

“Año de la universalización de la salud”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada con ley 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIDAD DE POSGRADO

TESIS

“Determinación de compuestos bioactivos de cjava y chullece
obtenidos de *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus*
Caldas y su contribución a la actividad antioxidante”

Línea de investigación: Biotecnología

PRESENTADO POR:

M. Sc. Roberto Carlos Chuquilín Goicochea

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN:
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

HUANCAVELICA - PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
 (Creado por la ley N°25265)
 ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



(APROBADO CON RESOLUCION N°736-2005-ANR)

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el jurado conformado por los docentes: Dr. David RUIZ VILCHEZ; Dr. Jaime Antonio RUÍZ BÉJAR y Dr. Efraín David ESTEBAN NOLBERTO.

Asesor: Dr. Ruggert's Neil DE LA CRUZ MARCOS

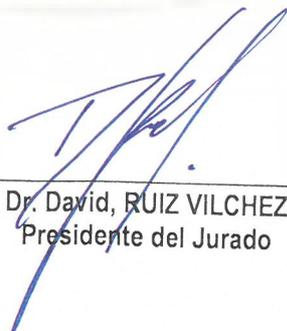
De conformidad al reglamento único de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 330-2019-CU-UNH y modificado con resolución N°552-2021-CU-UNH; y la Directiva de Sustentación Sincrónica de Tesis de los Estudiantes de Maestría y Doctorado de las Unidades de posgrado de las Facultades Integrantes de la Universidad Nacional de Huancavelica en el Marco del Estado de Emergencia Covid-19, aprobado con Resolución Directoral N° 340-2020-CU-UNH.

EL candidato al GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS, Don, M. Sc. Roberto Carlos CHUQUILIN GOICOCHEA procedió a sustentar su trabajo de investigación titulado "Determinación de compuestos bioactivos de cjava y chullcce obtenidos de *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus* Caldas y su contribución a la actividad antioxidante"

Luego, de haber absuelto las preguntas que le fueron formuladas por los miembros del jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

Con el calificativo: Aprobado X Por: UNANIMIDAD
 Desaprobado

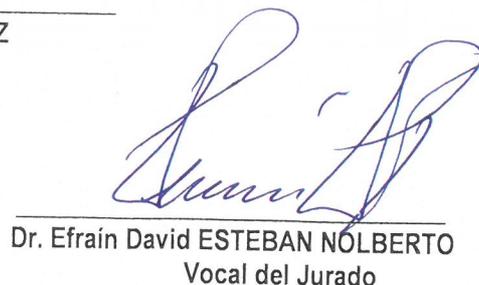
Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad Acobamba, a los catorce días del mes de diciembre del año 2021.



 Dr. David, RUIZ VILCHEZ
 Presidente del Jurado



 Dr. Jaime Antonio RUÍZ BÉJAR
 Secretario del Jurado

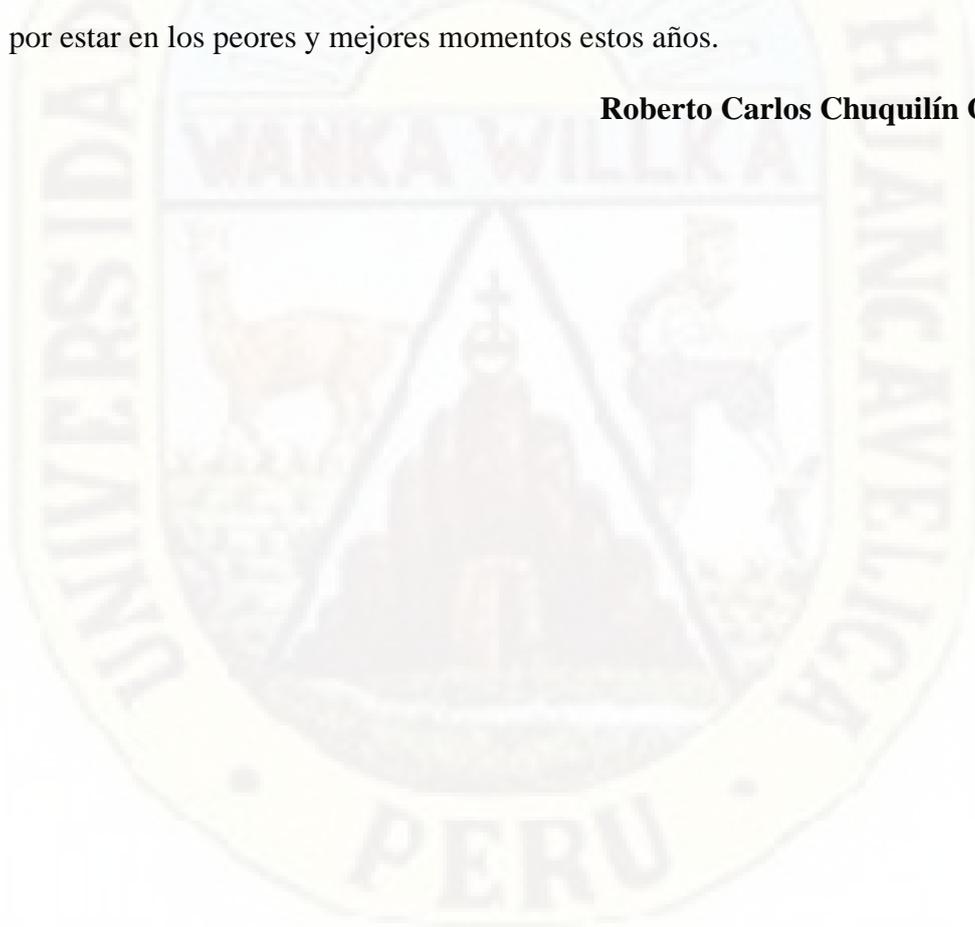


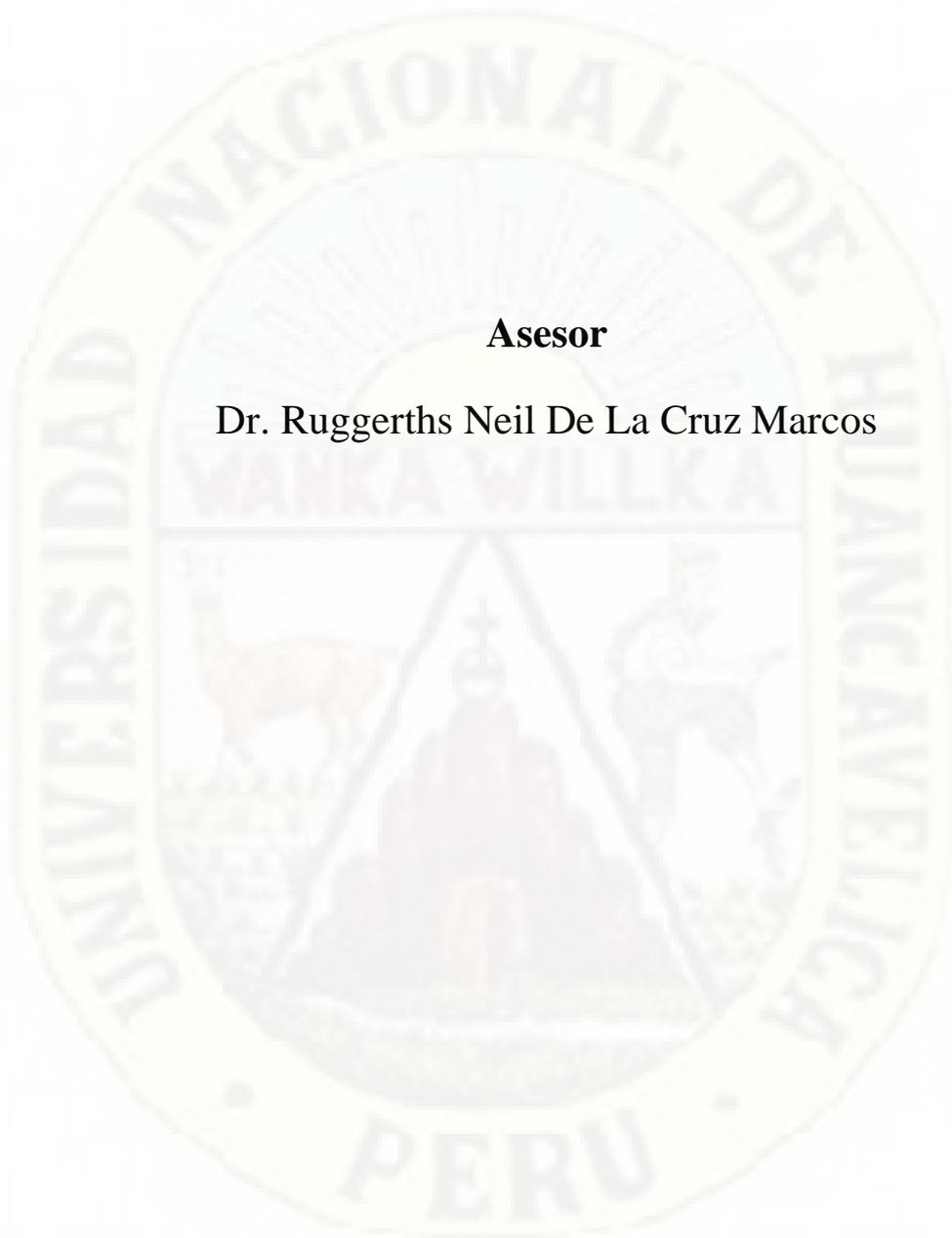
 Dr. Efraín David ESTEBAN NOLBERTO
 Vocal del Jurado

Dedicatoria

Dedico esta tesis doctoral a Dios que siempre me cuida e ilumina mi camino. A mis padres Nancy Elizabeth Goicochea Haro y Antero Chuquilín Bustamante, por haber iniciado este camino que me ha llevado hasta aquí y por todo su amor, a mi hijo Carlos Fabrizio Sebastián Chuquilín Mendoza por darme todas las razones, a mi mamá Chana, Susana Inés Haro Haro quien con mucho amor me enseñó sobre ser una buena persona, a mis hermanas Susan Elizabeth y Julia Carolina, por su cariño y apoyo incondicional, a mis cuñados Wilder Chávez Calderón y José Luis Vilca Blas, por estar en los peores y mejores momentos estos años.

Roberto Carlos Chuquilín Goicochea





Asesor

Dr. Ruggërths Neil De La Cruz Marcos

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los compuestos bioactivos de cjaya y chullcce obtenidos de *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus* Caldas y su contribución a la actividad antioxidante. Para tal fin, se realizó un análisis de perfil de compuesto fenólicos, contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante ABTS, contenido de flavanoides, contenido de flavonoides, contenido de antocianinas totales, y contenido de betalaínas. La cjaya y el chullcce presentaron compuestos fenólicos con interesantes propiedades funcionales de acuerdo con estudios previos, que ponen a estos productos en una posición importante para el desarrollo de su producción agroindustrial, como producto final o insumos para el diseño de alimentos funcionales. La cjaya presentó mayor contenido de compuestos bioactivos que el chullcce, excepto en contenido de flavonoides. Ambos productos conservaron y concentraron sus compuestos bioactivos con respecto a sus materias primas. Por los hallazgos de este trabajo, la cjaya y el chullcce podrían considerarse alimentos potencialmente beneficiosos para la salud humana, por lo que se recomienda investigar más sobre estos productos ancestrales.

