXALATOS | TANINOS | NITRATOS | GLUCOSINOLATOS |
|---------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | | TOTALES mg/100g | mg/100g | mg/100g | g/100g | mg/100g | mg/100g |
| CRUDO | Pedrito | 4,52 ± 0,06 f | 3,56 ± 0,20 d | 12,64 ± 0,16 e | 4,42 ± 0,03 e | 11,56 ± 0,87 ab | 205,47 ± 3,15 c |
| CRUDO | Toquecita | 4,21 ± 0,06 e | 1,09 ± 0,20 a | 12,60 ± 0,16 e | 3,29 ± 0,03 c | 15,15 ± 0,87 bc | 690,80 ± 3,15 f |
| CRUDO | Guayaco M | 4,94 ± 0,06 g | 3,24 ± 0,20 d | 9,40 ± 0,16 b | 4,83 ± 0,03 f | 19,16 ± 0,87 c | 662,80 ± 3,15 e |
| CRUDO | Buena Vista | 4,94 ± 0,06 g | 1,63 ± 0,20 ab | 12,56 ± 0,16 e | 3,49 ± 0,03 d | 15,36 ± 0,87 bc | 183,47 ± 3,15 b |
| COCIDO | Pedrito | 2,69 ± 0,06 d | 2,83 ± 0,20 cd | 10,32 ± 0,16 c | 0,65 ± 0,03 b | 10,11 ± 0,87 a | 109,47 ± 3,15 a |
| COCIDO | Toquecita | 1,19 ± 0,06 b | 1,06 ± 0,20 a | 11,50 ± 0,16 d | 0,31 ± 0,03 a | 14,53 ± 0,87 b | 336,13 ± 3,15 d |
| COCIDO | Guayaco M | 0,8 ± 0,06 a | 2,11 ± 0,20 bc | 7,88 ± 0,16 a | 0,31 ± 0,03 a | 8,79 ± 0,87 a | 208,80 ± 3,15 c |
| COCIDO | Buena Vista | 1,95 ± 0,06 c | 1,35 ± 0,20 ab | 8,93 ± 0,16 b | 0,68 ± 0,03 b | 11,42 ± 0,87 ab | 98,13 ± 3,15 a |
| Valor p | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Nota: *Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (p=0.05), según la prueba de Tukey.**Fuente:** Yungán, E., 2023

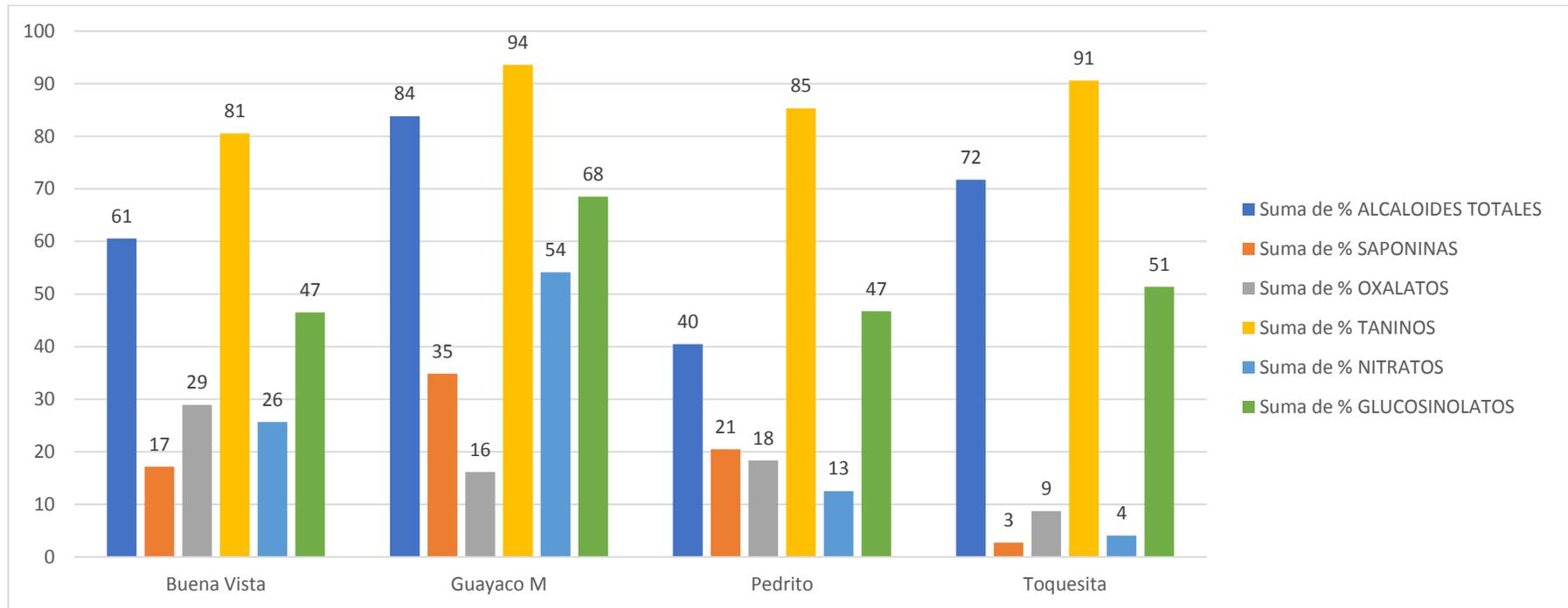


Gráfico 2.

Porcentaje de reducción de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de Camote

Fuente: Yungán, E., 2023

Tabla 8.*Límite de tolerancia de antinutrientes*

| Antinutrientes | Antinutrientes en hojas de Zanahoria Blanca | Antinutrientes en hojas de camote | Límite legal | Fuente |
|-----------------------|--|--|---------------------|-------------------------------------|
| Alcaloides | 0,93 mg/100g | 0,8 mg/100g | 0.04mg/100g | (REGLAMENTO 2023/915, 2023) |
| Saponinas | 1,72 mg/100g | 1,06 mg/100g | 50 mg/100g | Codex Alimentario |
| Oxalatos | 4,80 mg/100g | 7,88 mg/100g | 10 mg/100g | (REGLAMENTO (UE) No 231/2012, 2012) |
| Taninos | 0,18 g/100g | 0,31 g/100g | 3 g/100g | Skopec, M. y colaboradores, 2004 |
| Nitratos | 7,33 mg/100g | 8,79 mg/100g | 0.37mg/100g | EFSA, (2017) |
| Glucosinolatos | 204,80 mg/100g | 98,13 mg/100g | 389 mg/100g | EFSA, 2008 |

Fuente: Yungán, E., 2023

Los resultados del contenido de antinutrientes tanto en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca como en hojas de cuatro genotipos de camote, en estado cocido se comparan con la tolerancia de consumo establecida en diferentes fuentes, donde la concentración de alcaloides, oxalatos y nitratos no cumple con el límite legal. Por otro lado, el contenido de saponinas, taninos y glucosinolatos se observa valores dentro del parámetro legal.

3.4.EFECTO DE LA COCCIÓN EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FUNCIONALES

3.4.1. Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido (Tabla 9)

Estudios realizados por Boekel y otros (2010), mencionan que la aplicación de procesos de calentamiento, maceración o triturado pueden provocar cambios y efectos de reducción en el contenido de compuestos químicos de los alimentos procesados en comparación con los alimentos frescos sin ningún procesamiento.

La concentración de carotenoides en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presenta diferencias estadísticamente diferentes entre variedades en estado crudo en comparación con datos después de la cocción. El porcentaje de reducción varía desde el 13% hasta el 41%, según la variedad. La variedad con mayor concentración de carotenoides en hojas en estado crudo fue el genotipo ECU 18949 (217,13 ug/g), este valor se redujo a 189,52 ug/g después de la cocción, coincidiendo con la investigación de Rodríguez, (1999), manifiesta que el escaldado de los alimentos puede provocar la pérdida de carotenoides, aunque la inactivación de las enzimas que los producen evita una mayor pérdida durante el procesamiento y almacenamiento.

El contenido de antioxidantes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca muestra diferencias significativas entre valores crudos frente a resultados después de la cocción. Donde la variedad ECU-18949 presentó mayor concentración de antioxidantes (11,69g/100g) en hojas en estado crudo, reduciendo su contenido de antioxidantes después de la cocción (6,86g/100g). Se determina que el porcentaje de antioxidantes se reduce desde el 42% hasta el 90%, dependiendo de la variedad. En un estudio realizado por Barragán, M., (2017), Se comprobó la degradación de los compuestos antioxidantes es mayor durante el proceso de cocción.

El contenido de fenoles en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca se redujo en tres variedades después de la aplicación de cocción, con diferencias estadísticamente diferentes entre variedades y estado de las crudo-cocido, donde la variedad de hojas ECU-18949, en estado crudo muestra el mayor contenido de

fenoles (0,98g/100g), este valor disminuyó de la cocción (0,78 g/100g). Considerando un porcentaje de reducción del 20% hasta el 62%, dependiendo del genotipo. El contenido de compuestos fenólicos disminuyó durante la cocción menciona Dini, I., (2010).

Tabla 9.

Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, estado crudo vs estado cocido

| ESTADO | GENOTIPO | CAROTENOIDES | ANTIOXIDANTES | FENOLES |
|---------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|
| | | TOTAL (µg/g) | g/100g | g/100g |
| CRUDO | ECU 1206 | 314,26 ± 0,99 a | 33,26 ± 0,94 a | 0,68 ± 0,06 bc |
| CRUDO | ECU 18969 | 242,18 ± 0,99 c | 31,05 ± 0,94 a | 0,78 ± 0,06 ab |
| CRUDO | ECU 18949 | 217,13 ± 0,99 d | 11,69 ± 0,94 c | 0,98 ± 0,06 a |
| CRUDO | ECU 18932 | 303,90 ± 0,99 b | 23,09 ± 0,94 b | 0,78 ± 0,06 ab |
| COCIDO | ECU 1206 | 186,17 ± 0,99 e | 7,00 ± 0,94 d | 0,26 ± 0,06 d |
| COCIDO | ECU 18969 | 187,42 ± 0,99 e | 7,06 ± 0,94 d | 0,53 ± 0,06 bcd |
| COCIDO | ECU 18949 | 189,52 ± 0,99 e | 6,83 ± 0,94 d | 0,78 ± 0,06 a |
| COCIDO | ECU 18932 | 214,82 ± 0,99 d | 2,21 ± 0,94 e | 0,48 ± 0,06 cd |
| Valor p | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Nota: *Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (p=0.05), según la prueba de Tukey.

Fuente: Yungán, E., 2023

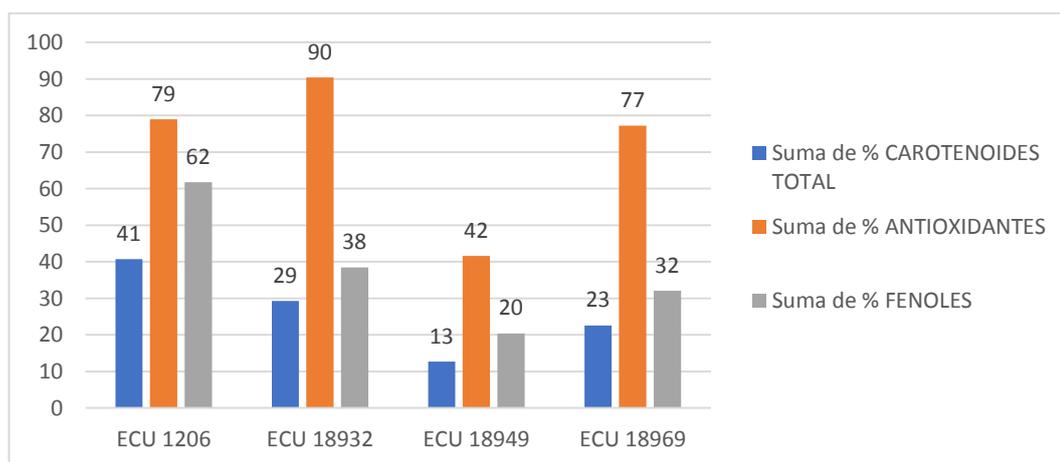


Gráfico 3.

Porcentaje de reducción de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca

Fuente: Yungán, E., 2023

3.4.2. Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido (Tabla 10)

La concentración de carotenoides en hojas de cuatro genotipos de camote, presentan resultados estadísticamente diferentes ($p < 0,0001$), entre variedades crudas y cocidas. La variedad Toquecita muestra mayor concentración de carotenoides en hojas en estado crudo (289,34ug/g), este valor se redujo notablemente a 60,03ug/g (21%) después de la aplicación de cocción a las hojas. Se establece la reducción de los carotenoides en un porcentaje que va desde el 52% hasta el 81%. Recientemente se han evaluado los efectos de diferentes métodos de cocción sobre los niveles de carotenoides en zanahorias, demostrando que cuanto menor es el tiempo y la temperatura de cocción y menor el contacto con el agua, mayor es la retención de carotenoides. (Meléndez Martínez, Vicario, F, & Heredia., 2015)

El contenido de antioxidantes en hojas de cuatro genotipos de camote muestra diferencias estadísticamente diferentes ($p < 0,0001$), entre resultados de hojas crudas y cocidas. La mayor concentración de antioxidantes en hojas antes de la cocción muestra la variedad Toquecita (14,76g/100g), este valor disminuyó después de la cocción (4,59g/100g), el contenido de antioxidantes se redujo entre 34% y 69% en las diferentes variedades. En un estudio realizado por Loubet, A. (2010), evaluando el efecto de la cocción sobre el contenido y capacidad antioxidante de la flor de calabaza observo un decremento con diferencias estadísticas significativas con respecto a flores en estado crudo-cocido y a los demás tratamientos. (Loubet, 2016).

La concentración de fenoles en hojas de cuatro variedades de camote presenta resultados estadísticamente diferentes entre variedades en estado crudo y después de la cocción. Donde el contenido de fenoles disminuye su concentración entre el 16% y 33%, entre las diferentes variedades. Gutiérrez y otros (2007), mostraron una reducción significativa del 10,33% en compuestos fenólicos en la fruta cocida.

Tabla 10.

Efecto de la cocción en el contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote, estado crudo vs estado cocido

| ESTADO | GENOTIPO | CAROTENOIDES | ANTIOXIDANTES | FENOLES |
|---------|-------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
| | | TOTAL ($\mu\text{g/g}$) | g/100g | g/100g |
| CRUDO | Pedrito | 211,66 \pm 6,69 b | 11,76 \pm 0,48 b | 1,13 \pm 0,04 bc |
| CRUDO | Toquecita | 289,34 \pm 6,69 a | 14,76 \pm 0,48 a | 0,93 \pm 0,04 cde |
| CRUDO | Guayaco M | 130,36 \pm 6,69 d | 10,88 \pm 0,48 b | 1,36 \pm 0,04 a |
| CRUDO | Buena Vista | 172,79 \pm 6,69 c | 11,57 \pm 0,48 b | 1,32 \pm 0,04 ab |
| COCIDO | Pedrito | 40,63 \pm 6,69 f | 4,03 \pm 0,48 d | 0,95 \pm 0,04 cd |
| COCIDO | Toquecita | 60,03 \pm 6,69 ef | 4,59 \pm 0,48 d | 0,73 \pm 0,04 e |
| COCIDO | Guayaco M | 62,87 \pm 6,69 ef | 7,13 \pm 0,48 c | 0,98 \pm 0,04 cd |
| COCIDO | Buena Vista | 83,12 \pm 6,69 e | 5,47 \pm 0,48 cd | 0,88 \pm 0,04 de |
| Valor p | | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Nota: *Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p=0.05$), según la prueba de Tukey.

Fuente: Yungán, E., 2023.