Palabras clave: kaempferol, orientina, flavanoles, flavonoles, chuño.

Abstract

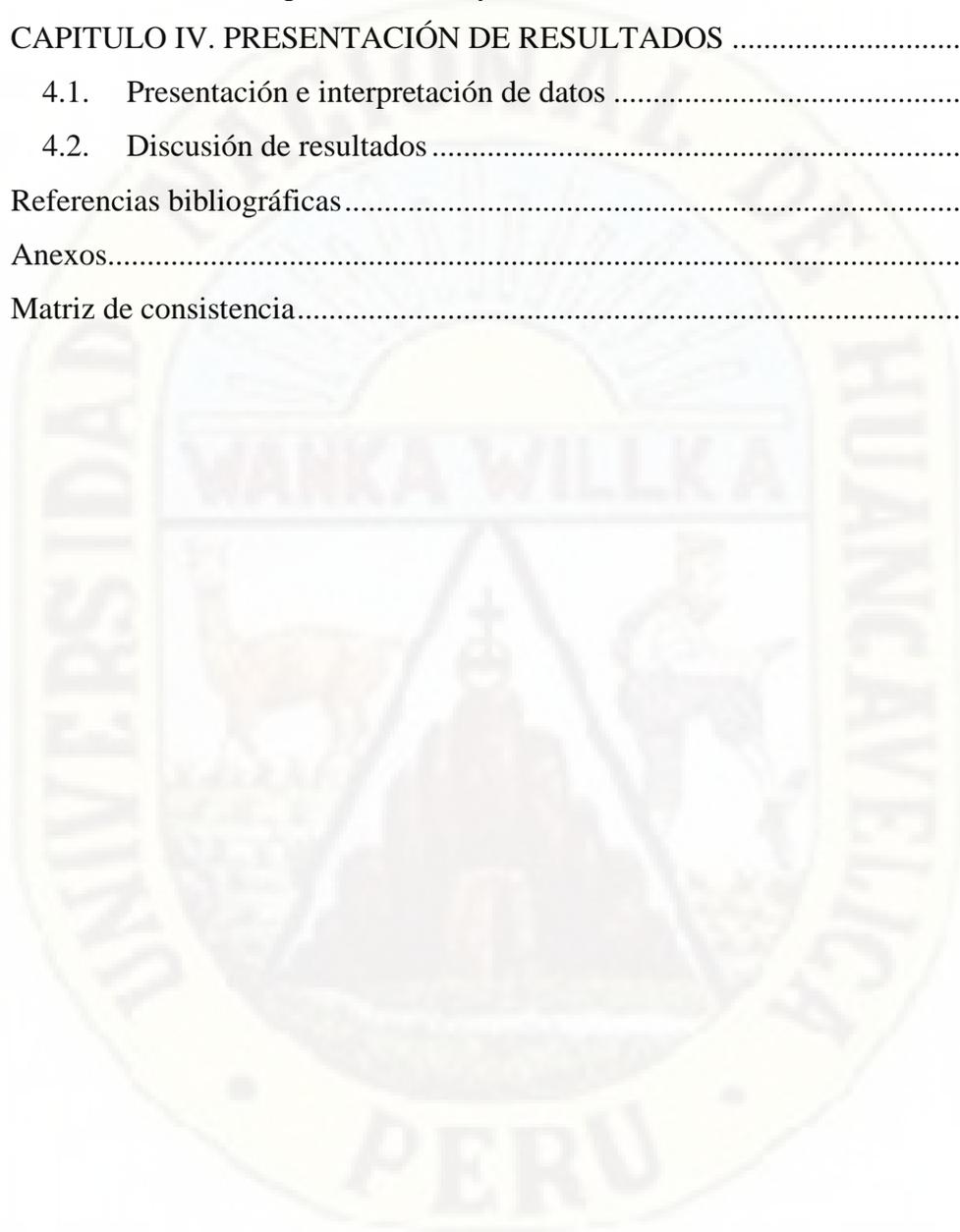
The present research aimed to determine the bioactive compounds of cjaya and chullcce obtained from *Oxalis tuberosa* Molina and *Ullucus tuberosus* Caldas and their contribution to antioxidant activity. For this purpose, a profile analysis of phenolic compounds, total phenol content, ABTS antioxidant capacity, flavanoid content, flavonoid content, total anthocyanin content, and betalain content was performed. Cjaya and chullcce presented phenolic compounds with interesting functional properties according to previous studies, which put these products in an important position for the development of their agro-industrial production, as final products, or inputs for the design of functional foods. The cjaya presented a higher content of bioactive compounds than the chullcce, except in flavonoid content. Both products conserved and concentrated their bioactive compounds with respect to their raw materials. Based on the findings of this work, cjaya and chullcce could be considered potentially beneficial foods for human health, so more research on these ancestral products is recommended.

Keywords: kaempferol, orientin, flavanols, flavanols, chuño.

Índice

Acta de Sustentación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Introducción.....	ix
CAPITULO I. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación e importancia.....	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Bases teóricas.....	7
2.3. Marco conceptual.....	7
2.4. Marco filosófico.....	11
2.5. Definición de términos.....	12
2.6. Formulación de hipótesis.....	13
2.7. Identificación de variables.....	13
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
3.1. Tipo de investigación.....	14
3.2. Nivel de investigación.....	14
3.3. Método de investigación.....	14
3.4. Diseño de investigación.....	14
3.5. Población, muestra y muestreo.....	14
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14

3.6.1. Perfil de compuestos fenólicos	14
3.6.2. Compuesto bioactivos y propiedades funcionales	14
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	15
CAPITULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	16
4.1. Presentación e interpretación de datos	16
4.2. Discusión de resultados	23
Referencias bibliográficas.....	32
Anexos.....	42
Matriz de consistencia.....	43



Introducción

Un alimento funcional, es aquel que ha demostrado un efecto benéfico en una o más funciones objetivo del cuerpo humano, mejorando la salud y bienestar y/o una reducción de riesgo de enfermedad (Paliwal *et al.*, 2016). Los avances recientes en la investigación genómica proporcionan evidencia de que centrar estos esfuerzos en las variaciones individuales en las habilidades para metabolizar los nutrientes (nutrigenética) y explorar el papel de los compuestos dietéticos en la expresión génica (nutrigenómica y nutriepigenómica) puede conducir a estrategias dietéticas personalizadas más significativas para promover una salud óptima (Ahluwalia, 2021).

La oca y el olluco son cultivos orgánicos con excelentes propiedades funcionales (Chuquilín Goicochea *et al.*, 2020), que les permiten ser una gran opción para el desarrollo de productos en este nicho de mercado (Campos *et al.*, 2018). De estos dos tubérculos se obtienen derivados como la cjava y el chullcce, respectivamente, que mediante una transformación usando “técnicas ancestrales”. Dicha técnica consiste en congelar el producto durante la noche y luego secar al sol durante el día, aprovechando la menor presión atmosférica de la altura (3900 m.s.n.m.) prolongando su vida útil más que otro producto procesado, incluso sin demandar técnicas sofisticadas de envasado.

Este trabajo de investigación aborda la determinación de estos compuestos bioactivos, que otorgan propiedades funcionales y un futuro prometedor a estos productos ancestrales andinos.

CAPITULO I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El departamento de Huancavelica es una de las regiones que posee los cuatro únicos tubérculos en el mundo: papa, oca, olluco y mashua; de estos recursos alimentarios, excepto la papa, son poco conocidos en otras partes del mundo, pues aún no han sido muy estudiados, y merece la pena profundizar, el conocimiento acerca de ellos, en cuanto a su método empírico y ancestral de cultivar y elaborar ciertos productos, los mismos que, pueden jugar un papel importante en el futuro de la humanidad.

Al hablar de oca (*Oxalis tuberosa*) nombre procedente del quechua, uno de los alimentos primarios desde tiempos ancestrales, pero poco conocidos hoy en día, su composición nutricional aún no está difundida; así como, también su derivado liofilizado “cjaya” que conserva mucho mejor sus características sensoriales y fisicoquímicas, pueden constituirse como un alimento único en su género, con muchas potenciales aplicaciones en la agroindustria. Lo que se busca en este trabajo es la conservación de la oca por el método de liofilización natural, en tiempo normal y/o ambiente, para alargar su vida útil, en forma deshidratada, conocido como cjaya. Ambos son productos andinos, cultivados en zonas altoandinas, con un aporte de energía que va desde 20 a 60 kilocalorías por 100 g, contienen almidón, azúcares, proteína, grasa y fibra, que varían de acuerdo con la variedad de oca.

Se ha encontrado dos métodos de liofilización natural para obtener la cjaya, uno más elaborado que el otro; los cuales se diferencian por: (1) tiempo de remojo, (2) el orden de proceso de remojo y congelación, y es por ello, que existe la necesidad de estandarizar un método que permita, bajar los costos de producción y conserve mejor sus características sensoriales y fisicoquímicas; para que un futuro inmediato, se pueda producir cjaya a gran escala, mejorando el estatus económico de las familias alto andinas, que se dedican a la producción de este promisorio tubérculo .

Por otro lado, el olluco (*Ullucus tuberosus*) perteneciente a la familia de los basellaceae que fue representado en el arte precolombino, encontrados con 4 251 años de antigüedad, este tubérculo presenta diferentes formas de alargado a curvados, midiendo de 12 a 5 cm, conocido también como melloco, rubas olluma o papa lisa. Constituye una buena fuente de carbohidratos, cosechados poseen humedad de 85 %, mientras 14 % de almidón y azúcares, y 1 y 2 % contenido de proteínas. También cuentan con un alto contenido de Vitamina C, 0 % de grasa, goma, y casi nada de fibra. Encontrándose una considerable variación nutricional, especialmente en el contenido proteínico.

En un diálogo con las personas de la zona de Puca cruz - Rosario sobre la manera de procesamiento del CHULLCCE, se encontró cuatro operaciones como es: escaldado, congelado y secado. Para lo cual se dio a conocer el proceso trabajado empíricamente y nada comprobado, proponiendo dos formas de escaldado además del ya trabajado, ya que es el primer paso fundamental para un producto final de calidad.