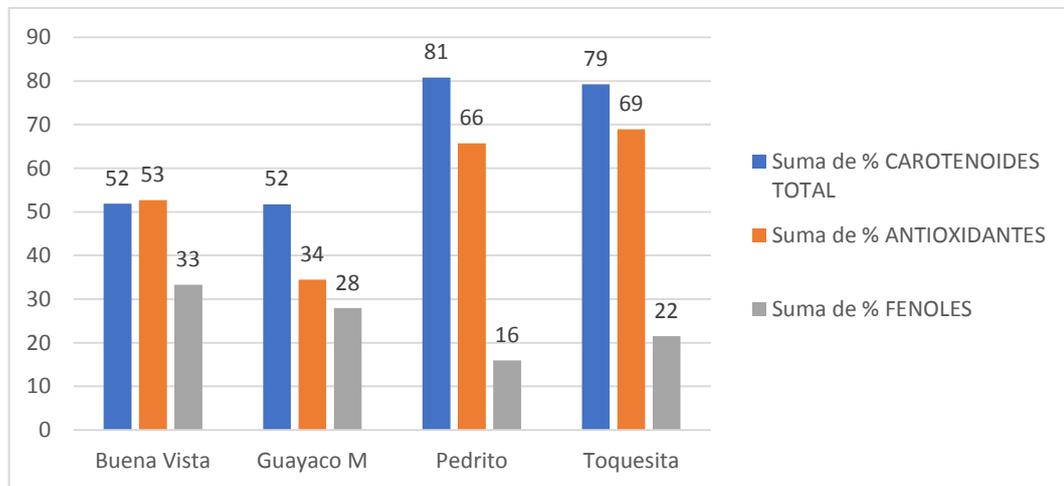


Gráfico 4.

Porcentaje de reducción de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de Camote

Fuente: Yungán, E., 2023

4. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca la variedad ECU 18969 presenta menor concentración en alcaloides y saponinas (1,14 mg/100g y 2,22 mg/100g), mientras que la variedad ECU 1206 obtuvo una concentración menor en taninos y nitratos (1,82g/100g y 28.28 mg/100g), para la concentración de oxalatos presenta menor valor la variedad ECU 18949 (6,28 mg/100g) y para el contenido de glucosinolatos la variedad ECU 18932 (902,80 mg/100g) presentó menor concentración. Por otro lado, los resultados del contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca se obtuvo mayor concentración de carotenoides y antioxidantes en la variedad ECU 1206 (314,14 µg/g y 33,26 g/100, respectivamente) y la mayor concentración de fenoles se evidencio en la variedad ECU 18949 con un valor de 0,98 g/100g.
- Los resultados obtenidos en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote la variedad Toquecita presenta menor concentración en alcaloides, saponinas y taninos (4,21 mg/100g;1,09 mg/100g y 3,29 g/100g), mientras que la variedad Guayaco M obtuvo una concentración menor en oxalatos (9,40 mg/100g), para la concentración de nitratos presenta menor valor la variedad Pedrito (11,56 mg/100g) y para el contenido de glucosinolatos la variedad Buena Vista (183,43 mg/100g) presentó menor concentración. Por otro lado, los resultados del contenido de compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de camote se obtuvo mayor concentración de carotenoides en la variedad Guayaco M (130,36µg/g), en la variedad Pedrito presento mayor contenido de antioxidantes (11,76g/100g) y la mayor concentración de fenoles se evidencio en la variedad Toquecita con un valor de 0,93 g/100g.
- Evaluando el efecto de la cocción en la disminución del contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca, se obtuvo una reducción significativa con valores estadísticamente diferentes entre resultados en estado crudo y cocido, donde se comparó porcentualmente la disminución de cada analito, es así el contenido de alcaloides redujo su concentración entre 19% y 80%, dependiendo de la variedad; en cuanto al contenido de saponinas presentó una leve disminución entre el 5% y 24% en su concentración. Por otro

lado, el contenido de oxalatos redujo su contenido entre el 24% al 51% después de la aplicación del proceso de cocción. Para el caso del contenido de taninos redujo su concentración entre el 79% y 93%, de la misma manera la concentración de nitratos disminuye entre el 46% y 83% y por último el contenido de glucosinolatos se reduce en un porcentaje del 61% hasta el 78%, al estar en contacto con el calor, valores similares obtenidos en estudios anteriores en diferentes hojas de vegetales. Para el caso de compuestos funcionales en hojas de zanahoria blanca se redujo su concentración de carotenoides entre un 13% hasta un 41%, de la misma forma el contenido de antioxidantes disminuyó su porcentaje entre el 42% hasta el 90% y por último el contenido de fenoles redujo en porcentajes que van desde el 20% hasta el 62%.

- Por otro lado, el efecto de la cocción en el contenido de antinutrientes en hojas de cuatro genotipos de camote, presentaron disminución en los valores obtenidos en estado crudo, con diferencias estadísticamente significativas entre resultados en estado crudo vs cocido, donde el contenido de alcaloides se redujo en porcentajes que van desde el 41% hasta el 84%; para el caso de la concentración de saponinas se redujo entre el 3% y 35% entre las variedades, en cuanto al contenido de oxalatos disminuyó su concentración entre el 9% y 29% en las variedades de hojas de camote. Referente al contenido de taninos se redujo entre el 81% y 94% en la concentración, dependiendo la variedad. Para el caso del contenido de nitratos se obtuvo una reducción entre el 5% al 55% y para el contenido de glucosinolatos se redujo en un porcentaje entre el 40% hasta el 69%, según la variedad, porcentajes equivalentes obtenidos por varios autores en estudios de investigación. Para el caso de compuestos funcionales en hojas de Camote se redujo su concentración de carotenoides entre un 52% hasta un 81%, de la misma forma el contenido de antioxidantes disminuyó su porcentaje entre el 34% hasta el 69% y por último el contenido de fenoles redujo en porcentajes que van desde el 16% hasta el 33%, con diferencias estadísticas significativas.
- Los resultados de antinutrientes obtenidos en hojas de zanahoria blanca y camote se compararon con los valores de tolerancia de consumo establecida en

diferentes fuentes, donde la concentración de alcaloides, oxalatos y nitratos no cumple con el límite legal y para el contenido de saponinas, taninos y glucosinolatos se obtuvo valores dentro del parámetro legal.

5. RECOMENDACIONES

- En los resultados obtenidos del efecto de la cocción en la disminución de antinutrientes y compuestos funcionales se redujeron en diferentes porcentajes donde se detectó una pérdida importante de los compuestos funcionales, siendo necesario realizar estudios adicionales para encontrar un balance entre los factores mencionados.
- Esta investigación se realizó a nivel de laboratorio, por lo que es importante la aplicación a nivel industrial, donde se pueda evaluar en alimentación animal.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (1964). *Association of official Analytical Chemist, 952.03,1964. Métodos. Peer Verifed Methods. Manual on Polices and Procedures.* Arlington, Estados Unidos.
- Abdelrahaman, S. M., El Maki, H. B., Babiker, E. E., & El Tinay, A. H. (2005). Effect of malt pretreatment followed by fermentation on antinutritional factors and HCl- Extractability of minerals of pearl millet cultivars. *Journal of Food Technology*, 529-534.
- Abdulrasheed-Hadiza, H., Akilu, M., & Mohammed, M. (2020). Phytochemical Analysis of Daucus Carota and Zingiber officinale Samples Collected from Gwarimpa Abuja Nigeria. *Journal of Diseases and Medicinal Plants*, 4(2). doi:<https://pdfs.semanticscholar.org/1045/97fee0069602514abd93b7ca2b71ecbf3db9.pdf>
- Agerbirk, N., & Olsen, C. E. (2012). *Glucosinolate structures in evolution.* Phytochemistry.
- Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Sabir-Tariq, R. M., . . . Akhtar, S. (2019). Phytochemicals in Daucus carota and Their Health Benefits—Review Article. *Foods*, 8(9).
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, 438.
- Akorede, G. J., Ambali, S. F., Hudu , M. G., Suleiman, M. M., Suleiman, K. Y., Abdulrahin, H. A., & AbdulMajeed, I. (2020). Carbamazepine evoked reproductive toxicity in male Wistar rats: Protective propeties of Moringa oliifera leaves methanolic extract. *Comparative Clinical Pathology*, 1179.
- Aledo, J. (2012). "Efecto de diferentes niveles de aireación en la solución nutritiva en dos variedades de lechuga “baby leaf”, cultivadas en un sistema de bandejas flotantes". *Proyecto fin de carrera*, 18.
- AOAC, 9. (1965). Tannin in distilled liquors. Spectrophotometric method. *AOAC Official Method*, 1.
- Arturo-Perdomo, L. F. (2017). *Estudio químico de los alcaloides presentes en las hojas de yerbamora (Solanum nigrum L.), originaria de los municipios de pasto y chachagüí [Tesis de pregrado]*. Nariño: Universidad de Nariño. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/3795/1/Trabajo%20de%20grado%20Luis%20F%20elipe%20Arturo.pdf>

- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S., & Orlie, V. (2016). *Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products*. Trends Food Sci. Technol.
- Barragán Condori , M., & Aro Aro, J. M. (2017). Determinacion del efecto de procesos de coccion en papas nativas pigmentadas (*Solanum tuberosum* spp. andigena) sobre sus compuestos bioactivos. *Rev. Investig. Altoandin.*
- Bashir, R., Tabassum, S., Rashid, A., Rehman, S., Adnan, A., & Ghaffar, R. (2022). *Componentes bioactivos de los tubérculos*. Avances en la investigación de hortalizas de raíz. doi: 10.5772/intechopen.105961
- BASURTO, F., MARTÍNEZ., D., RODRÍGUEZ., T., EVANGELISTA., V., MENDOZA., M., CASTRO., D., . . . VAYLÓN, V. (2015). *Conocimiento actual del cultivo de Camote (Ipomoea batata (L.) Lam) en México*. . Agro Productividad.
- Beretta , A. (2011). Niveles de nitrato en hortalizas de hoja en Uruguay: valores típicos, rangos de variación y evaluación de metodologías de determinación. 8.
- Britton, G., & Khachik , F. (2009). Home Carotenoids Chapter. *Carotenoids book series* , 45-66.
- Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). *Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries*. J. Food Eng.
- Cáceres, A., Martínez-Arévalo, V., Mérida-Reyes, M. S., Sacbajá, A., López, A., & Cruz, S. M. (2019). Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(2). Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/jcestrada,+Art.+5.pdf
- Campana , A. (1988). Efecto del Hervido y del Lavado, Sobre el Peso, Volumen y Contenido de Alcaloides en el Grano de Tarwi. *Trabajo presentado en el III Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. La Paz, 303.
- Carbajal, D. S. (2019). Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*). *Tesis de Pregrado*, 69.
- Carbajal-Basillo, D. (2019). *Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades de pituca (Colocasia esculenta) [Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional Daniel Acédez Carrión.
- Cartea, M., Francisco , M., Abilleira , R., & Velasco, P. (2008). Degradación desde el campo hasta la mesa. *Degradación desde el campo hasta la mesa*. *Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola*, 54.
- Castillo, R. (1984). La Zanahoria Blanca. *Desde el surco*, 41.

- Cataldo, D. A., Maroon, M., Schrader, L. E., & Youngs, V. L. (2008). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 71-80.
- Chao-Chen, T., Asif, A., Bo-Ping, F., Ming-Huan, L., Jing-Yi, C., Le-Fei, H., & Zhang-Ying, W. (Marzo de 2021). Nutritional composition and health benefits of leaf-vegetable sweet potato in South China. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103714>
- Chaparro-Acuña, S. P., Aristizábal-Torres, I., & Gil-González, J. H. (2009). Composición y factores antinutricionales de las semillas de Mucuna. *Facultad Nacional de Agronomía*.
- Cheeke, P. R. (2000). Actual and Potential Applications of Yucca schidigera and Quillaja saponaria Saponins in Human and Animal Nutrition. *Springer*, 2.
- Chotimah, S., & Fajarini, D. (2013). Reduksi kalsium oksalat dengan perebusan menggunakan larutan nacl dan penepungan untuk meningkatkan kualitas sente (Alocasia macrorrhiza) sebagai bahan pangan. 2(2). doi:<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtki/article/view/2611>
- Cissé, M., Bohuon, P., Sambe, F., Kane, C., Sakho, M., & Dornie, M. (2011). Aqueous extraction of anthocyanins from Hibiscus sabdariffa: Experimental kinetics and modeling. *J. Food Eng.*
- Cobeña, G., & Hinostroza, F. (2003). Situación actual del Camote (Ipomoes batatas L.) en Ecuador en Taller sobre "Estrategias para el uso del camote en la alimentación humana y animal". *Centro Internacional de la Papa CIP*, 4.
- Cofre-Santos, F., & Saltos-Espín, R. D. (Junio de 2018). Evaluación del rendimiento y la calidad de la zanahoria (Daucus carota L.) en dos sistemas de producción orgánico y convencional. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 1(1), 05-16. doi: <https://doi.org/10.46380/rias.v1i1.11>
- CONABIO, C. N. (2019).
- Conversa, G., Bonasia, A., Natrella, G., Lazzizzera, C., & Elia, A. (2021). Peeling Affects the Nutritional Properties of Carrot Genotypes. *Foods*, 11(1). doi:10.3390/foods11010045
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, L., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 2.
- Cruz-Tobar, E., Vega-Chariguamán, J., Guitierrez-Albán, A., Gonzalez-Rivera, M., Saltos-Espín, R., & Gonzalez-Rivera, V. (2018). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de zanahoria (Daucus carota L). *Revista de Investigación Talentos*, 2. doi:<https://doi.org/10.33789/talentos.5.81>

- Denny, A., & Buttriss, J. (2007). Plant Foods and Health: Focus on Plant Bioactives. *British Nutrition Foundation*, 18.
- Díaz, D., C., A., Losada, J. S., & Botero, A. (2015). *Investigación de mercados*.
- Dini, I., Tenore, G., & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter Chenopodium quinoa seeds. *Food Science and Technology*, 447.
- Donoso-Calderón, S. (2022). *Evaluación de la producción de biomasa aérea y del rendimiento en aceite esencial y boldina, de Boldo (Peumus boldus Mol.) en la Comuna de Papudo, V Región [Tesis de pregrado]*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. doi:<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105130>
- EFSA, (F. (2008). Nitrate in vegetables. *EFSA*.
- Endrias, D., Negussie, R., & Gulelat, D. (2016). Comparison of three sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) varieties on nutritional and anti-nutritional factors. *Global Journal of Science Frontier Research*, 16(4). doi:https://globaljournals.org/GJSFR_Volume16/5-Comparison-of-Three-Sweet.pdf
- Espic, M. (2007). EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA ÁEREA Y DEL RENDIMIENTO EN ACEITE ESENCIAL Y BOLDINA, DE BOLDO (*Peumus boldus* Mol.) EN LA COMUNA DE PAPUDO, V REGIÓN. *Tesis*, 4.
- Feng, Q., Xi-Lin, H., Guang-Long, W. Z.-S., Guo-Fei, T. T., Ya-Hui, W., Ahmed, K., & Ai-Sheng, X. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*(69).
- Fenwick, G. R., Price, K. R., Tsukamoto, C., & Okubo, K. (1991). Toxic Substances in crops Plants. *ScienceDirect*, 285-327.
- Francisco, M., Velasco, P., Moreno, D., García-Viguera, C., & Cartea, M. (2010). Métodos de cocción de Brassica rapa afectan la conservación de glucosinolatos, fenólicos y vitamina C. *Food Research International*, 43(5).
- Frank, H. A., Chynwat, V., Desamero, R. B., Farhoosh, R., Erickson, J., & Bautista, J. (2009). *On the photophysics and photochemical properties of carotenoids and their role as light-harvesting pigments in photosynthesis*. Pure and Applied Chemistry.
- Franková, H., Musilová, J., Árvay, J., Šnirc, M., Jančo, I., Lidiková, J., & Vollmannová, A. (2022). Changes in Antioxidant Properties and Phenolics in Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* L.) Due to Heat Treatments. *Molecules*, 27(6). doi:<https://doi.org/10.3390/molecules27061884>
- Ganzler, K., Salgó, A., & Valkó, K. (1986). *Microwave extraction. A novel sample preparation method for chromatography*. *J. Chromatogr.*

- García, L. (2009). Contenido total de taninos condensados en las variedades Pinto Zapata, Azufrado Higuera, Negro 8025 y Bayo Madero de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cosidas por calentamiento óhmico. *Tesis de Maestría*, 10.
- Goneim, G. A., Ibrahim, F. Y., & El-Shehawy, M. (2011). Carrot leaves: antioxidative and nutritive values. *J. Food and Dairy Sci*, 2(4).
- Guerrero, G. (2013). EFECTO DEL PROCESAMIENTO EN LA DISMINUCIÓN DE COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES EN ONCE CULTIVARES DE PAPA (*Solanum tuberosum*). *Tesis de Pregrado*, 80.
- Gurumoorthi, P., Janardhanan, K., & Myhrman, R. (2008). Effect of differential processing methods on L-Dopa and protein quality in velvet bean, an underutilized pulse. *LWT-Food Science and Technology*, 588.
- Gutiérrez, J., Santiago, Y., Hernández, A., Pinedo, J., López, G., & López, C. (2007). Influencia de los métodos de cocción sobre la actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Nova Scientia*, 53.
- Hagerman, A. E. (2012). Recent Advances in Polyphenol Research, Volume 3. *Wiley*.
- Hartisch, C., Kolodziej, H., & Von Bruchhausen, F. (1997). Dual inhibitory activities of tannins from *Hamamelis virginiana* and related polyphenols on 5-lipoxygenase and lyso-PAF: acetyl-CoA acetyltransferase. *Planta Medica*, 106-110.
- Hellstrom, J., Granato, D., & Mattila, P. H. (Octubre de 2020). Accumulation of Phenolic Acids during Storage over Differently Handled Fresh Carrots. 9(10). doi:10.3390/foods9101515
- Hermann, M. (1992). Recursos fitogeneticos de cultivos andinos . *Agronoticias N°15*, 9.
- Higuera Rosero, M., & Prado Argoti, R. (2013). DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE SNACKS A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *Tesis de Pregrado*.
- Hoang-Chinh, N., Chang-Chang, C., Kuan-Hung, L., Pi-Yu, C., Hsin-Hung, L., & Men-Yuan, H. (Abril de 2021). Bioactive Compounds, Antioxidants, and Health Benefits of Sweet Potato Leaves. *Molecules*, 26(7). doi: 10.3390/molecules26071820
- Hodge, O. (1959). The edible arracacha-a little-know root crop of the Andes. *Economy Botany* 8.
- Huamán, Z. (1991). *Descritores de la Batata*. Roma: CIP;AVRDC; IBPGR.

- INIAP. (1995). Manejo integral de recursos fitogeneticos de raices y tuberculos andinos en Ecuador. *DENAREF*, 44.
- ISO 9167. (2019). Determination of glucosinolates content. 1-9.
- ISO 9167. (2019). *Determination of glucosinolates content. 1-9.*
- Jang, Y., & Koh, E. (2019). Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves. *Food Science and Biotechnology*, 28. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-018-0481-3>
- Jimenez, F. (2005). *Características nutricionales de la arracacha.*
- Kapusta-Duch, J., Kusznierevicz, B., Leszczyńska, T., & Borczak, B. (2016). Effect of cooking on the contents of glucosinolates and their degradation products in selected Brassica vegetables. *Journal of Functional Foods*, 23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.03.006>
- Kasaye, T., Melese, A., Amare, G., & Hailaye, G. (2013). Effect of Fermentation and Boiling on Functional and Physico Chemical Properties of Yam and Cassava Flours. *Journal of Agricultural Science and Food Research*. doi:<https://www.longdom.org/open-access/effect-of-fermentation-and-boiling-on-functional-and-physico-chemical-properties-of-yam-and-cassava-flours-17961.html#:~:text=Processing%20methods%20have%20an%20impact,th e%20pH%20value%20of%203.37>.
- Kim, J. S., Lim, J. H., & Cho, S. K. (Junio de 2023). Effect of antioxidant and anti-inflammatory on bioactive components of carrot (*Daucus carota* L.) leaves from Jeju Island. *Applied Biological Chemistry*, 66(34). doi:<https://doi.org/10.1186/s13765-023-00786-2>
- Koka-Bozalan, Nuray, & Karadanys, F. (2011). Carotenoid Profile, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Carrots. *International Journal of Food Properties*, 14.
- Kotíková, Z., Lachman, J., Hejtmánková, A., & Hejtmánková, K. (2011). Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 1703-1710.
- Lacaille-Dubois, M. A., & Wagner, H. (1996). A review of the biological and pharmacological activities of saponins. *Phytomedicine*.
- Lachman, J., Hejtmánková, K., & Kotíková, Z. (Marzo de 2013). Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: Selection for breeding and production. *Journal of Cereal Science*, 57(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.05.011>

- Lago, L. (2011). El cultivo de la batata, una oportunidad agroalimentaria para pequeños productores de clima cálido. *Converio SENA-SAC*, 1-40.
- Laveriano-Santos, E. P., López-Yerena, A., Jaime-Rodríguez, C., González-Coria, J., Lamuela-Raventós, R. M., Vallverdú-Queralt, A., . . . Pérez, M. (Septiembre de 2022). Sweet Potato Is Not Simply an Abundant Food Crop: A Comprehensive Review of Its Phytochemical Constituents, Biological Activities, and the Effects of Processing. *Antioxidants*, 11(9). doi: 10.3390/antiox11091648
- Long-Jeng, T., Chi-Lai, C., Chen-Liao, T., Yue-Lin, Su, & Min-Sung, J. (2015). Effects of drying on caffeoylquinic acid derivative content and antioxidant capacity of sweet potato leaves. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(4). Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.07.002>
- Loubet, A. L. (2016). Efecto de la cocción sobre el contenido y capacidad antioxidante de la flor de calabaza. *Tesis de maestría*, 86.
- Maradini, A., Pirozi, M., Da Silva, J., Pinheiro-Sant'Ana, H., Paes, J., & Dos Reis, J. (2015). *Quinoa: Nutritional, Functional and Antinutritional Aspects*. Food Science and Nutrition.
- Martínez, M. C., & Cano, A. (2009). Plantas medicinales con alcaloides en la provincia de Jaén. *Instituto de Estudios Giennenses*, 134.
- Mbaeyi-Nwaoha, I., & Emejulu, V. (2013). Evaluation of Phytochemical Composition and Antimicrobial Activity of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Leaf. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12. Obtenido de 10.3923/pjn.2013.575.586
- Mbofung, C. F., Rigby, N., & Waldron, K. (1999). Use of two varieties of hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*) and cowpeas (*Vigna unguiculata*) in the processing of koki (a steamed legume product). *Plant Foods for Human Nutrition*, 143.
- Medina-Meza, I. G., Aluwi, N. A., Saunders, S. R., & Ganjyal, G. M. (2016). GC-MS Profiling of Triterpenoid Saponins from 28 Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in Washington State. *J Agric Food Chem*.
- Medina-Meza, I. G., Aluwi, N. A., Saunders, S. R., & Ganjyal, G. M. (Noviembre de 2016). GC-MS Profiling of Triterpenoid Saponins from 28 Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in Washington State. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(45). doi:10.1021/acs.jafc.6b02156
- Meléndez Martínez, A. J., Vicario, F. I. M., & Heredia, F. J. (2015). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 4.

- Montaner, C., Mallor, Cristina, Laguna, S., & Zufiaurre, R. (2022). Bioactive compounds, antioxidant activity, and mineral content of bróquil: A traditional crop of Brassica oleracea var. italica. *Front Nutr.*, 9(1006012.). doi:<https://doi.org/10.3389%2Ffnut.2022.1006012>
- Muhlack, R. A., Potumarthi, R., & Jeffery, D. W. (2018). *Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for valueadded products*. Waste Manag.
- Muro, J., Irigoyen, I., & Lamsfus, C. (1988). Acumulación de nitratos en hortalizas de hoja. *Avances en el Metabolismo del Nitrógeno*.
- Naczki, M., & Shahidi, F. (2004). *Extraction and analysis of phenolics in food*. J. Chromatogr. A.
- Naik, V. V., Patil, N. S., Aparadh , V. T., & Karadge, B. A. (2014). METHODOLOGY IN DETERMINATION OF OXALIC ACID IN PLANT TISSUE: A COMPARATIVE APPROACH. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences*, 1662-1672.
- Naik, V. V., Patil, N. S., Aparadh, V. T., & Karadge, B. A. (2014). Methodology in determination of oxalic acid in plant tissue: a comparative approach. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences*, 5(2). Obtenido de <https://www.jgtps.com/admin/uploads/zyRG5Q.pdf>
- Nickel, J., Spanier, L. P., Botelho, F. T., Gularte, M. A., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of Chenopodium quinoa Willd grains. *Food Chemistry*, 139.
- Nieto, C., Muñoz, L., & Rivera, M. (1995). El cultivo de Camote (Ipomoea batatas) en Ecuador, su estado actual y perspectivas. *Programa de cultivos Andinos INIAP*.
- Oakenfull, D., & Sidhu, G. S. (1989). *Saponins: Toxicants of Plants Origin* (Vol. II). CRC Press.
- Obregón, S. (2016). *Estudio del contenido y valor nutracéutico de los glucosinolatos y otros compuestos presentes en nabizas y grelos (Brassica rapa L. var. rapa) cultivados en el sur de España*. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Ooko-Abong, G., Muzhingi, T., Wandayi-Okoth, M., Ng'ang, F., Ochieng, P. E., Mahuga-Mbogo, D., . . . Ghimire, S. (2020). Phytochemicals in Leaves and Roots of Selected Kenyan Orange Fleshed Sweet potato (OFSP) Varieties. *International Journal of Food Science*(3567972). Obtenido de <https://doi.org/10.1155/2020/3567972>

- Oropeza, M. (2012). “Alcaloides totales y actividad antioxidante de extractos metanólicos de hojas de Ipomoea murucoides (casahuate)”. *Tesis de Grado*, 24-26.
- Oropeza-Guerrero, M. (2012). Alcaloides totales y actividad antioxidante de extractos metanólicos de hojas Ipomoea murucoides. [Tesis de licenciatura]. Universidad Tecnológica de la mixteca.
- Palomo , I., Yuri, J. A., Moore-Carrasco, R., Quilodrán, A., & Neira , A. (2010). EL CONSUMO DE MANZANAS CONTRIBUYE A PREVENIR EL DESARROLLO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES Y CÁNCER: ANTECEDENTES EPIDEMIOLÓGICOS Y MECANISMOS DE ACCIÓN. *Revista Chilena de nutricion*.
- Parveen, A., Choi, S., Kang, J.-H., Hyun-Oh, S., & Yeou-Kim, K. (Enero de 2021). Trifostigmanoside I, an Active Compound from Sweet Potato, Restores the Activity of MUC2 and Protects the Tight Junctions through PKC α/β to Maintain Intestinal Barrier Function. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(1). doi:10.3390/ijms22010291
- Paul, R., Gayathri, R., & Priy, V. (2017). Preliminary Phytochemical Analysis and Estimation of Total Phenol Content. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 45(1).
- Petroski, W., & Minich, D. M. (Octubre de 2020). Is There Such a Thing as “Anti-Nutrients”? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. *Nutrients*, 12(10). doi:10.3390/nu12102929
- Pinelo, M., Arnous, A., & Meyer, A. S. (2006). *Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release*. Trends Food Sci. Technol.,.
- Pochapski, M. T., Fosquiera, E. C., Esmerino, L. A., Brasil-Dos Santos, E., Farago, P. V., Santos, F. A., & Groppo, F. C. (2012). Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activities of the crude leaves’ extract from Ipomoea batatas (L.) Lam. *Pharmacogn Mag*, 7(26). doi:10.4103/0973-1296.80682
- Puértolas, E., Koubaa, M., & F. J. Barba. (2016). *An overview of the impact of electrotechnologies for the recovery of oil and high-value compounds from vegetable oil industry: Energy and economic cost implications*. Food Res. Int.
- Pujol-Garcia, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R., & Sierra, G. (2023). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta Sapindus saponaria L que crece en Cuba. *Bionatura*, 5(3). doi:http://dx.doi.org/10.21931/RB/20120.05.03.7

- Quincho, E. R., & Oré, F. V. (2015). Efecto de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B) en un modelo experimental de poliquistosis ovárica. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 399-400.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 1231-1237.
- Rea, J. (1992). Raíces andinas. Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492. *Produccion y proteccion Vegetal*, 170.
- REGLAMENTO (UE) No 231/2012, D. L. (2012). Por el que se establecen especificaciones para los aditivos alimentarios que figuran en los anexos II y III del Reglamento (CE) no 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*.
- REGLAMENTO 2023/915, U. (2023). Relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.o 1881/2006. *Diario Oficial de la Unión Europea*.
- Rehman, Z. U., & Shah, W. H. (2005). Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*, 327.
- Roberts, M., & Wink, M. (1998). *Alkaloid biochemistry, ecology and medical applications*. . New York: Plenum Press.
- Rodriguez Amaya, D. (1999). Changes in carotenoids during processing and storage of foods. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* , 3847.
- Salehzadeh, H., Maleki, A., Rezaee, R., Shahmoradi, B., & Ponnet, K. (2022). The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their health-related risks. *PLoS One.*, 15(1). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227551>
- Sarceño, C. A. (2015). Adaptabilidad de cultivares de camote (*Ipomoea batatas*) en Moyuta Jutiapa. *Tesis de Grado*, 52.
- Savage, G. P., & Martensson, L. (2010). Comparison of the estimates of the oxalate content of taro leaves and corms and a selection of Indian vegetables following hot water, hot acid and in vitro extraction methods. *Food Composition and Analysis*, 113.
- Scorsatto, M., Pimentel, A., Ribeiro-Da Silva, A. J., Sabally, K., Rosa, G., & Moraes - De Oliveira, G. M. (2017). Assessment of Bioactive Compounds, Physicochemical Composition, and In Vitro Antioxidant Activity of Eggplant Flour. *Int. J. Cardiovascular Science*, 30(3). doi:<https://doi.org/10.5935/2359-4802.20170046>
- Shahbazzadegan, S., Hashemimajd, K., & Shahbazi, B. (2010). Determination of nitrate concentration of consumed vegetables and fruits in Ardabil. *Journal*

of *Ardabil University of Medical Sciences*, 10(1).
doi:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6952105/>

- Song, R., Ismail, M., Baroutian, S., & Farid, M. (11 de 2018). Effect of Subcritical Water on the Extraction of Bioactive Compounds from Carrot Leaves. *Food and Bioprocess Technology* .
- Sonobe, R., & Hirono, Y. (2023). Carotenoid Content Estimation in Tea Leaves Using Noisy Reflectance Data. *Remote Sens*, 15(17).
- Sturzoiu, A., & Stroescu, M. (2011). *Empirical Models Applied for Kinetics Extraction of β β β β -carotene from Rosa canina*. REV. CHIM.
- Suresh, D., Manjunatha, H., & Srinivasan, K. (2007).). Effect of heat processing of spices on the concentrations of their bioactive principles: Turmeric (*Curcuma longa*), red pepper (*Capsicum annuum*) and black pepper (*Piper nigrum*). *Food Composition and Analysis*, 246.
- Thu-Phan, M. A., Paterson, J., Bucknall, M., & Arcot, J. (Julio de 2018). Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58. doi:10.1080/10408398.2016.1254595
- Valdés, A. (2015). *Contenido de nitratos en lechuga (Lactuca sativa L.) cultivada en la 3ª Zona de Riego del Río Mendoza [Tesis de pregrado]*. Mendoza: Universidad Nacional del Cuyo. Obtenido de https://ddhh.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/6681/tesis-brom.-anala-valds.pdf
- Van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Staton, C., Scholz, G., & Lalljie, S. (2010). A review on the beneficial aspects of food processing. *Mol Nutr Food*, 1215.
- Vera, S., Koudela, M., Chmelorova, H., Hajslova, J., & Novotny, C. (2022). Assessment of Carrot Production System Using Biologically Active Compounds and Metabolomic Fingerprints. *Agronomy*, 12(8). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/agronomy12081770>
- VIDAL, A., ZAUCEDO, A., & RAMOS, M. (2019). *Propiedades nutrimentales del camote (Ipomoea batatas L.) y sus beneficios en la salud humana* . Revista Iberoamericana de Tecnología de postcosecha .
- Virost, M., Tomao, V., Bourvellec, C. L., Renard, C. M., & Chemat, F. (2010). *Towards the industrial production of antioxidants from food processing by products with ultrasound-assisted extraction*. Ultrason. Sonochem.
- Wang, N., Zhang, X., Wang, S., Guo, Q., Li, Z., & Liu, H. (2020). *Structural characterisation and immunomodulatory activity of polysaccharides from white asparagus skin Carbohydrate Polymers*.