Este trabajo de investigación analiza los compuestos bioactivos de dos procesados de tubérculos andinos: Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y Olluco (*Ullucus tuberosum* L.) con énfasis en su transformación en un producto tradicional cuyo proceso implica dos etapas principales: congelación y secado a sol. La popularidad de los productos andinos sigue creciendo a escala mundial, pero se debe adaptar al estilo de vida de los consumidores con productos de alto valor agregado, basados en sus propiedades funcionales, que mejoran el sistema inmunológico y la salud pública.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles serán los compuestos bioactivos de cjava y chullcce obtenidos de *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus* Caldas y su contribución a la actividad antioxidante?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es contenido de polifenoles totales de cjaya y chullcce?
- ¿Cuánto es la actividad antioxidante de cjaya y chullcce?
- ¿Cuál es contenido de flavanoides totales de cjaya y chullcce?
- ¿Cuál es contenido de flavonoides totales de cjaya y chullcce?
- ¿Cuál es contenido de antocianinas totales de cjaya?
- ¿Cuál es contenido de betalaínas en chullcce?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los compuestos bioactivos de cjaya y chullcce obtenidos de *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus* Caldas y su contribución a la actividad antioxidante.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de polifenoles totales de cjaya y chullcce.
- Determinar la capacidad antioxidante ABTS de cjaya y chullcce.
- Determinar el contenido de flavanoides totales de cjaya y chullcce.
- Determinar el contenido de flavonoides totales de cjaya y chullcce.
- Determinar el contenido de antocianinas totales de cjaya.
- Determinar el contenido de betalaínas en chullcce.

1.4. Justificación e importancia

Durante los últimos años, existe un interés creciente sobre la investigación de productos andinos como son sus compuestos bioactivos, para el tratamiento de enfermedades y la importancia en el arte culinario de la dieta y la prevención del desarrollo de algunas patologías. Por esta razón, el presente trabajo se ampara en el desconocimiento de los compuestos bioactivos y su aporte en la capacidad antioxidante de la cjaya y el chullcce. La valorización de estos productos brinda estabilidad, bienestar individual y familiar; mayor participación social y comunitaria de parte de la sociedad agricultora mayormente en zonas altoandinas.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El presente trabajo de investigación precisó de información de artículos de revistas indizadas de alto impacto, para de alguna manera justificar su ejecución, y se encontraron artículos principalmente de chuno, derivado de papa, y compuestos bioactivos presentes en tubérculos andinos. A continuación, se presentan los más útiles para este trabajo.

Gross *et al.* (1989) estudiaron la composición química de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum*, *Oxalis tuberosa*, *Iliacus tuberosum* y las semillas de *Chenopodium quinua*, *Chenopodium padillicaule*, *Amaranthus caudatus* y *Lupinus mutabilis*. Además investigaron las relaciones de eficiencia proteica (PER) de quinua, amaranto y lupino. Los tubérculos andinos se presentaron como fuentes de carbohidratos altamente digeribles, mientras que los granos parecidos a los cereales como fuentes de proteínas de alta calidad. El lupino andino posee la ventaja de una proteína y densidad de energía extremadamente altas, aunque la calidad de la proteína es baja.

Las muestras de tubérculos cocidos sin procesar y procesados de los nueve cultivares de papa más abundantes utilizados para preparar el producto alimenticio tradicional liofilizado, "chuno" en las tierras altas centrales del Perú, se prepararon y analizaron para determinar sus concentraciones de proteínas y minerales. La concentración de proteínas, hierro, zinc y calcio del chuno cocido de los nueve cultivares evaluados varió de 0,49 a 1,15 g, de 0,29 a 0,65 mg, de 0,04 a 0,14 mg y de 18,9 a 31,0 mg por 100 g en base a peso fresco, respectivamente. Las papas procesadas como chuno tienen una menor concentración de proteínas y zinc que los tubérculos no procesados y un mayor contenido de calcio, mientras que se puede esperar que la concentración de hierro no esté sujeta a cambios. Se sugiere que el agua utilizada para preparar el chuno es la causa de una mayor concentración de calcio en el producto final, ya que el agua utilizada tenía un mayor contenido

de calcio antes (1,35 mequiv. /L) que después (0,84 mequiv. /L) en el uso preparación. Por lo tanto, el agua parece ser la fuente del aumento de la concentración de calcio (Burgos *et al.*, 2009).

Chirinos *et al.* (2009) realizó una caracterización cualitativa y cuantitativa de los principales compuestos fenólicos de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección de matriz de fotodiodos (HPLC-DAD). Los compuestos fenólicos se fraccionaron en dos fracciones principales: una acuosa (FAQ) y una fracción de acetato de etilo (FEA). Además, se evaluó la contribución de estas fracciones fenólicas a la capacidad antioxidante. El FAQ reveló la presencia de derivados del ácido cafeico, vanílico y cinámico, flavan-3-ols y derivados de flavonas, como los principales compuestos fenólicos para ambos genotipos. Las fracciones FAQ fueron los principales contribuyentes a la capacidad antioxidante ABTS (77-82 %).

Peñarrieta *et al.* (2011) se evaluaron la capacidad antioxidante total (TAC), los compuestos fenólicos totales (TPH), los flavonoides totales (TF) y las cantidades de compuestos fenólicos individuales en cultivares de papa bolivianos (varias especies de *Solanum*) antes, durante y después de la tradicional congelación y secado al sol de papas conocidas como chunos. La TAC de los chunos varió de 0,4 a 2,7 mmol de equivalentes de Trolox / g de materia seca usando 2,2-azino-bis (ácido 3etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) y de 0,7 a 3,0 de acuerdo con el poder antioxidante de reducción férrica (FRAP). Los valores de TAC obtenidos usando FRAP fueron aproximadamente 70 % más bajos después de la congelación, mientras que permanecieron esencialmente constantes cuando se midieron usando ABTS. La cromatografía líquida de alta resolución mostró la presencia de epicatequina, ácido clorogénico, ácido gálico, siringaldehído y ácido protocatecuico en muestras de papa y chuno, aunque los valores fueron más bajos en las muestras de chuno. Los resultados sugieren que la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles individuales están algo disminuidos,

pero lejos de ser eliminados durante el proceso. Por lo tanto, el chuño todavía puede considerarse una fuente importante de antioxidantes en la dieta.

Lazarte *et al.* (2015) analizó el contenido de zinc, hierro, calcio y fitato en los 16 alimentos más consumidos de 5 aldeas en una zona rural tropical de Bolivia. Los alimentos se seleccionaron de acuerdo con un cuestionario de frecuencia de alimentos completado. Los minerales se analizaron por absorción atómica y los fitatos por cromatografía HPLC. Las relaciones molares de fitato: mineral se presentan como indicación de la biodisponibilidad mineral. Dentro de los alimentos analizados, la quinua es una fuente potencial de minerales: zinc 3,65, hierro 5,40 y calcio 176 mg / 100 g; sin embargo, también tiene el mayor contenido de fitato 2060 mg / 100 g. Los cereales y las legumbres mostraron una alta concentración de fitatos (de 142 a 2070 mg / 100 g), las raíces y los tubérculos tienen concentraciones más bajas (de 77 a 427 mg / 100 g). En general, tanto el contenido de fitato como las relaciones molares Phy: Zn (fitato: zinc), Phy: Fe (fitato: hierro) y Phy: Ca (fitato: calcio) en la mayoría de los alimentos analizados estaban en niveles susceptibles de inhibir la absorción de estos minerales. Se encontraron asociaciones positivas significativas ($p < 0,01$) entre el nivel de fitato y minerales en los alimentos, para zinc ($r = 0,714$), hierro ($r = 0,650$) y calcio ($r = 0,415$). Los resultados comparados con los datos de EE. UU. o de Bolivia mostraron algunas discrepancias, lo que confirma la necesidad de datos más confiables para las evaluaciones e intervenciones dietéticas.

Los Andes se consideran la cordillera continental más larga del mundo. Cubre 7000 km de largo y aproximadamente 200–700 km de ancho y una altura promedio de aproximadamente 4000 m. Especies de plantas muy únicas son endémicas de esta área, incluyendo frutas (p. Ej., Lúcuma, chirimoya, pepino dulce, sauco), raíces y tubérculos (papas, batatas, yacón, chicuru, mashua, olluco, etc.) y semillas (quinua, amaranto, tarwi, etc.). Estos cultivos han sido utilizados durante siglos por la población nativa y relativamente recientemente han ganado la atención mundial debido a la amplia gama de nutrientes y / o fitoquímicos que poseen. Campos *et al.* (2018) seleccionaron

las principales frutas andinas, semillas, raíces y tubérculos y se proporcionaron información nutricional y funcional detallada. Además, proporcionaron usos tradicionales y actuales y se informa su potencial bioactivo en base a la literatura científica publicada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Efecto de la congelación – secado en los alimentos

Los alimentos secos ofrecen la comodidad de almacenamiento y transporte derivados de su larga vida útil y bajo peso. Los alimentos liofilizados disfrutan de estas propiedades y generalmente son de mayor calidad que los productos secados por otros procesos. Como resultado, los alimentos liofilizados tienden a ser preferidos en artes culinarias sobre otros productos secos (Mellor & Bell, 2003).

La pérdida de vapor de agua del producto depende principalmente de dos influencias: calor disponible para el producto; y el diferencial de presión de vapor a través de la interfaz de sublimación entre capas congeladas y secas. En la práctica, estos dos factores a menudo se ven comprometidos en interés de la economía de producción. A pesar del uso generalizado de la liofilización en laboratorios biológicos y en la producción de medicamentos y vacunas, el desarrollo de la liofilización como tecnología alimentaria ha estado plagado de problemas de costos y aumento de escala. Su aplicación al procesamiento de alimentos a gran escala se ha limitado a una pequeña cantidad de productos que incluyen café instantáneo, mezclas de sopas, raciones militares y hierbas. La calidad final de un producto liofilizado se puede determinar optimizando las condiciones en tres pasos en el proceso: la fase primaria, la fase de secado y la fase suplementaria (Mellor & Bell, 2003).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.): Compuestos bioactivos

La Oca (*Oxalis tuberosa* Molina), también conocida como oqa, apilla, uncha, ibia y cuiba, es un tubérculo domesticado en la región andina a altitudes entre

2800 y 3000 msnm (Roca *et al.*, 2007). La Oca se cultiva principalmente en las tierras altas de Ecuador, Perú y Bolivia, pero también se encuentra en algunas partes de Chile, Argentina, Colombia y Venezuela, y se introdujo en Nueva Zelanda hace más de un siglo (National Research Council, 1989) La forma del tubérculo varía de formas ovoides a cilíndricas y claviformes y su color de superficie varía de blanco a crema, amarillo, naranja, rosa y morado. Existen más de 1000 accesiones.

La oca presenta un alto contenido de agua (> 80%) y una densidad de energía muy baja en el material fresco. El valor nutricional de la oca es comparable a la papa, pero existe una variación en las propiedades nutricionales entre los genotipos. El tubérculo de oca se considera como una buena fuente de carbohidratos (83 % - 88,8 % de peso seco (DW); o 10,41% de peso fresco (FW)) y su contenido de proteínas, grasas y fibras varió de 3,0 % a 8,4 %, 0,5 % a 1,0 %, y 1,4 % a 5,1 % DW, respectivamente; con un contenido de almidón de 56,8 % DW y una tasa de fibra insoluble: soluble de 23,6: 1. Además, el tubérculo de oca se presenta como azúcares predominantes, sacarosa, seguido de glucosa (21 % y 3,6 %, DW) y es una buena fuente de calcio y hierro (130,1 y 98,45 mg / 100 g, DW).