- Waterhouse, A. L. (Febrero de 2003). Current Protocols in Food Analytical Chemistry. doi:<https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- Waterhouse, A. L. (2003). Determination of Total Phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- Zapata , L., Gerard, L., Davies , C., & Schvab, M. (2007). Estudio de los componentes y actividad antioxidante en tomate. *Ciencia, Docencia y Tecnología* , 173-193.
- Zhang, D. P., Carbajulca, D., Ojeda, S., Rossel , G., Milla, S., Herrera, C., & Ghislain, M. (2000). Microsatelleti analysis of genetic diversity in sweet potsto varieties from Latino America. *CIP Program Report*, 295-301.
- Zhou, Y., Tian, Y., & Yang, B. (2023). Root vegetable side streams as sources of functional ingredients for food, nutraceutical and pharmaceutical applications: The current status and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 133. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.05.006>

7. ANEXOS

ANEXO 1

MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES

Se llevó a cabo utilizando el método de Kotiková, Lachman, Hejtmánková y Hejtmánková (2011). Se tomó 0,125g de muestras de hojas en un vaso de precipitación, se añadió 15ml de acetona al 100%. Dejar en reposo por 2 días. Después de la extracción, las muestras se ultrasonificaron durante 15 minutos y luego se filtraron al vacío con papel de filtro (MicroGlass Heim Srl, Italia). El filtrado se transfirió cuantitativamente a un matraz de 25 ml y se ajustó el volumen con acetona. Los análisis de las muestras se llevaron a cabo utilizando un espectrofotómetro Jasco V-650. La absorbancia de los extractos de acetona se midió a 662nm, 645nm y 470nm. El contenido total de carotenoides se calculó con las siguientes ecuaciones:

Para 100% acetona (en g/mL de extracto vegetal)

$$C_a = 11.75A_{662} - 2.35A_{645} \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$C_b = 18.61A_{645} - 3.96A_{662} \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$C_{x-c} = \frac{(1000A_{470} - 2.27C_a - 81.4C_b)}{227} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

- C_a = contenido de clorofila a
- C_b = contenido de clorofila b
- C_{x-c} = contenido de carotenoides

2. DETERMINACIÓN DE ALCALOIDES

Obtención de los extractos metanólicos: Se pesó 1 g de muestra en polvo (secado y molido), se le adiciono MeOH (3x20ml), la mezcla se agitó por 20 minutos a temperatura ambiente y se centrifugó por 20 minutos a 3500 rpm. Los sobrenadantes se combinaron y se filtraron a través de papel filtro Whatman #1; la muestra extraída se evaporó a 40°C en un rotavapor al vacío.

Remoción de clorofilas: al extracto metanólico evaporado, se adiciono 10ml de agua y HCl 1M, hasta alcanzar un pH 2 y se realizó una extracción líquido-líquido, en un embudo de separación utilizando Et₂O (3x10ml), para eliminar las clorofilas. Al extracto libre de clorofilas se cuantificaron alcaloides y fenoles totales.

Separación de alcaloides de compuestos fenólicos: la fase acuosa acida, libre de clorofilas, se basificó con NaOH 1N, hasta alcanzar un pH 12 para obtener los alcaloides, los cuales se extrajeron con CHCl₃ (3x15ml), separándose de los compuestos fenólicos. Los extractos clorofórmicos se combinaron, secaron con Na₂SO₄, filtraron y evaporaron en el rotavapor al vacío hasta la sequedad, para

obtener un residuo incoloro viscoso. Este extracto libre de clorofilas y compuestos fenólicos se utilizó para cuantificar alcaloides totales.

Preparación de disoluciones

Ácido cítrico 0.2M: se pesaron 840mg de ácido cítrico, se disolvieron en agua y se aforo a un volumen de 50 ml con agua.

Buffer fosfato (p/v): se pesaron 7.16 g de Na_2HPO_4 , se disolvieron y agua y se aforo a un volumen de 100 ml. Se ajustó a un pH a 4.7 con ácido cítrico y se llevó a la sobresaturación con NaCl.

NaOH 1 N: se pesaron 400 mg de NaOH, se disolvieron en agua y se aforó a un volumen de 10 ml.

Verde de Bromocresol (p/v/v): se pesaron 34.9 mg de verde de bromocresol, se midieron 0.25ml de agua y 0.15 ml de NaOH 1N, se disolvieron en agua y se aforó a un volumen de 50 ml y se llevó a baño Maria hasta su completa disolución.

Estándares de esparteína de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 ppm: para la curva de calibración se preparó una disolución patrón de esparteína de 100 ppm.

La fase acuosa básica libre de alcaloides, se aciduló con HCl 1M hasta obtener un pH 5 y se aforo a un volumen de 25 ml con MeOH. Este extracto libre de clorofilas y alcaloides, se la emplea para cuantificar fenoles totales.

Cuantificación de alcaloides totales

Se realizó modificando el método colorimétrico de Shamsa (2008). Al residuo de extracto cloroformico o al estándar, se le adicionaron 5ml de buffer fosfato, 5ml de disolución de verde bromocresol y 2ml de CHCl_3 y se mezclaron. Esta mezcla se trasvasó a un embudo de separación para realizar extracciones líquido-líquido. La fase cloroformica se separó y se colocó en un matraz Erlenmeyer para ser combinada con las extracciones sub-consecuentes. A la fase acuosa tamponada se le adicionaron 2 ml de CHCl_3 , se agitó y se realizó la segunda extracción. Se agregó CHCl_3 (2x3ml) para las siguientes extracciones hasta ocupar 10ml de CHCl_3 , la fase orgánica se secó con Na_2SO_4 , se filtró y se aforó a un volumen de 10ml con CHCl_3 . La absorbancia del extracto y del estándar se leyó a 420nm en un espectrofotómetro Hach.

Para la curva de calibración se utilizó esparteína como estándar y a partir de ella se obtuvo la cuantificación de alcaloides totales expresada como mg equivalentes de esparteína de muestra seca (ms). Se utilizó CHCl_3 como blanco de la muestra, todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

3. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

Preparación de reactivos:

Solución extractante: metanol 70%: en una probeta, medir 300ml de agua destilada y transferir a un balos aforado de 1 L, enrasar con metanol puro.

Solución de carbonato de sodio saturada (20%): pesar 50g de carbonato de sodio anhidro, añadir 200ml de agua destilada y colocar en le agitador calentador hasta que se disuelva completamente y ebulir. Dejar la solución a enfriar a temperatura ambiente y añadir 1.5g de carbonato de sodio para saturar la solución, ahitar hasta que esté completamente disuelto. Después de 24 horas, filtrar la solución con doble papel filtro, se trasvasa a un balón aforado de 250ml y aforar con agua destilada. Transferir la solución a un frasco color ámbar.

Reactivo de Follin-Ciocalteu 0.1M: se midieronml de reactivo de Follin-Ciocalteu 2M, se disolvieron en agua en ausencia de luz y se aforo a 10ml.

Ácido Galico 100ppm: se pesó 1mg de ácido galico de 5, 10, 15. 20 y 25 ppm se prepararon a partir de la disolución de ácido galico de 100ppm.

Determinación de fenoles totales

Pesar 1g de muestra seca y molida. Añadir 10ml de metanol al 70%, homogenizar en un votrex durante 10 segundos y sonicar durante 10 minutos (primera extracción).

Filtrar el extracto metanolico a través del papel filtro Whatman #4 en un vaso de precipitación de 25 ml.

Añadir 10ml de metanol al 70% al residuo, homogenizar en un vortex y colocar a baño maría a 80°C durante 5 minutos (segunda extracción).

Filtrar el extracto en una fiola volumétrica y enrasar a 25ml con la solución extractarte (metanol 70%).

Cuantificación de fenoles totales

Colocar 200µl de la muestra en un tubo de ensayo. En el caso del blanco colocar 200µl de agua estilada.

Añadir 4ml de agua destilada y 250µl de reactivo Follin-Ciocalteu 2N, mezclar y dejar reposar durante 6 minutos.

Añadir 750µl de solución de carbonato de sodio saturado y mezclar. Colocar los tubos a baño maría a 40°C durante 30 minutos.

Leer a 765nm y calcular la concentración de los compuestos fenólicos totales en base a la curva estándar y expresar los resultados en mg de ácido gálico/ 100g de muestra.

Preparación de la curva estándar para fenoles totales

Preparar una solución stock de ácido gálico en una concentración de 5000mg/l, para ello pesar 250mg de ácido gálico en un vaso de precipitación y disolver en 5ml de metanol puro.

Trasvasar la solución a un balón aforado de 50ml protegida de la luz y se aforo con agua destilada.

A partir de la solución stock preparar soluciones estándares de ácido gálico con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500y 700 mg/L (ppm), para ellos se tomaron alícuotas de 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 y 3.5 ml de la solución stock y llevar a un balón aforado de 25ml con agua destilada, analizar cada estándar por duplicado.

De cada solución estándar colocar 100µl en un tubo de ensayo y 100µl de agua destilada en el caso del blanco de reactivo, añadir 8ml de agua destilada y 500µl del reactivo de Follin-Ciocalteu.

Mezclar en un votrxex y dejar reposar por 6 minutos.

Añadir 1500µl de la solución saturada de carbonato de sodio y mezclar.

Colocar los tubos en baño maría a 40°C durante 30 minutos

Leer a 765nm.

4. DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES

Extracción de antioxidantes

- Pesar 0.08g de muestra.
- Adicionar 5ml de metanol al 80%
- Agitar en el votres y sonicar por espacio de 30minutos,
- Centrifugar durante 10 minutos a 5000rpm.
- Separar el sobrenadante en un tubo plástico (primera extracción)
- Al residuo adicionar 5ml de la solución extractante.
- Agitar en un votrex y sonicar por un espacio de 30 minutos (segunda extracción),
- Dejar reposar las muestras, debidamente protegidas a la luz, durante toda la noche a temperatura ambiente.
- Al día siguiente centrifugar a 500rpm por 10 minutos.
- Finalmente, adicionar el sobrenadante a un tubo plástico de la primera extracción y aforar a 10ml.

Cuantificación de antioxidantes

- Transferir en un tubo de vidrio 150µl de la muestra, adicionar 2850µl de la solución ABTS diluida.
- Para el blanco se colocar 150µl de metanol 80% (solución extractante) y adicionar 2820µl de la solución ABTS diluida.
- Agitar los tubos en el votrex y dejar reposar durante 10 minutos.

- Volver a agitarlos y esperar 10 minutos, hasta que se produzca la reacción.
- Leer cada tubo a 734nm, si las absorbancias fueran menores a 0.2 realizar diluciones.
- Realizar 2 lecturas de absorbancia las que finalmente se promediaran para los cálculos de capacidad antioxidante.
- Calcular la concentración final en comparación con la curva estándar de Trolox y expresar en μg Trolox equiv /g de muestra.

Preparación de la curva estándar de Trolox

Preparar una solución stock de Trolox a una concentración de $2000\mu\text{m}$ de Trolox/L, quiero considerar que el peso molecular del Trolox es 250.29. Para ello pesar 0.025g de Trolox y diluir en 50 ml de metanol puro.

A partir de la solución stock prepara soluciones estándares con concentraciones de 200, 300, 400, 500, 600 y $700\mu\text{m}$ de Trolox/L. Para ello tomar alícuotas de 2.5, 3.75, 5, 6.25, 7.5 y 8.75 ml de la solución stock y aforar a 25ml con metanol al 100%.

Colocar $150\mu\text{l}$ de cada estándar en un tubo y proceder a la evaluación de la actividad antioxidante tal como se describe para las muestras. En este caso el blanco de la muestra se denomina blanco de estándar.

Preparación de reactivos

Solución extractante de metanol al 80%: en una probeta colocar 50 ml de agua destilada y transferir a un balón aforado de 250ml y aforar con metanol al 100%, tapar y mezclar completamente.

Soluciones stock de colorantes (reactivo A y B)

1. **Reactivo A (7mN AZBTS):** en un frasco tapa rasca protegido de la luz, agregar una tableta (10mg) de AzBTS y disolver en 2.8ml de agua destilada y agitar hasta disolver completamente.
2. **Reactivo B (2.45Mm $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$):** en un vaso de precipitación, protegido de la luz, pesar 6.62mg de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, agregar 10ml de agua destilada agitar hasta disolver completamente y transferir en un frasco tapa rosca.

Solución madre (radical cromógeno ABTS^{2+})

Mezclar el reactivo A con el B en la misma proporción (1:1). Agitar fuertemente en el vótrex y dejar reaccionar por 16 horas a temperatura ambiente y en condiciones de oscuridad (esta mezcla solo podrá ser usada hasta las siguientes 8 horas). El volumen de la solución madre dependerá de la cantidad de muestras que se requiere analizar.

Solución diluida de ABTS²⁺(Etanol al 96%)

En un frasco protegido de la luz, tomar 3.9ml de la solución madre de ABTS y diluir de etanol al 96%, homogenizar en un agitador magnético. Esta solución deberá dar lectura a 734nm de 1.1 ± 0.02 (1.12 o 1.08) de lo contrario se deberá ajustar a este valor agregando etanol al 96% o solución madre, según sea el caso (realizar el auto cero con etanol al 96%).

5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE SAPONINAS

El contenido total de saponina se determinó mediante espectrofotometría, según lo descrito por medine-Meza, Aluwi, Saunders y Ganjyal 2016. Se agregaron 0,50 ml de extracto sin clorofilas de cada muestra a 1 ml o mezcla de reactivos (ácido acético glacial/ácido sulfúrico 1:1). v/v). La mezcla se agitó y se hizo reaccionar a 60°C en un baño de agua durante 30 minutos y luego se enfrió. La absorbancia de la muestra se midió a una longitud de onda de 527 nm usando un espectrofotómetro (Multiskan GO, Thermo Scientific). Se utilizó ácido oleanólico (0-1000 µg/mg). el contenido total de saponina se expresó como g/100 g de equivalentes de ácido oleanólico.

6. DETERMINACIÓN DE OXALATOS

Se preparó una solución estándar de ácido oxálico disolviendo 100 mg de ácido oxálico (C₂H₂O₄.H₂O; peso molecular: 126,07, S. D. Fine Chemicals, India) en agua destilada y diluida a 100 ml con agua destilada. La solución de trabajo se preparó recién antes de su uso.

Se usaron hojas secadas para determinar el contenido de ácido oxálico. La extracción se llevó a cabo siguiendo el método tradicional descrito. Se tomó 0,5 g de hojas que se pulverizaron y se transfirieron a un matraz volumétrico de 50 ml de capacidad. A lo cual se le añadieron 30ml de HCl 0,25N y se mantuvo en baño maría hirviendo durante unos 15 minutos, se enfrió a temperatura ambiente se filtró y se enrasó a 50ml con HCl 0,25N. Esta solución se utilizó como extracto para la determinación de ácido oxálico.

Se transfirieron 10 ml de la solución filtrada a un tubo de centrífuga de 15 ml y se mantuvo en refrigeración durante 10 minutos a aproximadamente 5°C. A este tubo se le añadieron 2ml de la solución carbonato de sodio saturado.

El tubo se mantiene a 10°C durante la noche para precipitar el oxalato.

Al día siguiente se centrifugó la mezcla durante 5 min a 500 rpm.

El sobrenadante se disolvió en 5 ml de H₂SO₄ 2N.

La solución se tituló con KMnO₄ 0,02 N, que se estandarizó frente a una solución de ácido oxálico 0,02 N con KMnO₄ como auto indicador.

7. DETERMINACIÓN DE TANINOS

La determinación de este anti nutriente se realiza en una muestra libre de grasa y pigmentos, utilizándose un extracto acuoso el cual reacciona con el reactivo Folin-Denis en medio alcalino.

Extracción de Taninos

Se peso 0.5g de muestra molida.

Se coloco en ebullición el residuo durante 1 hora con 50ml de agua destilada.

Después se dejó enfriar, se filtró y se aforo a 50ml.

Cuantificación de Taninos

Se tomo un alícuota de 0.5ml del filtrado de balones de 50ml, se añadió 1ml de reactivo de Folin-Denis, 2.5ml de solución de carbonato de sodio saturado y se aforo a 50ml con agua destilada. Se dejo 30 minutos en la oscuridad para que ocurra la reacción y se leyó en el espectrofotómetro thermo scientific evolution 201, a una longitud de onda de 680nm.

Curva de calibración

Se prepararon soluciones de 10ml a partir de la solución madre de 100ppm de ácido tánico en las siguientes concentraciones 1, 2, 3, 4 y 5ppm. Para formar el complejo coloreado se colocó 0.4ml de reactivo Folin-Denis y 1ml de carbonato de sodio saturado a cada estándar y se aforo hasta 10ml con agua destilada. Posteriormente se leyó en el espectrofotómetro thermo scientific evolution 201, a una longitud de onda de 680nm.

Preparación de reactivos

Solución de Folin-Denis: disolver 100g de wolframato de sodio deshidratado, 20g de ácido fosfomolibdico, 50ml de ácido fosfórico, en 750ml de agua destilada. Se calienta por dos horas a reflujo, se enfría y se afora a 1 L.

Solución de carbonato de sodio saturado: en 100ml de agua destilada a 70-80°C añadir 35g de carbonato de sodio anhidro, enfriar y dejar precipitar durante 12 horas; colocar en la solución algunos cristales de carbonato de sodio decahidratado y luego que se cristaliza filtrar a través de papel filtro.

8. DETERMINACIÓN DE NITRATOS

La determinación de nitratos se realizará por colorimetría empleando el método de ácido salicílico, el cual consiste en realizar una extracción acuosa de la muestra para luego con la ayuda del ácido generar un complejo coloreado que se medirá a una longitud de onda de 410nm (cataldo, Maroon, Schrader y Youngs, 1975)

Extracción de Nitratos

Se pesó 2.5g de muestra molida en un Erlenmeyer y se añadió 20ml de solución extractora (K_2SO_4 , 0.34M),

Se agitó por 10min en un mistorral Multi-Mixer y se centrifugó por un tiempo de 10 minutos a 350rpm.

Se filtró utilizando papel filtro Whatman 1.

Cuantificación de Nitratos

Se colocó 0.5ml del filtrado en un vaso de precipitación de 50ml y se añadió 1ml de ácido salicílico al 5% y se mezcló.

Se dejó en reposo durante 5 minutos

Se añadió 10 ml de NaOH 4N, mezclando vigorosamente. 4

Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se leyó en el espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201, a una longitud de onda de 410nm, con el software INSINGT.

Curva de calibración

Se prepararon soluciones de 10ml a partir de la solución estándar de 20ppm de $N-NO_3^-$, en las siguientes concentraciones: 2,4, 6, 8 y 10 ppm, en K_2SO_4 0.34M. Para formar el complejo coloreado, se colocó 0.5ml de cada estándar en un vaso de precipitación de 50ml y se añadió 1ml de ácido salicílico al 5% y se mezcló. Después se dejó reposar y se agregó 10ml de NaOH 4N. Posteriormente se leyó en el espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201, a una longitud de onda de 410nm.

9. DETERMINACIÓN DE GLUCOSINOLATOS

Extracción de glucosinolatos (ISO 9167-1992)

En 5ml de metanol al 70% en ebullición se adicionó 500mg de muestra seca y se dejaron en un baño a 70°C por 5 minutos, agitando esporádicamente, después se centrifugó a 9000rpm durante 5 minutos. Se retiró el sobrenadante y sobre el sólido se repitió el proceso. Los sobrenadantes se mezclaron y llevaron a la sequedad en rota-evaporador a 40°C, posteriormente los sólidos fueron reconstituidos con 2ml de agua destilada.

Cuantificación de glucosinolatos

Se tomaron 2ml de muestra y 2ml de hidróxido de sodio (NaOH, 2M) y se incubaron a temperatura ambiente por 30min. A la mezcla se le adicionó 31µl de ácido clorhídrico concentrado (HCl) y se centrifugó a 4000rpm por 10 minutos. Para la determinación espectrofotométrica se tomaron 1ml del sobrenadante y se mezclaron con 1ml de solución de ferricianuro 2mM en buffer fosfato 0.2M pH 7. Finalmente,

se midió la absorbancia de la solución a 420nm. Tomando como blanco la solución de buffer fosfato 0.2M pH 7.0.

Curva de calibración

Para la construcción de la curva de calibración se utilizó el patrón de sinigrina 0.0056M y se hicieron diluciones empleando 0, 2, 5, 10, 15, 20, y 30 μ l de solución.

ANEXO 2

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA INVESTIGACION

Resultados de antinutrientes y compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca.

| ESTADO | GENOTIPO | CAROTENOIDES TOTAL (µg/g) | ALCALOIDES TOTALES mg/100g | FENOLES g/100g | ANTIOXIDANTES g/100g | SAPONINAS mg/100g | OXALATOS mg/100g | TANINOS g/100g | NITRATOS mg/100g | GLUCOSINOLATOS mg/100g |
|--------|-----------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|
| CRUDO | ECU 18969 | 241,81 | 1,16 | 0,72 | 32,79 | 2,17 | 9,48 | 1,97 | 36,29 | 932,80 |
| CRUDO | ECU 18969 | 243,80 | 1,15 | 0,85 | 30,37 | 2,23 | 9,73 | 2,58 | 32,77 | 928,80 |
| CRUDO | ECU 18969 | 240,95 | 1,14 | 0,78 | 30,00 | 2,27 | 9,61 | 2,13 | 32,35 | 936,80 |
| CRUDO | ECU 18932 | 302,72 | 4,52 | 0,75 | 25,59 | 3,36 | 11,38 | 2,50 | 38,98 | 900,80 |
| CRUDO | ECU 18932 | 305,08 | 4,75 | 0,80 | 20,81 | 3,03 | 11,63 | 2,50 | 38,78 | 906,80 |
| CRUDO | ECU 18932 | 303,90 | 4,63 | 0,78 | 22,87 | 2,69 | 11,00 | 2,52 | 35,67 | 900,80 |
| CRUDO | ECU 1206 | 310,06 | 4,98 | 0,69 | 36,62 | 2,97 | 8,22 | 1,85 | 28,41 | 878,80 |
| CRUDO | ECU 1206 | 318,46 | 5,44 | 0,66 | 32,50 | 2,62 | 7,96 | 1,78 | 28,62 | 878,80 |
| CRUDO | ECU 1206 | 314,26 | 5,21 | 0,68 | 30,66 | 2,74 | 7,84 | 1,83 | 27,79 | 882,80 |
| CRUDO | ECU 18949 | 216,71 | 1,82 | 1,04 | 13,97 | 2,56 | 6,32 | 2,83 | 40,23 | 916,80 |
| CRUDO | ECU 18949 | 217,54 | 1,95 | 0,92 | 10,66 | 2,89 | 6,57 | 2,62 | 41,68 | 920,80 |
| CRUDO | ECU 18949 | 217,13 | 1,85 | 0,98 | 10,44 | 3,53 | 5,94 | 2,95 | 45,20 | 914,80 |
| COCIDO | ECU 18969 | 187,33 | 0,93 | 0,51 | 7,17 | 1,72 | 6,95 | 0,35 | 18,24 | 206,80 |
| COCIDO | ECU 18969 | 187,86 | 0,93 | 0,55 | 6,96 | 1,71 | 6,70 | 0,33 | 18,22 | 212,80 |
| COCIDO | ECU 18969 | 187,06 | 0,93 | 0,53 | 7,06 | 1,71 | 6,57 | 0,32 | 18,16 | 208,80 |
| COCIDO | ECU 18932 | 214,76 | 0,95 | 0,48 | 2,51 | 2,89 | 5,69 | 0,18 | 14,57 | 216,80 |
| COCIDO | ECU 18932 | 213,70 | 0,95 | 0,47 | 1,96 | 2,86 | 5,56 | 0,17 | 14,49 | 222,80 |
| COCIDO | ECU 18932 | 215,99 | 0,93 | 0,48 | 2,15 | 2,88 | 5,69 | 0,21 | 14,84 | 224,80 |
| COCIDO | ECU 1206 | 185,52 | 1,06 | 0,39 | 6,99 | 2,72 | 4,04 | 0,36 | 6,94 | 202,80 |
| COCIDO | ECU 1206 | 186,34 | 1,06 | 0,00 | 7,00 | 2,68 | 4,04 | 0,38 | 7,19 | 204,80 |
| COCIDO | ECU 1206 | 186,64 | 1,06 | 0,41 | 7,03 | 2,22 | 3,79 | 0,43 | 7,25 | 206,80 |
| COCIDO | ECU 18949 | 189,87 | 1,07 | 0,86 | 6,90 | 2,26 | 4,93 | 0,26 | 7,88 | 354,80 |
| COCIDO | ECU 18949 | 189,68 | 1,08 | 1,09 | 6,86 | 2,28 | 4,55 | 0,25 | 7,67 | 360,80 |
| COCIDO | ECU 18949 | 189,00 | 1,07 | 0,98 | 6,73 | 2,27 | 4,93 | 0,24 | 6,45 | 348,80 |

Resultados de antinutrientes y compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de Camote

| ESTADO | GENOTIPO | CAROTENOIDES TOTAL (µg/g) | ALCALOIDES TOTALES mg/100g | FENOLES g/100g | ANTIOXIDANTES g/100g | OXALATOS mg/100g | TANINOS g/100g | NITRATOS mg/100g | GLUCOSINOLATOS mg/100g |
|--------|-------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|
| CRUDO | Pedrito | 212,540 | 4,402 | 1,338 | 11,691 | 12,64 | 4,360 | 11,834 | 200,800 |
| CRUDO | Pedrito | 211,214 | 4,747 | 0,931 | 11,765 | 12,5136 | 4,417 | 11,627 | 212,800 |
| CRUDO | Pedrito | 211,214 | 4,402 | 1,134 | 11,838 | 12,7664 | 4,473 | 11,212 | 202,800 |
| CRUDO | Buena Vista | 191,999 | 4,977 | 1,300 | 11,471 | 12,64 | 3,513 | 17,016 | 178,800 |
| CRUDO | Buena Vista | 135,045 | 4,977 | 1,333 | 11,618 | 12,64 | 3,484 | 14,528 | 182,800 |
| CRUDO | Buena Vista | 191,314 | 4,862 | 1,316 | 11,618 | 12,3872 | 3,470 | 14,528 | 188,800 |
| CRUDO | Toquesita | 289,187 | 4,287 | 0,933 | 16,912 | 12,64 | 3,202 | 15,772 | 690,800 |
| CRUDO | Toquesita | 289,500 | 4,172 | 0,931 | 12,353 | 12,2608 | 3,357 | 14,736 | 688,800 |
| CRUDO | Toquesita | 289,343 | 4,172 | 0,932 | 15,000 | 12,8928 | 3,315 | 14,943 | 692,800 |
| CRUDO | Guayaco M | 130,094 | 4,862 | 1,354 | 10,809 | 8,848 | 4,855 | 15,772 | 662,800 |
| CRUDO | Guayaco M | 130,094 | 4,977 | 1,365 | 10,882 | 9,48 | 4,925 | 23,440 | 662,800 |
| CRUDO | Guayaco M | 130,892 | 5,092 | 1,359 | 10,956 | 9,8592 | 4,699 | 18,259 | 662,800 |
| COCIDO | Pedrito | 40,287 | 2,831 | 0,934 | 4,463 | 10,112 | 0,674 | 10,176 | 104,800 |
| COCIDO | Pedrito | 40,659 | 2,616 | 0,972 | 3,831 | 10,6176 | 0,645 | 9,969 | 100,800 |
| COCIDO | Pedrito | 40,929 | 2,628 | 0,953 | 3,809 | 10,2384 | 0,645 | 10,176 | 122,800 |
| COCIDO | Buena Vista | 83,352 | 1,942 | 0,879 | 5,596 | 8,848 | 0,660 | 11,834 | 96,800 |
| COCIDO | Buena Vista | 83,195 | 1,954 | 0,879 | 5,463 | 9,1008 | 0,660 | 11,420 | 100,800 |
| COCIDO | Buena Vista | 82,823 | 1,942 | 0,879 | 5,353 | 8,848 | 0,716 | 11,005 | 96,800 |
| COCIDO | Toquesita | 59,427 | 1,184 | 0,727 | 4,853 | 11,376 | 0,335 | 14,114 | 336,800 |
| COCIDO | Toquesita | 59,739 | 1,196 | 0,734 | 4,449 | 11,5024 | 0,306 | 14,736 | 338,800 |
| COCIDO | Toquesita | 60,910 | 1,196 | 0,731 | 4,478 | 11,6288 | 0,292 | 14,736 | 332,800 |
| COCIDO | Guayaco M | 64,820 | 0,787 | 0,979 | 7,184 | 7,584 | 0,306 | 8,518 | 204,800 |
| COCIDO | Guayaco M | 61,624 | 0,799 | 0,983 | 7,169 | 8,216 | 0,306 | 8,518 | 212,800 |
| COCIDO | Guayaco M | 62,163 | 0,799 | 0,981 | 7,029 | 7,8368 | 0,306 | 9,347 | 208,800 |

ANEXO 3

FORMATO DEL ARTICULO EN REVISTA INNOVACIENCIA

Innovaciencia 2023; 8(1): xxx-xxx

**Efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca
(*Arracacia xanthorrhiza*) y camote (*Ipomoea batatas*)**

**Effect of cooking on the reduction of anti-nutrients in white carrot (*Arracacia
xanthorrhiza*) and sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaves.**

Yungán Acalo Edith Viviana^{1*}, Zambrano Ochoa Zoila Eliana² y Villacrés
Poveda Clara Elena³

Cómo citar este artículo: Apellido N., Apellido N., Apellido N., Titulo del artículo de investigación científica o revisión,
Innovaciencia 2018; 8(1): xxx-xxx
(Apellido e iniciales del nombre, Tipo de letra Times New roman 9pt, interlineado 1.0, texto justificado)

Artículo recibido el xx de xxxxx de xxxx y aceptado para publicación el xx de xxxx de xxxx

RESUMEN:

Introducción: Las hojas de zanahoria y camote son una fuente de alimento multinutricional, ricos en compuestos bioactivos naturales, reconocidos por sus efectos nutracéuticos y beneficios para la salud. **Objetivo:** evaluar el efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) y camote (*I. batatas*). **Metodología:** Para el cual, se utilizó un Diseño Completamente al Azar con 8 tratamientos, donde se evaluaron cuatro hojas de diferentes genotipos de material vegetal y dos estados (fresca y cocida). **Resultados:** Determinando que, la cocción, permite reducir los niveles de anti nutrientes de las hojas de zanahoria blanca y camote, de esta forma, se demuestra que, disminuye significativamente el contenido de alcaloides (5,21 - 0,93 mg/100g) y (4,52 mg/100g - 0,80 mg/100g); saponinas (3,03 mg/100g - 1,72 mg/100g) y (3,56 mg/100g - 0,80 mg/100g); oxalatos (11,33 mg/100g - 3,96 mg/100g) y (12,64 mg/100g - 7,88 mg/100g); taninos (2,80 g/100g - 0,18 g/100g) y (4,83 g/100g - 0,61 g/100g); nitratos (14,63 mg/100g - 7,13 mg/100g) y (19,16 mg/100g - 8,79 mg/100g) y glucosinolatos (932,80 - mg/100g) y (690,80 - 336,13 mg/100g). Así como también, se ve influenciado el contenido de carotenoides

¹ Investigadora, Universidad Técnica de Cotopaxi, edithy-leo1994@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-7279-5088>
(Autor de correspondencia)

² Investigadora, Universidad Técnica de Cotopaxi, zoila.zambrano@utc.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-5869-8438>

³ Investigadora, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, elenavillacres9@hotmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-9660-5845>

(932,80 mg/100g) y (314,26 - 214,82 µg/g) antioxidantes (33,26 - 2,21 g/100g), mientras que, los fenoles no presentaron incidencia en ninguno de los materiales vegetales.