Los principales compuestos bioactivos reportados en oca corresponden a fenólicos y entocianinas. A diferencia de mashua, la oca púrpura se presenta como antocianinas principales: glucósidos de malvidina (malvidina 3-O-glucósido y 3,5-O-diglucósido), petunidina, peonidina y delfinidina (mono y / o diglicosilatos) y solo una antocianina acilada (malvidina 3 O-acetilglucósido-5-O-glucósido) (Alcalde-Eon *et al.*, 2004).

2.3.2. Olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas): Compuestos bioactivos

El Olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) (u olluco, ulluku, melloco, chigua, ruba, papa lisa o lisas, ulluma y ulluca) es otro cultivo andino importante. Su distribución en la Región Andina es similar a la del tubérculo oca. Comúnmente crece a altitudes de 2800 – 3800 m.s.n.m., en lugares de alguna manera protegidos de bajas temperaturas, pero este tubérculo se ha adaptado a altitudes más bajas (Roca *et al.*, 2007; Roca & Manrique, 2005). Los

tubérculos varían en formas (cilíndricas, ovoides y esféricas) y en colores (blanco, amarillo, rosa, naranja, magenta o rojo o con manchas rojas sobre fondo amarillo) (Flores et al., 2003). Los panelistas de consumo prefirieron los tubérculos rojos (Busch *et al.*, 2000). Algunas variedades presentan una mayor cantidad de mucílago y deben hervirse antes de la preparación. El valor nutricional de ulluco también es variable, por lo tanto, presenta contenido de carbohidratos, proteínas, grasas y fibras de 73,5 % a 84,2 %, 8,5 % a 15,7 %, 0,1 % a 1,4 % y 0,5 % a 5,0 % DW, respectivamente, y entre los azúcares principales se encuentran glucosa, fructosa y sacarosa (13,1, 11,1 % y 6,08 % DM, respectivamente) (Gross *et al.*, 1989; King & Gershoff, 1987). Además, se ha estudiado el almidón ulluco (64,96 % DW). Los gránulos de almidón de Ulluco presentan formas elipsoides, ovales, cónicas y prismáticas, con una longitud de hasta 32,09 μm , y el contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización oscilaron entre 20,4 % a 26,4 % y 62,7 – 67,8 ° C, respectivamente (Cruz *et al.*, 2016; Valcárcel-Yamani *et al.*, 2013).

Entre los compuestos bioactivos que contiene el ulluco se puede citar a las betalaínas en forma de betaxantinas (22-96 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y betacianinas (64 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) sin presencia de carotenoides ni antocianinas (Campos *et al.*, 2006). (Svenson *et al.* (2008) identificaron betalaínas en las variedades roja y amarilla de ulluco, utilizando análisis LC-DAD-ESI-MS-MS2. Tanto los tubérculos amarillos como los rojos eran ricos en betaxantinas amarillas, y los más prominentes eran histidina-betaxantina, arginina-betaxantina y glutamina-betaxantina; encontraron betacianinas en tubérculos rojos, con aproximadamente el 50% de este contenido. El potencial bioactivo de las frutas, semillas y tubérculos andinos es betanina / isobetanina. Los niveles de betacianina fueron de hasta 70 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en tubérculos rojos frescos y los niveles de betaxantina fueron de hasta 50 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en tubérculos amarillos frescos.

2.3.3. Congelación – secado

La congelación – secado llamada también “liofilización”, es el proceso de eliminar el agua de un producto mediante congelación y luego sublimar el hielo en vapor. La sublimación es un fenómeno físico por el cual el hielo

sólido se convierte directamente en vapor sin pasar por el estado líquido. Eliminar el agua de los alimentos, por sublimación, protege el material contra la pérdida de componentes importantes y contra las reacciones químicas asociadas con la extracción o vaporización de agua líquida (Mellor & Bell, 2003).

La liofilización ocurre en la naturaleza a través de los efectos combinados del calentamiento solar, vientos fríos y secos, y atmósferas rarificadas de regiones montañosas. Estas condiciones naturales se utilizan para producir pescado "stock" liofilizado en Noruega y un producto de papa seca llamado chuno en Perú. La ardilla roja de América del Norte también utiliza la liofilización de una manera peculiar, que se sabe que esparce trozos de comida en las horquillas de los árboles al comienzo del invierno, y por lo tanto liofiliza su suministro de alimentos (Mellor & Bell, 2003).

2.3.4. Compuestos bioactivos

Los alimentos, particularmente las frutas y verduras, están coloreados naturalmente principalmente por cuatro grupos de pigmentos: las clorofilas verdes, los carotenoides amarillo-naranja-rojo, las antocianinas rojo-azul-púrpura y la betanina roja. Estos pigmentos también se incorporan a los productos alimenticios por adición directa o indirectamente a través de la alimentación de los animales. Aunque los estudios recientes han sido estimulados y dominados por su importancia en la salud humana, las investigaciones anteriores fueron motivadas por el color que imparten (Rodríguez-Amaya, 2016).

2.3.5. Compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas y flavonoles

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de las plantas, de estructura diversa y con una amplia distribución filogenética (Harborne, 1989). Los compuestos fenólicos pueden clasificarse en diferentes grupos en función del número de anillos de fenol que contienen y en función de los elementos estructurales que unen estos anillos entre sí. De este modo, se hacen distinciones entre los ácidos fenólicos (p. Ej., Ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos), estilbenos, ligninas (no flavonoides) y flavonoides

(Manach et al., 2004; Robards et al., 1999). Los flavonoides se subdividen en varios grupos, tales como: flavonoides, antocianinas, flavonoles, flavonas, flavonas. Los compuestos fenólicos ofrecen no solo propiedades sensoriales importantes, ya que son responsables del color, el sabor y el sabor en muchas plantas, sino también porque pueden desempeñar un papel clave en la prevención de diversas enfermedades asociadas con el estrés oxidativo (Ross & Kasum, 2002; Tsao & Deng, 2004).

2.3.6. Antocianinas

Se ha informado que las formas bioactivas fenólicas in vivo no son necesariamente las que ocurren en los alimentos, sino más bien conjugados o metabolitos que surgen de ellos en el cuerpo humano (Fernandes et al., 2015). Las antocianinas como el cianidin-3-glucósido y la pelargonidin-3-glucósido podrían absorberse en su forma intacta en la pared gastrointestinal, experimentar un metabolismo extenso de primer paso y entrar en la circulación sistémica como metabolitos (Fang, 2014).

2.4. Marco filosófico

Existe una primera gran división de las ciencias, en formales (o ideales) y fácticas (o materiales). Esta ramificación preliminar tiene en cuenta el objeto o tema de las respectivas disciplinas; también da cuenta de la diferencia de especie entre los enunciados que se proponen establecer las ciencias formales y las fácticas: mientras los enunciados formales consisten en relaciones entre signos, los enunciados de las ciencias fácticas se refieren, en su mayoría, a entes extra-científicos: a sucesos y procesos. Las ciencias fácticas necesitan más que la lógica formal: para confirmar sus conjeturas necesitan de la observación y/o experimento. En otras palabras, las ciencias fácticas tienen que mirar las cosas y, siempre que les sea posible, deben procurar cambiarlas deliberadamente para intentar descubrir en qué medida sus hipótesis se adecuan a los hechos. La experimentación involucra la modificación deliberada de algunos factores, es decir, la sujeción del objeto de experimentación a estímulos controlados. Pero lo que habitualmente se llama “método experimental” no envuelve necesariamente experimentos en el

sentido estricto del término, y puede aplicarse fuera del laboratorio (Bunge, 1973).

Los soportes empíricos y racionales de las hipótesis fácticas son interdependientes. “El arte de formular preguntas y de probar respuestas, esto es el método científico, es cualquier cosa menos un conjunto de recetas; y menos técnica todavía es la teoría del método científico” (Bunge, 1973).

Finalmente es muy interesante el aporte de Popper, quién sostuvo que para que una hipótesis sea científica tiene que existir expectativa de confrontación y grado de corroboración, como un índice de la aptitud para la supervivencia de una teoría científica (Bunge, 1973).

2.5. Definición de términos

2.5.1. Cjaya: Producto obtenido por liofilización a partir de oca “*Oxalis tuberosa*”.

2.5.2. Congelación: La congelación sobreviene en temperaturas frías, inferiores a 0 °C siendo muy frecuente y por tanto debiendo extremar las precauciones cuando la temperatura ambiental es menor de unos – 10 °C. Es el proceso y el resultado de congelar: hacer que un líquido se vuelva sólido por la acción del frío. Este verbo también se refiere a almacenar alimentos, medicamentos u otros elementos a una temperatura muy baja para que se mantengan en buenas condiciones.

2.5.3. Soleado: Tener expuesta al sol una cosa por algún tiempo.

2.5.4. Deshidratado: Eliminar la mayor concentración posible de agua presente en un producto. El deshidratado a baja temperatura conserva la gran mayoría de los alimentos con las mismas vitaminas y minerales, nutrientes y enzimas que su equivalente fresco, y con sabores más concentrados.

2.5.5. Remojo: Introducción de una cosa en agua para que al empaparse se ablande.

2.5.6. Concentración: acto y consecuencia de concentrar o de concentrarse (concepto que hace referencia al logro de reunir en un determinado punto lo que se encontraba separado, de reducir en varias partes o

sustancias el líquido para disminuir su volumen, y a la capacidad de reflexionar de manera profunda).

2.5.7. Liofilizado: método de desecación en el que se elimina el agua por congelación del producto húmedo y posterior sublimación del hielo en condiciones de vacío. Al suministrar calor el hielo sublima y se evita el paso por la fase líquida.

2.5.8. Sublimación: La sublimación es el proceso que consiste en el cambio de estado de sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.

2.6. Formulación de hipótesis

Por el carácter descriptivo del trabajo de investigación, no amerita una hipótesis de investigación (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

2.7. Identificación de variables

Por el carácter descriptivo, no se identifican variables pero se presentan resultados de los análisis como son:

- Perfil de compuestos fenólicos de cjaya y chullcce.
- La actividad antioxidante en cjaya y chullcce.
- El contenido de polifenoles totales en cjaya y chullcce.
- El contenido de flavanoides totales en cjaya y chullcce.
- El contenido de flavonoides totales en cjaya y chullcce.
- El contenido de antocianinas totales en cjaya.
- El contenido de betalainas en chullcce.

CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Aplicada

3.2. Nivel de investigación

Descriptiva

3.3. Método de investigación

No experimental

3.4. Diseño de investigación

No experimental

3.5. Población, muestra y muestreo

Población: Producción de cjava y chullcce de la provincia de Acobamba.

Muestra: 5 kg de cjava y 5 kg de chullcce.

Muestreo: No aleatorio.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Perfil de compuestos fenólicos

Se aplicó el Método adaptado de Porras-Mija *et al.* (2020). Ver Anexos.

3.6.2. Compuesto bioactivos y propiedades funcionales

a) **Contenido de fenoles totales:** se analizaron las muestras con el Método de Singleton y Rossi (1965). Ver Anexos.

b) **Contenido de flavanoides totales:** se analizaron las muestras con el Método propuesto por Delcour y Devarebeke (1985). Ver Anexos.