Palabras clave: anti nutrientes; camote; compuestos funcionales; zanahoria

ABSTRACT

Introduction: Carrot and sweet potato leaves are a multi-nutritional food source, rich in natural bioactive compounds, recognised for their nutraceutical effects and health benefits. Objective: to evaluate the effect of cooking on the anti-nutrient depletion of white carrot (*A. xanthorrhiza*) and sweet potato (*I. batatas*) leaves. **Methodology:** A completely randomised design with 8 treatments was used, where four leaves of different genotypes of plant material and two states (fresh and cooked) were evaluated. **Results:** It was determined that cooking reduces the levels of antinutrients in the leaves of white carrot and sweet potato, thus, it is demonstrated that it significantly reduces the content of alkaloids (5.21 - 0.93 mg/100g) and (4.52 mg/100g - 0.80 mg/100g); saponins (3.03 mg/100g - 1.72 mg/100g) and (3.56 mg/100g - 0.80 mg/100g); oxalates (11.33 mg/100g - 3.96 mg/100g) and (12.64 mg/100g - 7.88 mg/100g); tannins (2.80 g/100g - 0.18 g/100g) and (4.83 g/100g - 0.61 g/100g); nitrates (14,63 mg/100g - 7,13 mg/100g) and (19,16 mg/100g - 8,79 mg/100g) and glucosinolates (932,80 - mg/100g) and (690,80 - 336,13 mg/100g). The content of carotenoids (932.80 mg/100g) and antioxidants (314.26 - 214.82 µg/g) (33.26 - 2.21 g/100g) was also influential, while phenols had no effect on any of the plant materials.

Keywords: antinutrients; sweet potato; functional compounds; carrot

INTRODUCCIÓN

Los alimentos de origen vegetal, a más de contener micro y macronutrientes, contienen concentraciones significativas de compuestos vegetales bioactivos (Thu-Phan, Paterson, Bucknall, & Arcot, 2018). Es por eso que la ingesta de alimento de origen vegetal se asocia con la disminución de contraer enfermedades crónicas por el estilo de vida. Si bien las recomendaciones promueven el consumo de frutas y verduras, la mayoría de las personas no alcanzan sus objetivos de ingesta diaria (Petroski & Minich, 2020).

La zanahoria (*A. xanthorrhiza*), es una de las hortalizas con mayor cultivo y consumo a nivel global, debido a su sabor agradable, valor nutricional y beneficios relacionado con propiedades antioxidantes y anticancerígenas, es considerada unas de las verduras más saludable (Cruz-Tobar, y otros, 2018). Así mismo, es rica en fibra, nutrientes, minerales y compuestos bioactivos como ácido ascórbico, carotenos y fenólicos (Vera, Koudela, Chmelorova, Hajslova, & Novotny, 2022). Su consumo puede darse tanto procesada como en comidas, jugos y raíces fresca (Hellstrom, Granato, & Mattila, 2020). Varios estudios demuestran que las hojas de la zanahoria contienen sustancias bioactivas y ácidos graso poliinsaturado α -linolénico (Kim, Lim, & Cho, 2023).

La producción mundial está dividida entre los siguientes países, siendo china con 47,9 % el mayor productor, Uzbekistán 6,2 %, Estados Unidos 5 %, Rusia 3,5 %, Ucrania 1,9 %, Reino Unido 1,8 % y Alemania (Conversa, Bonasia, Natrella, Lazzizzera, & Elia, 2021). La producción en el Ecuador oscila las 28,230 toneladas anuales, que se encuentra dividida en diferentes sectores del país, por su parte la provincia de Chimborazo tiene la mayor producción con 10,300 toneladas. El 96,1 % es de consumo local, dejando así el 3,9 % para exportación (Cofre-Santos & Saltos-Espín, 2018).

El camote (*I. batata* L), es una hortaliza dicotiledónea, es el séptimo cultivo producido en el mundo, cuenta con macronutrientes tales como almidón, fibra dietética y proteínas, además de poseer micronutrientes que incluyen minerales, vitaminas (B, C y E), antocianinas, flavonoides, las batatas

de pulpa amarilla y naranja tienen alto contenido en ácidos fenólicos, mientras que, las de color morado tienen antocianinas (Laveriano-Santos, y otros, 2022).

Además, es considerado un alimento saludable en los últimos años ha atraído la atención de la comunidad científica, debido que cuenta con metabolitos activos que aportan beneficios al tracto intestinal, no solo como producto saludable sino también como alimento funcional (Parveen, Choi, Kang, Hyun-Oh, & Yeou-Kim, 2021). Varias investigaciones han expuesto que las hojas de camote pueden proteger el cuerpo humano, por su funcionalidad asociada a la salud (Chao-Chen, y otros, 2021). Por otra parte, las hojas de este tubérculo contienen minerales, niacina, vitaminas, ácido pantoténico, β -caroteno y biotina (Hoang-Chinh, y otros, 2021).

Por lo antes mencionado, el objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el efecto de la cocción en la disminución de anti nutrientes de hojas de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) y camote (*I. batatas*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las hojas de zanahoria y camote se obtuvieron de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicada a 13 km. al sur de Quito, Ecuador con una Latitud: 0°22'S, Longitud: 78°33'0 y a una altura de 3050 m.s.n.m.

Diseño del estudio

Para el análisis de la materia prima hojas frescas y procesado (cocción), se utilizó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) con 8 tratamientos. Para determinar diferencias entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$) mediante el software estadístico InfoStat.

Tabla 1. Combinación de los tratamientos empleados en el estudio en relación al camote

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|--|
| T1 | Genotipo de camote (Pedrito) + hojas frescas |
| T2 | Genotipo de camote (Pedrito) + hojas cocidas |
| T3 | Genotipo de camote (Buena Vista) + hojas frescas |
| T4 | Genotipo de camote (Buena Vista) + hojas cocidas |
| T5 | Genotipo de camote (Guayaco M) + hojas frescas |
| T6 | Genotipo de camote (Guayaco M) + hojas cocidas |
| T7 | Genotipo de camote (Toquicita) + hojas frescas |
| T8 | Genotipo de camote (Toquicita) + hojas cocidas |

Tabla 2. Combinación de los tratamientos empleados en el estudio en relación al genotipo de zanahoria blanca

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|--|
| T1 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-18969) + hojas frescas |
| T2 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-18969) + hojas cocidas |
| T3 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-18949) + hojas frescas |
| T4 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-18949) + hojas cocidas |
| T5 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-1206) + hojas frescas |
| T6 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-1206) + hojas cocidas |
| T7 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-18932) + hojas frescas |
| T8 | Genotipo de zanahoria blanca (ECU-18932) + hojas cocidas |

Preparación de materia prima.

Las hojas se secaron a una temperatura de 65° C, posterior al secado se realizó el proceso de molienda. Donde se realizó los diferentes análisis en estado seco. Respecto a la cocción se pesaron 20 g de hojas secas que fueron llevadas a cocción por 10 minutos, posterior al proceso de cocción fueron filtradas y secadas en estufa mediante aire forzado hasta la eliminación de sobrante de agua, finalmente se determinó los anti nutrientes en estado cocido.

Determinación de los anti nutrientes

Determinación de alcaloides

En relación de los anti nutrientes se emplearon métodos específicos para cada analito, cada uno por triplicado. Para la determinación de alcaloides se obtuvo por extracto metanolicos en presencia de MeOH, en remojo de clorofilas y separación de compuestos fenólicos, mediante el uso de un espectrofotómetro se procedió a realizar la cuantificación a 420 nm. En cuanto la curva de calibración se empleó esparteína para la obtención de total expresada en mg en relación a 100 g (Oropeza-Guerrero, 2012)

Contenido total de saponinas y oxalatos

El contenido total de saponina se empleó un espectrofotométricamente, se mezclaron muestras con o, 50 ml del extracto de muestra libre de clorofila a 1 ml de ácido acético glacial/ácido sulfúrico 1:1, v/v. posteriormente se calentaron en baño de agua a 60°C durante 30 minutos, una vez frío se obtuvo la absorbancia de las muestras mediante espectrofotómetro a una longitud de onda de 527 nm. Se expresa como g/100 g de equivalentes de ácido oleanólico (Medina-Meza I. G., Aluwi, Saunders, & Ganjyal, 2016). En relación del contenido de oxalatos se utilizó hojas secas, empleando HCl al 0,25 N como solución de extracción y KMnO₄ como indicador (Naik, Patil, Aparadh, & Karadge, Methodology in determination of oxalic acid in plant tissue: a comparative approach., 2014).

CONTENIDO DE TANINOS Y NITRATOS

La determinación de taninos se obtuvo según el método de referencia (A.O.A.C. 952.03) (A.O.A.C, 1964), empleando extractos acuosos que al entrar en contacto con el reactivo Follin-Denis, reaccionan en un medio alcalino. Así mismo se empleó ácido tánico como estándar y las lecturas se tomaron a 680 nm mediante el uso de un espectrofotómetro. En cuanto al análisis de nitratos se utilizó colorimetría utilizando ácido salicílico, donde consistió en realizar la extracción acuosa en la muestra empleando solución sulfato de potasio (K₂SO₄, 0.34M) por agitación, posteriormente con la ayuda del ácido salicílico generar un complejo coloreado que se medirá a una longitud de onda de 410 nm en el espectrofotómetro (Cataldo, Maroon, Schrader, & Youngs, 2008)

Determinación de glucosinolatos

Para la extracción de los glucosinolatos se estableció en la norma ISO 9167-1992, la muestra es expuesta a ebullición en metanol al 70%, para su extracción. Se cuantificaron en presencia de hidróxido de sodio (NaOH, 2M) y HCl, mediante el uso de un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 201 se obtuvo la absorbancia de la solución a 420 nm. Mientras que, para la curva de calibración se utilizó el patrón de sinigrina 5.60×10^{-3} M (ISO 9167, 2019).

Análisis de carotenoides totales

En la determinación de los carotenoides se utilizó un espectrofotómetro, donde se mezclaron 0,125 g de muestra en vaso Erlenmeyer de 50 ml, posteriormente se colocaron por el lapso de dos días en total oscuridad con 15 ml de acetona al 100 %, luego de la extracción las muestras se zonificaron por 15 minutos, para ser filtrados en papel filtro (Watman #1), del filtrado se transfirió cuantitativamente en un matraz de 25 ml y el volumen se aforó a 25 ml con acetona. La absorbancia del extracto de acetona se midió a 662 nm, 645 nm y 470 nm, los resultados se expresan en $\mu\text{g/ml}$ de extracto vegetal (Lachman, Hejtmánková, & Kotíková, 2013).

El contenido total de carotenoides se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$C_a = 11.75A_{662} - 2.35A_{645} \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$C_b = 18.61A_{645} - 3.96A_{645} \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$C_{x-c} = \frac{(1000A_{470} - 2.27C_a - 81.4C_b)}{227} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

- C_a = contenido de clorofila a
- C_b = contenido de clorofila b
- C_{x-c} = contenido de carotenoides

Contenido de fenoles totales y antioxidantes

La obtención de fenoles totales se determinó mediante el método Folin-Ciocalteu, empleando un reactivo extractante CH₃OH al 70 %. Se empleó un espectrofotómetro, así mismo la absorbancia se midió a 765 nm. Mientras que, la concentración de los compuestos fenólicos totales en relación a la curva estándar se expresó en mg de ácido gálico/ 100g (Waterhouse A. L., 2003). Respecto a la determinación de antioxidantes se empleó una solución de metanol, donde la reacción se basa en la reducción de radicales estables preformados (llamados ABTS), por acción de compuestos antioxidante (Trolox). Las lecturas se tomaron mediante una solución stock de Trolox a una concentración de 2000 μM de Trolox/L, mediante el uso de a 734 nm (Re, y otros, 1999).

RESULTADOS

En la **Tabla 3** se presentan los resultados obtenidos en las características de anti nutrientes (alcaloides, saponinas, oxalatos, taninos, nitratos y glucosinolatos) de diferentes genotipos de hojas de zanahoria blanca en estado natural vs cocción.

En cuanto al contenido de alcaloides total se observó que la cocción disminuyó significativamente ($p < 0,05$) su contenido en todos los genotipos estudiados, demostrando que, el mayor valor se situó en el T1 (5,21 mg/100g) mientras que los menores valores se obtuvieron en T5 (1,06 mg/100g), T6(0,93 mg/100g), T7(1,27 mg/100g) y T8 (0,94 mg/100g).

El contenido de saponinas (mg/100g) también disminuyó el contenido al cocinar las hojas, determinando que los tratamientos 3 y 4 con 2,99 y 3,03 difirió significativamente ($p < 0,05$) del T6 con 1,72 que sitió el menor contenido.

Para el compuesto oxalato se observó que los mayores contenidos se situaron en las muestras sin cocer con rangos entre 11,33 mg/100g y 6,28 mg/100g a diferencia de los resultados obtenidos después de la cocción que presentaron valores inferiores con rangos entre 6,74 mg/100g – 3,96 mg/100g.

Los taninos presentes en las hojas de zanahoria blanca disminuyeron significativamente ($p < 0,05$) durante el proceso de cocción, indicando que, el mayor contenido se presentó en el T3 con 2,80 g/100g en comparación a los diferentes tipos de genotipos que se cocieron, mismo que obtuvieron un contenido menor (0,39 g/100g – 0,18 g/100g).

El contenido de nitrato de las hojas de zanahoria blanca en estado natural se redujo considerablemente al ser sometidos al proceso de cocción, obteniendo valores de 7,13 mg/100g a 14,63 mg/100g.

Respecto a los glucosinolatos mg/100g se muestra la disminución del contenido, indicando que, los tratamientos en estado natural situaron mayor contenido con valores que oscilaron entre 932,80 mg/100g - 880,13 mg/100g mientras que las muestras de hojas de los diferentes genotipos presentaron menor incidencia con valores 204,80 mg/100g - 354,80 mg/100g.

Tabla 3. Contenido de anti nutrientes de diferentes genotipos de hojas de zanahoria blanca en estado natural vs cocción

| Tratamientos | Alcaloides totales mg/100g | Saponinas mg/100g | Oxalatos mg/100g | Taninos g/100g | Nitratos mg/100g | Glucosinolatos mg/100g |
|----------------|----------------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|------------------------|
| T1 | 5,21 ± 0,11 d | 2,78 ± 0,14 bc | 8,01 ± 0,12 e | 1,82 ± 0,07 b | 28,28 ± 0,80 d | 880,13 ± 2,13 d |
| T2 | 1,15 ± 0,11 a | 2,22 ± 0,14 ab | 9,61 ± 0,12 f | 2,23 ± 0,07 c | 33,80 ± 0,80 e | 932,80 ± 2,13 g |
| T3 | 1,88 ± 0,11 b | 2,99 ± 0,14 c | 6,28 ± 0,12 d | 2,80 ± 0,07 d | 42,37 ± 0,80 g | 917,47 ± 2,13 f |
| T4 | 4,63 ± 0,11 c | 3,03 ± 0,14 c | 11,33 ± 0,12 g | 2,51 ± 0,07 cd | 37,81 ± 0,80 f | 902,80 ± 2,13 e |
| T5 | 1,06 ± 0,11 a | 2,54 ± 0,14 bc | 3,96 ± 0,12 a | 0,39 ± 0,07 a | 7,13 ± 0,80 a | 204,80 ± 2,13 a |
| T6 | 0,93 ± 0,11 a | 1,72 ± 0,14 a | 6,74 ± 0,12 d | 0,34 ± 0,07 a | 18,20 ± 0,80 c | 209,47 ± 2,13 a |
| T7 | 1,27 ± 0,11 a | 2,27 ± 0,14 ab | 4,80 ± 0,12 b | 0,25 ± 0,07 a | 7,33 ± 0,80 a | 354,80 ± 2,13 c |
| T8 | 0,94 ± 0,11 a | 2,88 ± 0,14 bc | 5,65 ± 0,12 c | 0,18 ± 0,07 a | 14,63 ± 0,80 b | 221,47 ± 2,13 b |
| <i>p-valor</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (p<0,05), según la prueba de Tukey

En la **Tabla 5** se indican los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos, determinando que, existió diferencia significativa ($p < 0,05$) en cuanto a las variables estudiadas en los compuestos anti nutricionales de los diferentes genotipos de hojas de camote en estado natural vs cocción.

Para el contenido de alcaloides totales en las hojas de camote se determinó que la cocción disminuye significativamente ($p < 0,05$) el contenido en los genotipos estudiados, estableciendo el mayor valor en el T1 (4,52 mg/100g) mientras que el menor valor se obtuvo en el T7 (0,80 mg/100g).

En cuanto a las saponinas la mayor incidencia se obtuvo en las hojas en estado natural con valores de 3,56 mg/100g y 1,09 mg/100g en comparación al T7 que presentó la menor incidencia en su contenido con 0,80 mg/100g.

En el contenido de oxalato se observó que los mayores contenidos se situaron en las muestras en estado natural con rangos entre 12,64 mg/100g y 9,40 mg/100g a diferencia de las muestras sometidas a cocción que presentaron valores inferiores con rangos que oscilaron entre 11,50 mg/100g - 7,88 mg/100g.