- c) **Contenido de flavonoides totales:** se analizaron las muestras con el Método colorimétrico de cloruro de aluminio (Chang, Yang, Wen y Chern, 2002). Ver Anexos.
- d) **Contenido de antocianinas totales:** se analizaron las muestras con el Método de diferencia de pH (Giusti & Wrolstad, 2001). Ver Anexos.
- e) **Contenido de betalainas:** se analizaron las muestras con el Método de Cai & Corke (2000). Ver Anexos.
- f) **Actividad antioxidante:** se analizaron las muestras con el Método de inhibición del radical ABTS (Arnao *et al.*, 2001). Ver Anexos.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos cuantitativos se presentaron como valores medios con los respectivos valores de desviación estándar, usando el MS Excel.

CAPITULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación de datos

Tabla 1

Compuestos fenólicos en cjava

N°	TR	λ (nm)	Compuesto fenólico	Contenido ($\mu\text{g/g}$)
<i>T</i> <i>R</i> 1	8.42	218.2, 279.7	Derivado de flavanol, cuantificado como catequina	121.60
<i>:</i> 2	11.42	259.5, 292.8	Derivado de ácido hidroxibenzoico, cuantificado como ácido vanílico	7.19
<i>T</i> 3	12.89	273.8	Ácido siríngico	39.12
<i>i</i> 4	18.72	269, 335.7	Derivado de flavona, cuantificado apigenina	12.95
<i>e</i> 5	19.15	269, 348.4	Orientina	1.20
<i>m</i> 6	19.77	269, 335.7	Derivado de flavona, cuantificado como apigenina	8.75
<i>P</i> 7	20.20	269, 348.4	Derivado de flavona, cuantificado luteolina	1.23
<i>o</i> 8	20.61	270.2, 335.7	Derivado de flavona, cuantificado apigenina	1.45
<i>d</i> 9	21.08	270.2, 341.5	Derivado de flavona, cuantificado luteolina	3.56
<i>e</i> 10	21.56	269, 336.9	Derivado de flavona, cuantificado apigenina	1.58
<i>t</i> 11	21.87	250.1, 367.6	Derivado de flavonol, cuantificado como quercitina	Trazas
<i>e</i> 12	22.14	254.8, 359.2	Derivado de flavonol, cuantificado como rutina	0.91
<i>n</i> 13	22.31	254.8, 347.2	Derivado de flavona, cuantificado luteolina	Trazas
<i>c</i> 14	25.27	266.7, 338.1	Apigenina	Trazas
<i>i</i> 15	25.36	352.0	Derivado de flavonol, cuantificado como rutina	1.78
<i>ó</i> <i>n</i> <i>T</i> <i>R</i>				

TR: Tiempo de retención (min)

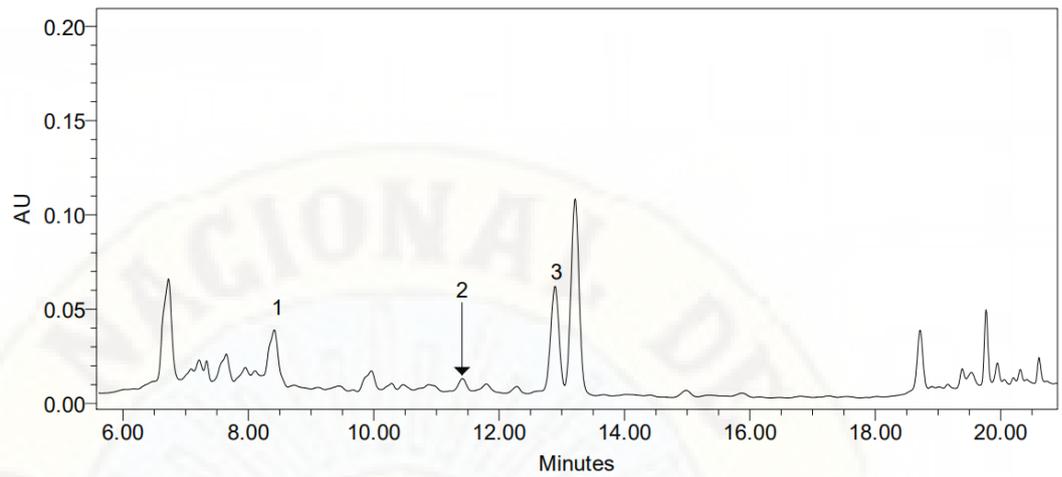


Figura 1. Cromatograma a 280 nm de compuestos fenólicos en cachaça

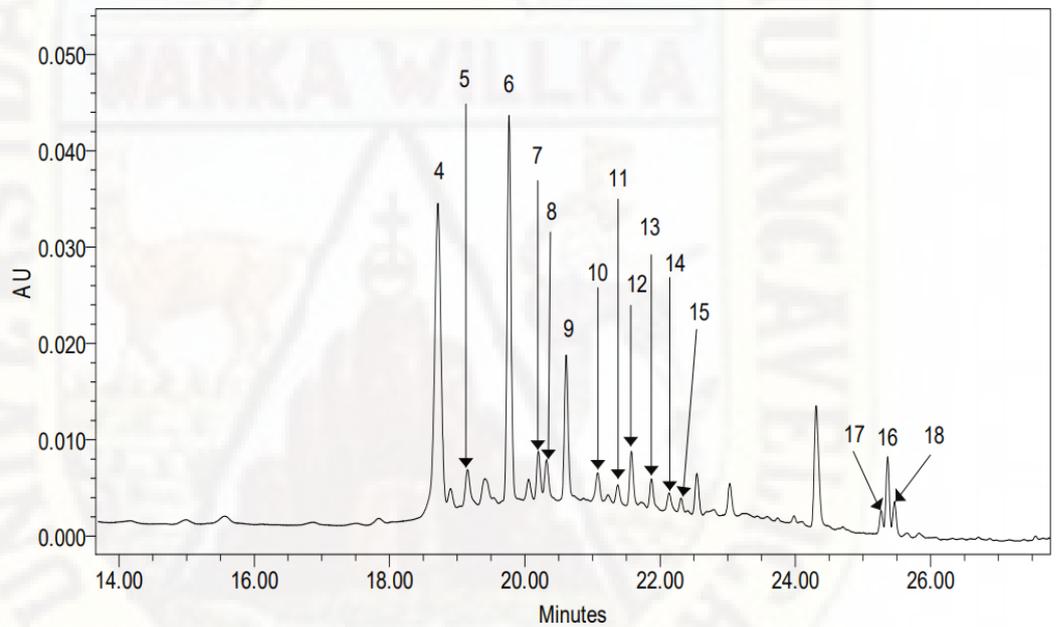


Figura 2. Cromatograma a 360 nm de compuestos fenólicos en cachaça

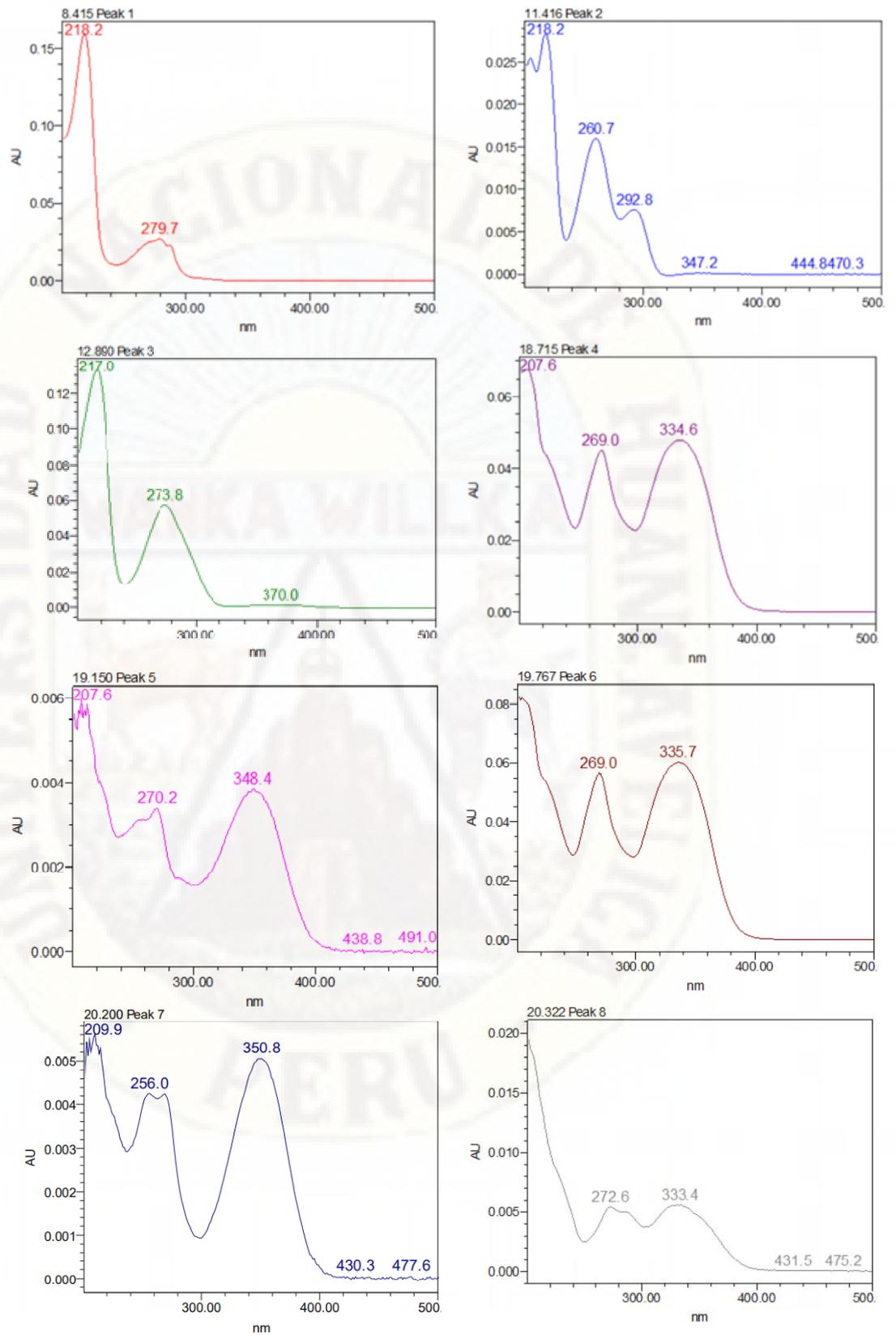


Figura 3. Espectros de absorción de compuesto fenólicos de cjava (Pico 1 a 8)

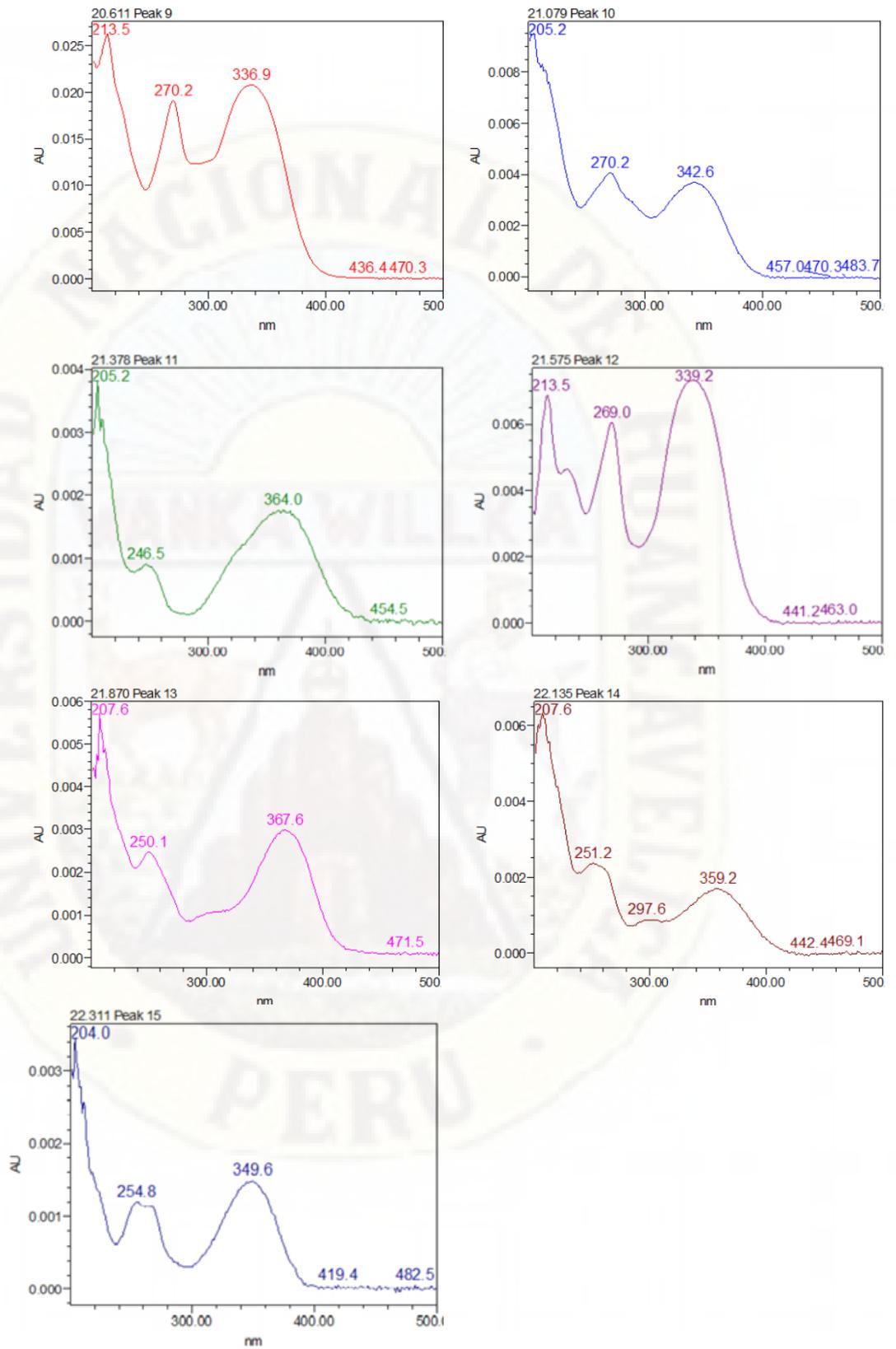


Figura 4. Espectros de absorción de compuesto fenólicos de cjava (Pico 9 a 15)

Tabla 2*Compuestos fenólicos en chullcce*

N°	TR	λ (nm)	Compuesto fenólico	Contenido ($\mu\text{g/g}$)
1	18.85	265.5, 344.9	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	0.79
2	19.37	254.8, 353.2	Derivado de Flavonol, cuantificado como rutina	1.08
3	20.27	265.5, 347.2	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	7.93
4	20.40	253.6, 354.4	Derivado de Flavonol, cuantificado como rutina	2.93
5	20.63	256, 354.4	Rutina	56.65
6	20.97	257.2, 344.9	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	Trazas
7	21.61	265.5, 347.2	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	21.03
8	21.79	253.6, 354.4	Derivado de Flavonol, cuantificado como rutina	19.64
9	21.98	265.5, 341.5	Derivado de Flavona, cuantificado apigenina	Trazas
10	24.35	254.8, 371.2	Quercitina	4.69
11	25.47	264.3, 365.2	Derivado de Flavonol, cuantificado como kempherol	1.75
12	27.70	269.0, 316.7	Flavona, cuantificado como derivado de crisina	Trazas
13	27.70	269, 316.7	Flavona, cuantificado como derivado de crisina	Trazas

TR: Tiempo de retención (min)

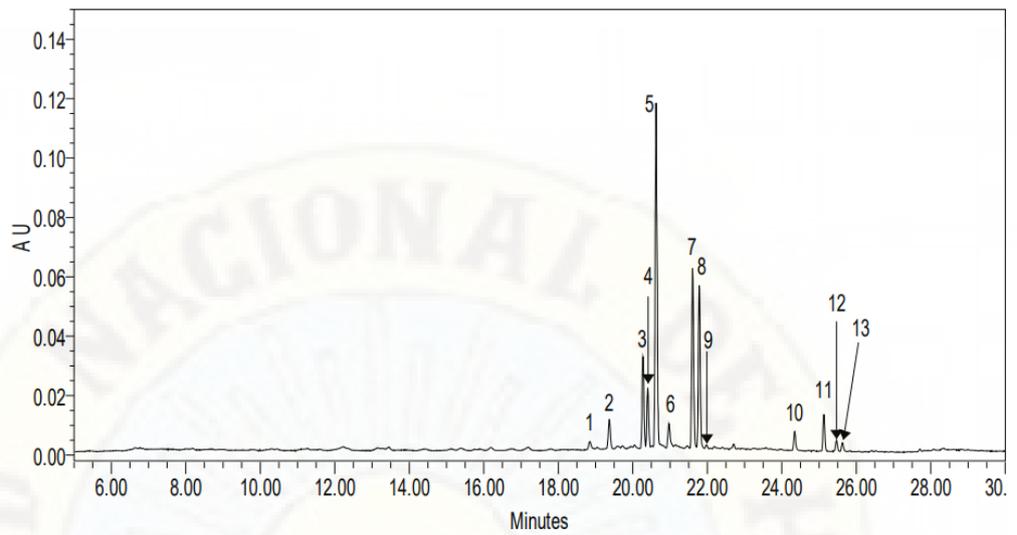


Figura 5. Cromatograma a 360 nm de compuestos fenólicos en chullce

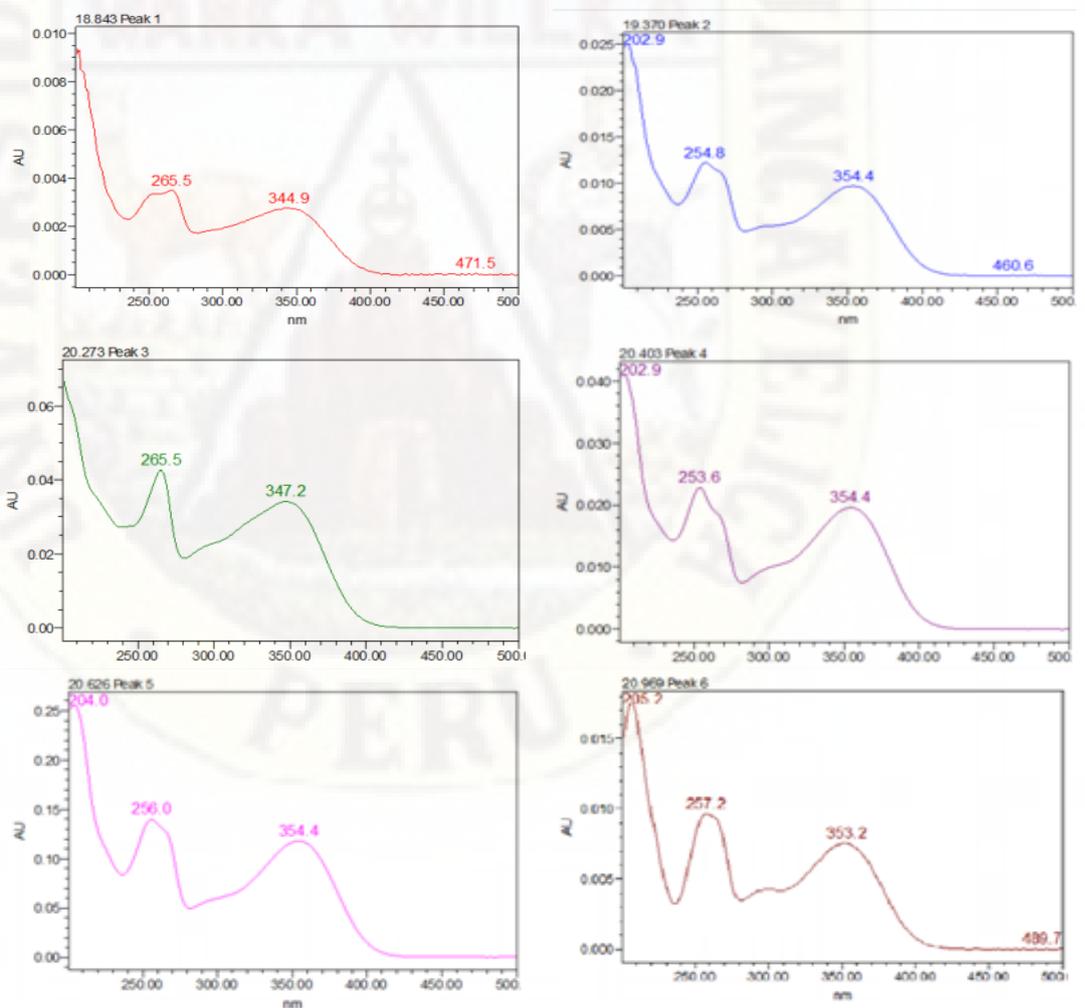


Figura 6. Espectros de absorción de compuesto fenólicos de chullce (Pico 1 a 6)