El contenido de taninos presentes en las hojas de camote disminuye significativamente ($p < 0,05$) durante el proceso de cocción, demostrando que, el mayor contenido presentó el T3 con 4,83 g/100g en comparación a los diferentes tipos de genotipos que se sometieron a cocción, los cuales obtuvieron un contenido menor (0,68 g/100g - 0,61 g/100g).

El contenido de nitrato de las hojas de camote en estado natural (19,16 mg/100g - 11,56 mg/100g) se redujo considerablemente al ser sometidos al proceso de cocción (8,79 mg/100g - 14,53 mg/100g).

En relación al contenido de glucosinolatos (mg/100g) se indica que, la cocción influyó significativamente ($p < 0,05$) en los tratamientos presentando una disminución considerable (336,13 mg/100g - 98,12 mg/100g), mientras que los tratamientos en estado natural situaron un contenido mayor (690,80 mg/100g - 183,47 mg/100g).

Tabla 4. Contenido de anti nutrientes de diferentes genotipos de hojas de camote en estado natural vs cocción

| Tratamientos | Alcaloides totales mg/100g | Saponinas mg/100g | Oxalatos mg/100g | Taninos g/100g | Nitratos mg/100g | Glucosinolatos mg/100g |
|----------------|----------------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|------------------------|
| T1 | 4,52 ± 0,06 f | 3,56 ± 0,20 d | 12,64 ± 0,16 e | 4,42 ± 0,03 e | 11,56 ± 0,87 ab | 205,47 ± 3,15 c |
| T2 | 4,21 ± 0,06 e | 1,09 ± 0,20 a | 12,60 ± 0,16 e | 3,29 ± 0,03 c | 15,15 ± 0,87 bc | 690,80 ± 3,15 f |
| T3 | 4,94 ± 0,06 g | 3,24 ± 0,20 d | 9,40 ± 0,16 b | 4,83 ± 0,03 f | 19,16 ± 0,87 c | 662,80 ± 3,15 e |
| T4 | 4,94 ± 0,06 g | 1,63 ± 0,20 ab | 12,56 ± 0,16 e | 3,49 ± 0,03 d | 15,36 ± 0,87 bc | 183,47 ± 3,15 b |
| T5 | 2,69 ± 0,06 d | 2,83 ± 0,20 cd | 10,32 ± 0,16 c | 0,65 ± 0,03 b | 10,11 ± 0,87 a | 109,47 ± 3,15 a |
| T6 | 1,19 ± 0,06 b | 1,06 ± 0,20 a | 11,50 ± 0,16 d | 0,31 ± 0,03 a | 14,53 ± 0,87 b | 336,13 ± 3,15 d |
| T7 | 0,8 ± 0,06 a | 2,11 ± 0,20 bc | 7,88 ± 0,16 a | 0,31 ± 0,03 a | 8,79 ± 0,87 a | 208,80 ± 3,15 c |
| T8 | 1,95 ± 0,06 c | 1,35 ± 0,20 ab | 8,93 ± 0,16 b | 0,68 ± 0,03 b | 11,42 ± 0,87 ab | 98,13 ± 3,15 a |
| <i>p-valor</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (p=0.05), según la prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos de los compuestos funcionales de las hojas de zanahoria blanca se muestran en la **Tabla 5**.

En cuanto al contenido de carotenoides totales se denotó que el proceso de cocción difirió significativamente significativa ($p < 0,05$), demostrando que el mayor contenido se determinó en las muestras en estado natural con valores de 314,26 $\mu\text{g/g}$ y 217,13 $\mu\text{g/g}$ en comparación a las muestras sometidas a cocción donde se disminuyó el contenido de carotenoides obteniendo valores que oscilaron entre 214,82 $\mu\text{g/g}$ a 186,17 $\mu\text{g/g}$.

El proceso de cocción influyó sobre la cantidad de antioxidantes (g/100g) presentes en los diferentes genotipos de hojas de zanahoria blanca estableciendo el mayor contenido en los tratamientos 1 y 2 con 33,26 g/100g y 31,06 g/100g consecutivamente. Mientras que, el menor contenido se determinó en el T8 con 2,21 g/100g.

El tipo de genotipo estudiado en estado natural y sometido a proceso de cocción no difieren significativamente ($p > 0,05$) en el contenido de fenoles, es decir, presentaron valores similares.

Tabla 5. Resultados obtenidos en los compuestos funcionales en hojas de camote de en estado natural vs cocción

| Tratamientos | Carotenoides totales ($\mu\text{g/g}$) | Antioxidantes g/100g | Fenoles g/100g |
|----------------|--|----------------------|-------------------|
| T1 | 314,26 \pm 0,99 d | 33,26 \pm 0,94 e | 0,68 \pm 0,06 a |
| T2 | 242,18 \pm 0,99 b | 31,05 \pm 0,94 e | 0,78 \pm 0,06 a |
| T3 | 217,13 \pm 0,99 ab | 11,69 \pm 0,94 c | 0,98 \pm 0,06 a |
| T4 | 303,90 \pm 0,99 c | 23,09 \pm 0,94 d | 0,78 \pm 0,06 a |
| T5 | 186,17 \pm 0,99 a | 7,00 \pm 0,94 b | 0,26 \pm 0,06 a |
| T6 | 187,42 \pm 0,99 a | 7,06 \pm 0,94 b | 0,53 \pm 0,06 a |
| T7 | 189,52 \pm 0,99 a | 6,83 \pm 0,94 b | 0,78 \pm 0,06 a |
| T8 | 214,82 \pm 0,99 ab | 2,21 \pm 0,94 a | 0,48 \pm 0,06 a |
| <i>p-valor</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | >0,0001 |

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

En la **Tabla 6** se describen los resultados obtenidos de los compuestos funcionales de las hojas de camote.

El estado (natural y cocido) y los diferentes genotipos de hojas de camote incidieron significativamente ($p < 0,05$) en el contenido de carotenoides totales, demostrando una disminución considerable al ser cocinadas, de esta forma, se observó que el mayor contenido se obtuvo de las muestras que estaban en estado natural con valores entre (211,66 $\mu\text{g/g}$ - 130,36 $\mu\text{g/g}$) por el contrario las muestras cocidas situaron un contenido inferior (7,13 $\mu\text{g/g}$ - 4,03 $\mu\text{g/g}$).

La disminución del contenido de antioxidantes (g/100g) estuvo influenciado por el proceso de cocción, esto permitió obtener la menor cantidad en los T5 y T6 con valores de 4,03 y 4,49 respectivamente, a diferencia de las hojas de los diferentes genotipos en estado natural que mostró la mayor cantidad de antioxidantes, siendo el T2 con 14,76 g/100g.

El proceso de cocción de las hojas de los diferentes genotipos no presentó variabilidad ($p > 0,05$) en la disminución del contenido de fenoles totales, presentado valores similares que fluctuaron entre 0,73 g/100g – 1,36 g/100g.

Tabla 6. Resultados obtenidos en los compuestos funcionales en hojas de camote en estado natural vs cocción.

| Tratamientos | Carotenoides totales (µg/g) | Antioxidantes g/100g | Fenoles g/100g |
|----------------|-----------------------------|----------------------|----------------|
| T1 | 211,66 ± 6,69 f | 11,76 ± 0,48 cd | 1,13 ± 0,04 a |
| T2 | 289,34 ± 6,69 c | 14,76 ± 0,48 d | 0,93 ± 0,04 a |
| T3 | 130,36 ± 6,69 d | 10,88 ± 0,48 c | 1,36 ± 0,04 a |
| T4 | 172,79 ± 6,69 e | 11,57 ± 0,48 cd | 1,32 ± 0,04 a |
| T5 | 40,63 ± 6,69 a | 4,03 ± 0,48 a | 0,95 ± 0,04 a |
| T6 | 60,03 ± 6,69 b | 4,59 ± 0,48 a | 0,73 ± 0,04 a |
| T7 | 62,87 ± 6,69 bc | 7,13 ± 0,48 b | 0,98 ± 0,04 a |
| T8 | 83,12 ± 6,69 c | 5,47 ± 0,48 ab | 0,88 ± 0,04 a |
| <i>p-valor</i> | < 0,0001 | < 0,0001 | > 0,0001 |

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

DISCUSIÓN

Características anti nutricionales de hojas de zanahoria blanca

En el contenido de alcaloides totales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca existe disminución en su concentración por efecto de la cocción. Investigaciones realizadas en hojas de boldo donde aplicaron una temperatura de secado de 65 °C determinaron una disminución del 30 % (Donoso-Calderón, 2022). Por otro lado, el contenido de alcaloides en hojas de yerbamora (*Solanum nigrum* L.) obtuvieron 0,24 – 0,54 mg/g en diferentes métodos (Arturo-Perdomo, 2017).

Para el contenido de saponinas en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presentaron una leve disminución entre los valores en estado crudo y cocido. Diversas investigaciones han reportado un contenido superior en cáscara de zanahoria con un valor de 279,9 mg EE/g obtenido en agua y 229,5 mg EE/g en metanol (Pujol-Garcia, y otros, 2023). Por otro lado, se hace énfasis que las hojas de *Phyllanthus amarus* contiene 2,05 mg/g, cabe mencionar que, las saponinas pueden soportar temperaturas superiores a 150 °C e inferiores a 400 °C (Abdulrasheed-Hadiza, Akilu, & Mohammed, 2020).

El efecto de la cocción en el contenido de oxalatos en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presenta diferencias estadísticamente significativas, es decir, se evidencia reducción del contenido de Oxalatos en porcentajes de 24 % a 51 % en todas las variedades de estudio después de la aplicación del proceso de cocción. Investigaciones de reducción de anti nutrientes en alimentos con algunos procesos mostraron que cuando las muestras de taro (papa china) se hirvieron en agua durante 40 minutos, el contenido de oxalato disminuyó al menos un 47 %, (Savage & Martensson, 2010).

La disminución del contenido de taninos en las hojas de los diferentes genotipos se vio influenciada por el proceso de cocción. En hojas comestibles nativas de Mesoamérica se han determinado una concentración de tanino de 0,54 mg/g (*Solanum nigrescens*) y 0,50 mg/g (*Cnidioscolus aconitifolius*) (Cáceres, y otros, 2019). Los taninos son indicadores de actividad anti nutricional, debido a que, son quelantes de minerales, forman complejos insolubles que impiden la absorción.

El proceso de cocción redujo el contenido de nitrato de las verduras crudas, autores indican que la disminución va desde el 4,094 % al 13,407 %. Por otro lado, mencionan que el proceso de fritura presenta un aumento en el contenido de nitrato (12,46 % al 29,93 %) (Shahbazzadegan, Hashemimajid, & Shahbazi, 2010). Además, mencionan que, los niveles de nitrato están influenciada por la temporada de cosecha, tipo de hortalizas, fertilizantes, entre otros (Salehzadeh, Maleki, Rezaee, Shahmoradi, & Ponnet, 2022).

Los procesos térmicos como la ebullición y la cocción a alta presión, así como también, la cocción al vapor y microondas pueden reducir el contenido de glucosinolato tres veces (Francisco, Velasco, Moreno, García-Viguera, & Cartea, 2010). Investigaciones realizadas en material vegetal de brócoli secado y liofilizado demostraron que la concentración de glucosinolato disminuyó en un 30 % en comparación al material vegetal en estado fresco, esto guarda relación con la presente investigación, donde los tratamientos tuvieron una reducción promedio del 23 % en su contenido (Montaner, Mallor, Cristina, Laguna, & Zufiaurre, 2022).

Características anti nutricionales de hojas de camote

En el efecto de la cocción en el contenido de alcaloides totales en hojas de cuatro genotipos de camote mostraron una disminución (41 % - 84 %) en relación a crudo-cocido, es necesario resaltar un cambio notable en la variedad Guayaco M en estado fresco (T3) que obtuvo 4,94 mg/100g y al ser sometido a cocción se redujo a 0,8 mg/100g (T7). Investigaciones han demostrado que, las hojas de camote contienen metabolitos secundarios con potenciales actividades biológicas, entre ellos, se encuentra el contenido de alcaloides que varía entre 3,45 - 6,20 mg (Pochapski, y otros, 2012).

Para el contenido de saponinas después de la cocción en las hojas de las cuatro variedades de camote presentaron una disminución en su concentración. Investigaciones han reportado un contenido de saponinas de 0,41 mg/g en polvo de hojas de camote (Mbaeyi-Nwaoha & Emejulu, 2013). Por otro lado, en hojas de berenjena (*Solanum melongena*) liofilizadas se obtuvo una menor concentración de saponinas con un valor de 8,40 mg/100g (Scorsatto, y otros, 2017).

La cocción de hojas de camote influyó significativamente en el contenido de oxalatos, demostrando una disminución, esto se debe por el tratamiento térmico al que fueron sometidas. de acuerdo con estudios se comprueba que el tiempo de cocción en harina de papa china (*Colocasia esculenta*) presenta reducción de oxalatos con un contenido de 20,48 mg/100 g (Carbajal-Basillo, 2019). Chotimah y Fajarini informan que el escaldado a 80 °C por 30 minutos

reduce el oxalato en un 60 % (Chotimah & Fajarini, 2013). Así como también, el calentamiento y fermentación son métodos eficaces para disminuir el contenido de oxalato (Kasaye, Melese, Amare, & Hailaye, 2013).

El contenido de taninos en hojas de camote es 40 veces mayor que en las raíces, autores han demostrado que la concentración oscila entre 0,87 y 5,05 g/100 g en hojas frescas mientras que en hojas deshidratadas disminuye a 0,003 y 0,132 g/100 g (Ooko-Abong, y otros, 2020). De igual manera, se han reportado valores una reducción de 2,28 a 4,46 g/100 g mediante tratamientos térmicos (Endrias, Negussie, & Gulelat, 2016),

El tratamiento térmico tuvo un efecto sobre el contenido de nitratos; la mayor reducción se produjo después de la ebullición (69 %) mientras que en la cocción se reduce aproximadamente en un 27 % (Franková, y otros, 2022). Cabe mencionar que, los altos niveles de nitratos dependen de la variedad, parte de la planta, condiciones edafoclimáticas, además, se enfatiza que, altas concentraciones de nitrato pueden ocasionar daños para la salud del consumidor (Valdés, 2015).

El efecto de la cocción sobre el contenido de glucosinolatos incide significativamente en la disminución frente al material vegetal fresco. Según estudios realizados en vegetales de la familia Brassica, obtuvieron 0,337 en coliflor verde cruda mientras que, al ser cocinadas se redujo a 0,143; por otro lado, la coliflor morada fresca situó 1,915 y cocinada obtuvo 0,909 (Kapusta-Duch, Kusznierevicz, Leszczyńska, & Borczak, 2016). Las hojas de los tubérculos tienen mayor concentración de glucosinolatos en comparación a hortalizas y forrajes de semillas oleaginosas (Bashir, y otros, 2022).

Compuestos funcionales de hojas de zanahoria blanca

El contenido de carotenoides de las hojas de zanahoria se redujo mínimamente al ser cocinadas. Se ha mencionado que, para los carotenoides, la cocción húmeda/seca provoca pérdidas mayores de α y β -caroteno, es por ello que se debe considerar el método de tratamiento térmico, tiempo y temperatura (Feng, y otros, 2019). En zanahorias frescas el contenido de carotenoides totales varió de 64,94 a 97,53 mg/kg (Koka-Bozalan, Nuray, & Karadany, 2011). Por otro lado, la variabilidad del contenido de carotenoides en los materiales vegetales depende de factores como genotipo, suelo, condiciones climáticas, labores culturales y condiciones de almacenamiento (Sonobe & Hirono, 2023).

La capacidad antioxidante de las hojas de zanahoria blanca se redujo considerablemente al ser sometidos al proceso de cocción se hace énfasis que las hojas de zanahoria presentan mayor cantidad de antioxidante con valores de 56,18 a 82,59 (Goneim, Ibrahim, & El-Shehawy, 2011). Mientras que, la actividad antioxidante de la corteza de zanahoria varía 25,90 y 50,60 g/100g (Feng, y otros, 2019).

Las hojas de zanahoria tienen abundantes compuestos fenólicos, cuyo contenido es diez veces mayor que el de la zanahoria fresca (Song, Ismail, Baroutian, & Farid, 2018). El contenido total de fenol en zanahoria fresca promedia entre 0,95 mg/g a 1,20 mg/g (Paul, Gayathri, & Priy, 2017). Los compuestos fenólicos se ven influenciados por múltiples factores, tales como: uso de fertilizantes, condiciones y temperatura de almacenamiento (Ahmad, y otros, 2019).

Compuestos funcionales de hojas de camote

La concentración de carotenoides en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca presenta diferencias estadísticamente diferentes entre variedades en estado crudo en comparación con datos después de la cocción. Los carotenoides a altas temperaturas se descomponen perdiendo su color y valor nutricional (Zhou, Tian, & Yang, 2023). Las hojas de camote son una fuente

de carotenoides que se encuentra oscilando entre 34 y 68 mg/100 g (Ooko-Abong, y otros, 2020).

Los procesos térmicos disminuyen el contenido de antioxidantes, estudios realizados en hojas de camote secadas a una temperatura de 100 °C se obtuvo un contenido de 1,02 g/100g; mientras que, mediante secado en frío se determinó 0,62 g/100g (Long-Jeng, Chi-Lai, Chen-Liao, Yue-Lin, Su, & Min-Sung, 2015). En hojas blanqueadas de camote presentan una capacidad antioxidante entre 2,89 - 5,08 g/100g (Jang & Koh, 2019).

En cuanto al contenido de fenoles presentó una disminución muy poco notoria en entre los tratamientos, es decir no existió variabilidad en sus resultados. Existen estudios donde el procesamiento térmico provoca un aumento del contenido de polifenoles en batatas. Los valores de fenoles totales en camote tratado térmicamente oscilaron entre 0,218 mg GAE g⁻¹ (hervido) y 6,37 mg GAE g⁻¹ (cocido al vapor) (Franková, y otros, 2022).

CONCLUSIONES

Los procesos térmicos como la cocción, permite la disminución de los niveles de anti nutrientes de las hojas de zanahoria blanca y camote, de esta forma, se demuestra que, disminuye significativamente el contenido de alcaloides, saponinas, oxalatos, taninos, nitratos y glucosinolatos. Así como también, la cocción provocó una reducción sustancial en las características funcionales como: carotenoides y antioxidantes, mientras que, los fenoles no presentaron incidencia en ninguno de los materiales vegetales.

La cocción provocó reducción sustancial en el contenido de anti nutrientes y compuestos funcionales en hojas de cuatro genotipos de zanahoria blanca y camote. Por un lado, los primeros compuestos se redujeron a límites seguros para el consumo, pero se detectó una pérdida importante de los compuestos funcionales, siendo necesario realizar estudios adicionales para encontrar un balance entre los factores mencionados.

REFERENCIAS

1. Thu-Phan MA, Paterson J, Bucknall M, Arcot J. Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018 Julio; 58. doi:10.1080/10408398.2016.1254595
2. Petroski W, Minich DM. Is There Such a Thing as “Anti-Nutrients”? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. *Nutrients*. 2020 Octubre; 12(10). doi:10.3390/nu12102929
3. Cruz-Tobar E, Vega-Charigumán J, Guitierrez-Albán A, Gonzalez-Rivera M, Saltos-Espín R, Gonzalez-Rivera V. Aplicación de abonos organicos en la producción de zanahoria (*Daucus carota* L). *Revista de Investigación Talentos*. 2018; 2. doi:https://doi.org/10.33789/talentos.5.81
4. Vera S, Koudela M, Chmelorova H, Hajslova J, Novotny C. Assessment of Carrot Production System Using Biologically Active Compounds and Metabolomic Fingerprints. *Agronomy*. 2022; 12(8). https://doi.org/10.3390/agronomy12081770
5. Hellstrom J, Granato D, Mattila PH. Accumulation of Phenolic Acids during Storage over Differently Handled Fresh Carrots. 2020 Octubre; 9(10). doi:10.3390/foods9101515

6. Kim JS, Lim JH, Cho SK. Effect of antioxidant and anti-inflammatory on bioactive components of carrot (*Daucus carota* L.) leaves from Jeju Island. *Applied Biological Chemistry*. 2023 Junio; 66(34). doi:<https://doi.org/10.1186/s13765-023-00786-2>
7. Conversa G, Bonasia A, Natrella G, Lazzizzera C, Elia A. Peeling Affects the Nutritional Properties of Carrot Genotypes. *Foods*. 2021; 11(1). doi:10.3390/foods11010045
8. Cofre-Santos F, Saltos-Espín RD. Evaluación del rendimiento y la calidad de la zanahoria (*Daucus carota* L.) en dos sistemas de producción orgánico y convencional. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*. 2018 Junio; 1(1): p. 05-16. doi: <https://doi.org/10.46380/rias.v1i1.11>
9. Laveriano-Santos EP, López-Yerena A, Jaime-Rodríguez C, González-Coria J, Lamuela-Raventós RM, Vallverdú-Queralt A, et al. Sweet Potato Is Not Simply an Abundant Food Crop: A Comprehensive Review of Its Phytochemical Constituents, Biological Activities, and the Effects of Processing. *Antioxidants*. 2022 Septiembre; 11(9). doi: 10.3390/antiox11091648
10. Parveen A, Choi S, Kang JH, Hyun-Oh S, Yeou-Kim K. Trifostigmanoside I, an Active Compound from Sweet Potato, Restores the Activity of MUC2 and Protects the Tight Junctions through PKC α/β to Maintain Intestinal Barrier Function. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021 Enero; 22(1). doi:10.3390/ijms22010291
11. Chao-Chen T, Asif A, Bo-Ping F, Ming-Huan L, Jing-Yi C, Le-Fei H, et al. Nutritional composition and health benefits of leaf-vegetable sweet potato in South China. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021 Marzo; 96.
12. Hoang-Chinh N, Chang-Chang C, Kuan-Hung L, Pi-Yu C, Hsin-Hung L, Men-Yuan H. Bioactive Compounds, Antioxidants, and Health Benefits of Sweet Potato Leaves. *Molecules*. 2021 Abril; 26(7).
13. Oropeza-Guerrero M. Alcaloides totales y actividad antioxidante de extractos metanólicos de hojas *Ipomoea murucoides*. In.: [Tesis de licenciatura]. Universidad Tecnológica de la mixteca; 2012. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11616.pdf
14. Medina-Meza IG, Aluwi NA, Saunders SR, Ganjyal GM. GC-MS Profiling of Triterpenoid Saponins from 28 Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in Washington State. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016 Noviembre; 64(45). doi:10.1021/acs.jafc.6b02156
15. Naik VV, Patil NS, Aparadh VT, Karadge BA. Methodology in determination of oxalic acid in plant tissue: a comparative approach. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences*. 2014; 5(2). Doi: <https://www.jgtps.com/admin/uploads/zyRG5Q.pdf>
16. A.O.A.C. Association of official Analytical Chemist, 952.03,1964. Métodos. Peer Verified Methods. Manual on Polices and Procedures. Arlington, Estados Unidos.; 1964.
17. Cataldo DA, Maroon M, Schrader LE, Youngs VL. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2008; p. 71-80. Doi:10.1080/00103627509366547
18. ISO 9167. Determination of glucosinolates content. 1-9. ; 2019.

19. Lachman J, Hejtmánková K, Kotíková Z. Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: Selection for breeding and production. *Journal of Cereal Science*. 2013 Marzo; 57(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.05.011>
20. Waterhouse AL. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Food and Nutrition Sciences. 2003 Febrero 6(7). doi:<https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
21. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 1999; p. 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
22. Donoso-Calderón S. Evaluación de la producción de biomasa aérea y del rendimiento en aceite esencial y boldina, de Boldo (*Peumus boldus* Mol.) en la Comuna de Papudo, V Región [Tesis de pregrado] Santiago de Chile: Universidad de Chile; 2022. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105130>
23. Arturo-Perdomo LF. Estudio químico de los alcaloides presentes en las hojas de yerbamora (*Solanum nigrum* L.), originaria de los municipios de pasto y chachagüí [Tesis de pregrado] Nariño: Universidad de Nariño; 2017. Repositorio Institucional. <https://sired.udenar.edu.co/3795/>
24. Pujol-García A, Tamargo B, Salas E, Calzadilla C, Acevedo R, Sierra G. Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria* L que crece en Cuba. *Bionatura*. 2023; 5(3). <https://www.revistabionatura.com/files/2020.05.03.7.pdf>
25. Abdulrasheed-Hadiza H, Akilu M, Mohammed M. Phytochemical Analysis of *Daucus Carota* and *Zingiber officinale* Samples Collected from Gwarimpa Abuja Nigeria. *Journal of Diseases and Medicinal Plants*. 2020; 4(2). <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.jdmp.20200602.13>
26. Savage GP, Martensson L. Comparison of the estimates of the oxalate content of taro leaves and corms and a selection of Indian vegetables following hot water, hot acid and in vitro extraction methods. *Food Composition and Analysis*. 2010; p. 113. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.07.001>
27. Cáceres A, Martínez-Arévalo V, Mérida-Reyes MS, Sacbajá A, López A, Cruz SM. Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 2019; 6(2). <https://doi.org/10.36829/63CTS.v6i2.834>
28. Shahbazzadegan S, Hashemimajid K, Shahbazi B. Determination of nitrate concentration of consumed vegetables and fruits in Ardabil. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2010; 10(1). <https://doi.org/10.5681%2Fhpp.2012.030>
29. Salehzadeh H, Maleki A, Rezaee R, Shahmoradi B, Ponnet K. The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their health-related risks. *PLoS One*. 2022; 15(1). <https://doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0227551>
30. Francisco M, Velasco P, Moreno D, García-Viguera C, Cartea M. Métodos de cocción de Brassica rapa afectan la conservación de glucosinolatos, fenólicos y vitamina C. *Food Research International*. 2010; 43(5). <https://eprints.uanl.mx/14352/>
31. Montaner C, Mallor , Cristina , Laguna S, Zufiaurre R. Bioactive compounds, antioxidant activity, and mineral content of bróquil: A traditional crop of Brassica oleracea var. italica. *Front Nutr*. 2022; 9(1006012). <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1006012>

32. Pochapski MT, Fosquiera EC, Esmerino LA, Brasil-Dos Santos E, Farago PV, Santos FA, et al. Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activities of the crude leaves' extract from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Pharmacogn Mag.* 2012; 7(26). <https://doi.org/10.4103%2F0973-1296.80682>
33. Mbaeyi-Nwaoha IE, Emejulu VN. Evaluation of Phytochemical Composition and Antimicrobial Activity of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Leaf. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2013; 12. <https://worldveg.tind.io/record/55547>
34. Scorsatto M, Pimentel A, Ribeiro-Da Silva AJ, Sabally K, Rosa G, Moraes - De Oliveira GM. Assessment of Bioactive Compounds, Physicochemical Composition, and In Vitro Antioxidant Activity of Eggplant Flour. *Int. J. Cardiovascular Science.* 2017; 30(3). <https://www.scielo.br/j/ijcs/a/7vRR5T4MTrK8T7FPdznDFkN/?lang=en>
35. Carbajal-Basillo D. Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) [Tesis de pregrado]: Universidad Nacional Daniel Acidez Carrión; 2019.Repositorio Institucional. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2555>
36. Chotimah S, Fajarini D. Reduksi kalsium oksalat dengan perebusan menggunakan larutan nacl dan penepungan untuk meningkatkan kualitas sente (*Alocasia macrorrhiza*) sebagai bahan pangan. 2013; 2(2). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtki/article/view/2611>
37. Kasaye T, Melese A, Amare G, Hailaye G. Effect of Fermentation and Boiling on Functional and Physico Chemical Properties of Yam and Cassava Flours. *Journal of Agricultural Science and Food Research.* 2013. https://www.researchgate.net/publication/343530063_Effect_of_Fermentation_and_Boiling_on_Functional_and_Physico_Chemical_Properties_of_Yam_and_Cassava_Flours
38. Ooko-Abong G, Muzhingi T, Wandayi-Okoth M, Ng'ang F, Ochieng PE, Mahuga-Mbogo D, et al. Phytochemicals in Leaves and Roots of Selected Kenyan Orange Fleshed Sweet potato (OFSP) Varieties. *International Journal of Food Science.* 2020;(3567972). <https://doi.org/10.1155/2020/3567972>
39. Endrias D, Negussie R, Gulelat D. Comparison of three sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) varieties on nutritional and anti-nutritional factors. *Global Journal of Science Frontier Research.* 2016; 16(4). https://globaljournals.org/GJSFR_Volume16/5-Comparison-of-Three-Sweet.pdf
40. Franková H, Musilová J, Árvay J, Šnirc M, Jančo I, Lidiková J, et al. Changes in Antioxidant Properties and Phenolics in Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* L.) Due to Heat Treatments. *Molecules.* 2022; 27(6). 10,3390/moléculas27061884.
41. Valdés A. Contenido de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en la 3ª Zona de Riego del Río Mendoza [Tesis de pregrado] Mendoza: Universidad Nacional del Cuyo; 2015. Repositorio Institucional. <https://itp.bdigital.uncu.edu.ar/6681>
42. Kapusta-Duch J, Kusznierewicz B, Leszczyńska T, Borczak B. Effect of cooking on the contents of glucosinolates and their degradation products in selected Brassica vegetables. *Journal of Functional Foods.* 2016; 23. <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-nutrition-society/article/effect-of-cooking-brassica-vegetables-on-the-subsequent-hydrolysis-and-metabolic-fate-of-glucosinolates/30841862B9D531DF37CDAF97853EF8DC>
43. Bashir R, Tabassum S, Rashid A, Rehman S, Adnan A, Ghaffar R. Componentes bioactivos de los tubérculos: Avances en la investigación de hortalizas de raíz; 2022. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04302>

44. Feng Q, Xi-Lin H, Guang-Long WZSX, Guo-Fei TTL, Ya-Hui W, Ahmed K, et al. Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*. 2019;(69). <https://www.nature.com/articles/s41438-019-0150-6>
45. Koka-Bozalan, Nuray , Karadanys F. Carotenoid Profile, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Carrots. *International Journal of Food Properties*. 2011; 14. <https://doi.org/10.1080/10942910903580918>
46. Sonobe R, Hirono Y. Carotenoid Content Estimation in Tea Leaves Using Noisy Reflectance Data. *Remote Sens*. 2023; 15(17). <https://doi.org/10.3390/rs15174303>
47. Goneim GA, Ibrahim FY, El-Shehawy M. Carrot leaves: antioxidative and nutritive values. *J. Food and Dairy Sci*. 2011; 2(4). [10.21608/JFDS.2011.81946](https://doi.org/10.21608/JFDS.2011.81946)
48. Song R, Ismail M, Baroutian S, Farid M. Effect of Subcritical Water on the Extraction of Bioactive Compounds from Carrot Leaves. *Food and Bioprocess Technology*. 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-018-2151-0>
49. Paul R, Gayathri R, Priy V. Preliminary Phytochemical Analysis and Estimation of Total Phenol Content. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*. 2017; 45(1). <https://globalresearchonline.net/journalcontents/v45-1/08.pdf>
50. Ahmad T, Cawood M, Iqbal Q, Ariño A, Batool A, Sabir-Tariq RM, et al. Phytochemicals in *Daucus carota* and Their Health Benefits—Review Article. *Foods*. 2019; 8(9). [0.3390/foods8090424](https://doi.org/10.3390/foods8090424)
51. Zhou Y, Tian Y, Yang B. Root vegetable side streams as sources of functional ingredients for food, nutraceutical and pharmaceutical applications: The current status and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*. 2023; 133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.05.006>
52. Long-Jeng T, Chi-Lai C, Chen-Liao T, YL, Min-Sung J. Effects of drying on caffeoylquinic acid derivative content and antioxidant capacity of sweet potato leaves. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2015; 23(4). <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.07.002>
53. Jang Y, Koh E. Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves. *Food Science and Biotechnology*. 2019; 28. [10.1007/s10068-018-0481-3](https://doi.org/10.1007/s10068-018-0481-3)
54. Savage GP, Martensson L. Comparison of the estimates of the oxalate content of taro leaves and corms and a selection of Indian vegetables following hot water, hot acid and in vitro extraction methods. *Food Composition and Analysis*. 2010; 23: p. 113. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.07.001>