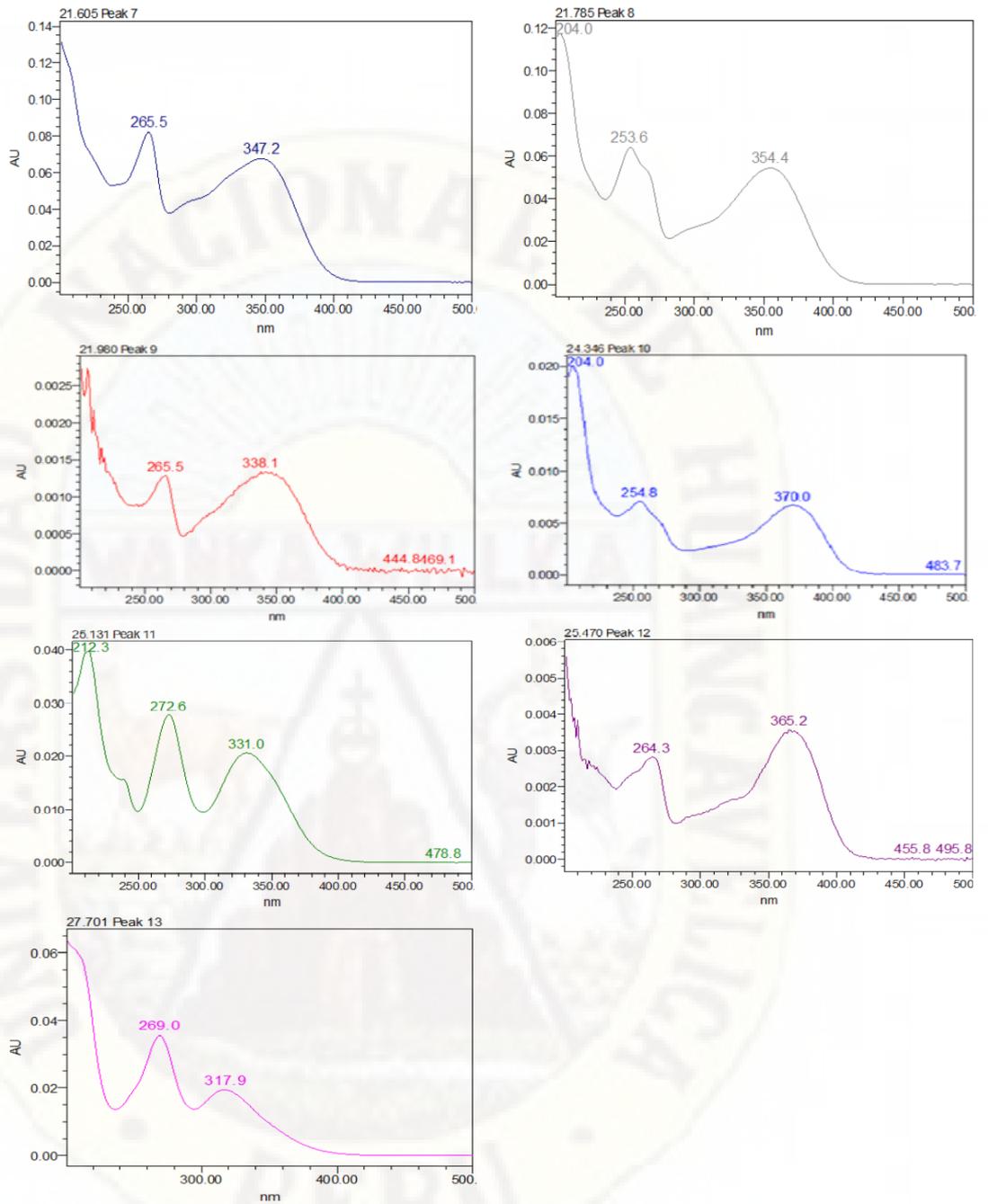


Figura 7. Espectros de absorción de compuesto fenólicos de chullcce (Pico 7 a 13)

Tabla 3*Compuestos bioactivos y propiedades funcionales en Cjaya y Chullcce*

Compuesto bioactivo	Cjaya	Chullcce
Compuestos fenólicos totales (mg á. gálico equiv. /100 g) ¹	222.5 ± 10.8 ^a	146.5 ± 6.6 ^b
Capacidad antioxidante ABTS (μmol Trolox equiv. /100 g) ²	2564.7 ± 125.6 ^a	2026.3 ± 102.8 ^b
Flavanoles totales (mg catequina equiv. /100 g) ³	9.9 ± 0.6 ^a	2.1 ± 0.1 ^b
Flavonoles totales (mg quercetina equiv. /100 g) ⁴	3.8 ± 0.2 ^a	15.8 ± 0.6 ^b
Antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido equiv. /100 g) ⁵	12.5 ± 0.8	-
Betalaínas (mg /100 g) ⁶	-	1.3 ± 0.1

*Promedio de tres repeticiones. Método adaptado de: (1) Singleton & Rossi (1965), (2) Arnao *et al.* (2001), (3,4) Delcour & Varebeke (1985), (5) Giusti & Wrolstad (2001), (6) Cai & Corke (2000).

^{a, b} Prueba t-student, letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras.

4.2. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos son discutidos en este apartado en orden de presentación de resultados, primero discutiremos sobre la Cjaya y luego el Chullcce.

La **Tabla 1** muestra las características de los compuestos fenólicos en tubérculos de *Oxalis tuberosa* procesados como cjaya. En total, se separaron, identificaron y cuantificaron 15 compuestos fenólicos como se muestra en la **Fig. 1** y **Fig. 2**. Sin embargo, como puede apreciarse, hay 18 picos de los cuales 3 no pudieron ser identificados, debido al método utilizado. Estos compuestos fenólicos incluyen ácidos hidroxibenzoicos, flavonoides y sus derivados.

Se puede observar, de mayor a menor proporción: derivado de flavanol, cuantificado como catequina (121.60 μg/g), ácido siríngico (39.12 μg/g), derivado de flavona cuantificado como apigenina (24.73 μg/g), derivado de ácido hidroxibenzoico, cuantificado como ácido vanílico (7.19 μg/g),

derivado de flavona cuantificado luteolina (4.79 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavonol, cuantificado como rutina (2.69 $\mu\text{g/g}$), orientina (1.20 $\mu\text{g/g}$), y trazas de apigenina, y derivado de flavonol cuantificado como quercitina.

A continuación se menciona, las propiedades funcionales y bioactivas de los compuestos fenólicos hallados en la cjava, que han sido encontrados como producto de una exhaustiva revisión bibliográfica más recientemente publicada. Esto en orden descendiente acorde con la concentración que fueron encontrados.

El **ácido siríntrico** (39.12 $\mu\text{g/g}$) se ha demostrado que exhibe actividades antirradicales y antioxidante (dos Santos *et al.*, 2020), efecto anticancerígeno *in vitro* e *in vivo* sobre el cáncer colorrectal (Mihanfar *et al.*, 2021), inhibe la proliferación de células de cáncer de mama (Zhang *et al.*, 2021), efecto protector prometedor contra la fibrilización de tau y la citotoxicidad a través de la regulación de la vía mediada por estrés del retículo endoplásmico como prelude de la enfermedad de Alzheimer (Li *et al.*, 2021) y mitigación de la lesión por reperfusión por isquemia miocárdica (Liu *et al.*, 2020).

La presencia de derivado de flavona cuantificado como apigenina (24.73 $\mu\text{g/g}$), y de trazas de apigenina, sugiere propiedades encontradas en recientes estudios sobre la **apigenina** sola y en sinergia con otros compuestos, como son: efecto anti-inflamatorio (Azimi *et al.*, 2021; Hong, Dia, & Zhong, 2021; Li *et al.*, 2021), actividad *in vitro* contra las células de cáncer colorrectal (Hong, Dia, Baek, *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2021), mejora de la inmunidad antitumoral en el cáncer de pulmón, junto a la luteolina (Jiang *et al.*, 2021), posible actividad antidepresiva (Al-Yamani *et al.*, 2021) y actividad inductora en GSK-3 β (Glucógeno sintasa quinasa – 3 beta) como neuroprotector (Alsadat *et al.*, 2021).

En cuanto al derivado de ácido hidroxibenzoico cuantificado como ácido vanílico (7.19 $\mu\text{g/g}$), **el ácido vanílico** ha demostrado que posee un efecto protector de estrés oxidativo (Taqvi *et al.*, 2021) y atenuante de la degeneración del cartílago (Huang *et al.*, 2019).

En el caso de derivado de flavona cuantificado como luteolina (4.79 $\mu\text{g/g}$), la **luteolina** ha sido revisada como un flavonoide que posee potenciales actividades cardioprotectoras, antiinflamatorias y anticancerígenas (Jomova *et al.*, 2021).

Con respecto al derivado de flavonol, cuantificado como rutina (2.69 $\mu\text{g/g}$), se ha encontrado que la **rutina** tiene efecto reductor de daño oxidativo y de los niveles de especies reactivas al oxígeno (Schaefer *et al.*, 2006).

La presencia del compuesto fenólico denominado **orientina** en la cjaya (1.20 $\mu\text{g/g}$), es un descubrimiento relevante para estimular su producción agroindustrial, puesto que se ha encontrado evidencia científica de cualidades extraordinarias de este compuesto tales como: efecto anti – diabetes (Choi *et al.*, 2020), efecto anticancerígeno (Kim *et al.*, 2018), control de neuropatía (Guo *et al.*, 2018), efecto antiinflamatorio (Xiao *et al.*, 2021), revertidor de lesiones colorrectales (Thangaraj *et al.*, 2018) y prevención de Covid-19 (Bhowmik *et al.*, 2021).

Sobre catequina y quercitina no se ha mencionado, puesto que son conocidos compuestos bioactivos, ampliamente estudiados.

Chirinos *et al.* (2009) mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección de matriz de fotodiodos (HPLC-DAD), fraccionaron los compuestos fenólicos de tubérculos frescos de *Oxalis tuberosa* (dos genotipos) en dos principales fracciones: una acuosa (FAQ) y una fracción de acetato de etilo (FEA). La FAQ reveló la presencia de derivados del ácido cafeico, vanílico y cinámico, flavan-3-ols y derivados de flavonas, como los principales compuestos fenólicos no antocianinos para ambos genotipos. La FEA reveló la presencia de derivados del ácido cafeico y cinámico, así como de flavan-3-ols, flavonas y derivados de flavanona. Según sus datos espectrales UV-Vis, los flavan-3-ols, flavonas y flavanones detectados en ambas fracciones parecen corresponder a formas ligadas de catequina, luteolina y apigenina y naringenina, respectivamente. En el genotipo COC-450 (piel/pulpa, morada/morada y amarilla) similar al usado en este trabajo para elaborar la cjaya, presenta los siguientes compuestos fenólicos en la

FAQ: 127.1 $\mu\text{g/g}$ de derivado de flavanol, cuantificado como catequina, 7.20 $\mu\text{g/g}$ de derivado de ácido hidroxibenzoico, cuantificado como ácido vanílico, 9.0 $\mu\text{g/g}$ de derivado de flavona, cuantificado apigenina y 7.5 $\mu\text{g/g}$ de derivado de flavona, cuantificado luteolina (Chirinos *et al.*, 2009). Se puede observar, que siendo la cjava un producto deshidratado debería presentar mayor concentración de compuestos fenólicos que el producto fresco, sin embargo, se encontró que es menor.

La **Tabla 2** muestra las características de los compuestos fenólicos en tubérculos de *Ullucus tuberosus* procesados como chullcce. En total, se separaron, identificaron y cuantificaron 13 compuestos fenólicos como se muestra en la **Fig. 5**. Estos compuestos fenólicos incluyen rutina, flavonoides y sus derivados.

Se puede observar, de mayor a menor proporción: rutina (56.65 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavona cuantificado luteolina (29.75 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavonol cuantificado como rutina (23.65 $\mu\text{g/g}$), quercitina (4.69 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavona cuantificado kaempferol (1.75 $\mu\text{g/g}$), y trazas de derivado de flavona cuantificado como apigenina y crisina.

A continuación se citan los efectos benéficos de 2 compuestos fenólicos relevantes hallados en el chullcce: el kaempferol y la crisina.

El kaempferol ha ejercido efectos antiinflamatorios y antiasmáticos en el modelo de ratones (Chung *et al.*, 2015); mientras que la quercetina 3-O-rutinósido ha mostrado un efecto protector contra la aterosclerosis, el estrés oxidativo, la cardiotoxicidad, la disfunción de las células endoteliales y la insuficiencia cardíaca (Patel *et al.*, 2018). Sin embargo, se ha mencionado que muy pocas plantas tienen la capacidad de almacenar rutina en grandes cantidades (Habtemariam & Varghese, 2015).

La crisina, una 5,7-dihidroxi flavona, ha sido explorada por varios efectos farmacológicos en las últimas décadas. Posee diversas acciones farmacológicas como las actividades cardioprotectora, antioxidante,

neuroprotectora, hepatoprotectora, antiinflamatoria, anticancerígena y antidiabética (Adangale & Wairkar, 2021).

Por otro lado, Pacheco *et al.* (2019) mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección de matriz de fotodiodos (HPLC-DAD), conectado a un espectrómetro de masas (MS) y la detección se realizó en una Qt rap API 3200 (Applied Biosystems, Darmstadt, Alemania) equipada con una fuente ESI, analizador de masas de trampa de iones de triple cuadrupolo y controlado por el analista, determinó el perfil de compuestos fenólicos de tubérculos liofilizados de *Ullucus tuberosus* variedad INIAP-ECU-amarillo-rosa en Ecuador. El extracto acuoso reveló la presencia de 10 compuestos fenólicos no antocianicos. El contenido fenólico total observado en *Ullucus tuberosus* liofilizado (40,8 µg/g de materia seca) estuvo constituido por kaempferol-O-ramnosido-O-rutinosido como el compuesto fenólico más abundante (29,45 µg/g de materia seca) seguido del derivado del ácido ferúlico (4,31 µg/g de materia seca) y quercetina rutinósido (2,60 µg/g de materia seca). El chullcce muestra un menor contenido de kaempferol y mayor contenido de quercetina, a diferencia del producto liofilizado, el chullcce posee rutina como el mayor compuesto fenólico en su composición.

Un producto similar a la cjaya y al chullcce es el chuño, obtenido de papa. En el chuño, la cromatografía líquida de alta resolución mostró la presencia de epicatequina, ácido clorogénico, ácido gálico, siringaldehído y ácido protocatecuico (Peñarrieta *et al.*, 2011). Es preciso señalar que, estos compuestos no fueron encontrados ni en la cjaya ni en el chullcce.

En la **Tabla 3** se muestra los compuestos bioactivos y propiedades funcionales de la cjaya y el chullcce. A continuación se discuten los resultados de esta tabla.

En primer lugar se observa que la cjaya supera al chullcce en contenido en compuestos fenólicos totales (51.88% más), capacidad antioxidante ABTS (26.57% más), flavanoles totales (371.43% más), pero en flavonoles totales el chullcce tiene mayor contenido (315.79% más). Se debe resaltar que, la cjaya

contiene antocianinas pero no betalaínas y el chullcce contiene betalaínas pero no antocianinas.

El contenido en compuestos fenólicos totales en cjaya fue de 222.5 ± 10.8 mg/100 g, mientras que su materia prima, la oca, el contenido es de $1,2 \pm 0,01$ según Chirinos *et al.* (2013) y de $0,71 - 1,322$ según Campos *et al.* (2006). En chullcce el contenido fue de 146.5 ± 6.6 mg/ 100 g, mientras que en su materia prima, el olluco, el contenido es de $0,41 - 0,772$ (Campos *et al.*, 2006). En ambos productos se observa que al ser deshidratados y a pesar de haber sido lavados sucesivamente (cjaya) y escaldados (chullcce) conservaron buena parte de sus compuestos fenólicos y al perder el agua durante la deshidratación solar estos se concentraron aún más.

La capacidad antioxidante ABTS exhibida por la cjaya fue de 2564.7 ± 125.6 $\mu\text{mol Trolox equiv. /100 g}$ y en su materia prima, la oca, se observó en $13,2 \pm 0,81$ $\mu\text{mol TE/g materia seca}$ (Chirinos *et al.*, 2013). En caso del chullcce la capacidad antioxidante fue de 2026.3 ± 102.8 $\mu\text{mol Trolox equiv. /100 g}$, y en su materia prima, el olluco fue de $0,38$ $\mu\text{mol TE/g}$ (Peñarrieta *et al.*, 2005). Ambos mostraron la misma tendencia que en el contenido de compuestos fenólicos totales, por lo que se puede afirmar que, su capacidad antioxidante radica en estos compuestos.

El contenido en flavanoles totales en equivalente de catequina en la cjaya fue de 9.9 ± 0.6 mg/100 g, y en la oca es de 0.18 mg/g de materia seca (Chirinos *et al.*, 2013), el producto deshidratado mostró mayor concentración. En el caso del chullcce se determinó 2.1 ± 0.1 mg/ 100 g, pero no se ha encontrado referencias a este respecto en su materia prima el olluco.

El contenido de flavonoles en equivalente de quercitina en la cjaya fue de 3.8 ± 0.2 mg/100 g, pero en su materia prima, la oca fue de $0,08$ mg/g de materia seca (Chirinos *et al.*, 2013). Por otro lado, el chullcce presentó 15.8 ± 0.6 mg/100 g, de flavonoles totales, frente al 14.22 mg/100 g en olluco (Zavaleta *et al.*, 2005).

La cjava presentó un contenido en antocianinas totales de 12.5 ± 0.8 mg cianidina-3-glucósido equiv. /100 g, que fue mayor al contenido en su materia prima, la oca que es de $0.0014 - 0.132$ mg/g.

El chullcce presentó un contenido de 1.3 ± 0.1 mg/100 g de betalaínas (Tabla 3), y su materia prima el olluco contiene betalaínas en forma de betaxantinas ($2.2 - 9.6$ mg/ 100 g) y betacianinas (6.4 mg/100 g) (Campos *et al.*, 2006). Para este trabajo se usaron los tubérculos amarillos, que según Svenson *et al.* (2008) son ricos en betaxantinas amarillas, y los más prominentes son histidina-betaxantina, arginina-betaxantina y glutamina-betaxantina. Sobre las betalaínas se han realizado varios estudios que examinan la actividad antioxidante (Cai & Corke, 2000; Cai *et al.*, 1998, 2001), antidiabética (Reynoso-Camacho *et al.*, 2015), citotóxica (Smeriglio *et al.*, 2019) o antimicrobiana de estas sustancias; sin embargo, los estudios antiinflamatorios abren un nuevo campo de investigación para las sustancias naturales (Yong *et al.*, 2017).

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la cjava y el chullcce podrían considerarse potencialmente beneficiosos para la salud humana y para posibles aplicaciones industriales.

Conclusiones

- La cjaya presentó los siguientes compuestos fenólicos: derivado de flavanol, cuantificado como catequina (121.60 $\mu\text{g/g}$), ácido sirínico (39.12 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavona cuantificado como apigenina (24.73 $\mu\text{g/g}$), derivado de ácido hidroxibenzoico, cuantificado como ácido vanílico (7.19 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavona cuantificado luteolina (4.79 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavanol, cuantificado como rutina (2.69 $\mu\text{g/g}$), orientina (1.20 $\mu\text{g/g}$), y trazas de apigenina, y derivado de flavanol cuantificado como quercitina.
- El chullcce presentó los siguientes compuestos fenólicos: rutina (56.65 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavona cuantificado luteolina (29.75 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavanol cuantificado como rutina (23.65 $\mu\text{g/g}$), quercitina (4.69 $\mu\text{g/g}$), derivado de flavona cuantificado kaempferol (1.75 $\mu\text{g/g}$), y trazas de derivado de flavona cuantificado como apigenina y crisina.
- El contenido de polifenoles totales de cjaya fue de 222.5 ± 10.8 mg/100 g y del chullcce fue de 146.5 ± 6.6 mg/ 100 g, siendo 51.88% mayor en la cjaya.
- El contenido de flavanoides totales de cjaya fue de 9.9 ± 0.6 mg/100 g y en el chullcce fue de 2.1 ± 0.1 mg/ 100 g, siendo 371.43% mayor en la cjaya.
- El contenido de flavonoides totales de cjaya fue de 3.8 ± 0.2 mg/100 g y chullcce fue de 15.8 ± 0.6 mg/100 g, siendo 315.79% mayor en el chullcce.
- El contenido de antocianinas totales de cjaya fue de 12.5 ± 0.8 mg cianidina-3-glucósido equiv. /100 g.
- El contenido de betalainas en el chullcce fue de 1.3 ± 0.1 mg/100 g.
- La actividad antioxidante ABTS de cjaya fue de 2564.7 ± 125.6 $\mu\text{mol Trolox equiv. /100 g}$ y en el chullcce fue de 2026.3 ± 102.8 $\mu\text{mol Trolox equiv. /100 g}$, siendo 26.57% mayor en la cjaya.

Recomendaciones

- Se recomienda estudiar la cjaya y el chullcce como alimentos funcionales y sus efectos preventivos en la salud humana, debido a que poseen componentes funcionales que individualmente han mostrado extraordinarias cualidades.
- Se recomienda continuar analizando más la composición de la cjaya y el chullcce con el fin de tener información completa de estos productos, por ejemplo, contenido de minerales, aminoácidos, almidón, entre otros de importancia para la agroindustria.
- Se recomienda estudios sus propiedades funcionales, vida útil y características que permitan aplicaciones posteriores como insumos de productos de consumo final, como panificación.

Referencias bibliográficas

- Adangale, S., & Wairkar, S. (2021). Potential therapeutic activities and novel delivery systems of chrysin—a nature's boon. *Food Bioscience*, 101316.
- Ahluwalia, M. K. (2021). Nutrigenetics and nutrigenomics—A personalized approach to nutrition. *Advances in Genetics*, In press. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2021.08.005>
- Al-Yamani, M. J., Asdaq, S. M. B., Alamri, A. S., Alsanie, W. F., Alhomrani, M., Alsalman, A. J., Al Hawaj, M. A., Alanazi, A. A., Alanzi, K. D., & Imran, M. (2021). The Role Of Serotonergic and Catecholaminergic Systems For Possible Antidepressant Activity of Apigenin. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- Alcalde-Eon, C., Saavedra, G., Pascual-Teresa, S. De, & Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Liquid chromatography-mass spectrometry identification of anthocyanins of isla oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) tubers. *Journal of Chromatography A*, 1054(1–2), 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.074>
- Alsadat, A. M., Nikbakht, F., Nia, H. H., Golab, F., Khadem, Y., Barati, M., & Vazifekhah, S. (2021). GSK-3 β as a target for apigenin-induced neuroprotection against A β 25–35 in a rat model of Alzheimer's disease. *Neuropeptides*, 90, 102200.
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73(2), 239–244.
- Azimi, A., Eidi, A., Mortazavi, P., & Rohani, A. H. (2021). Protective effect of apigenin on ethylene glycol-induced urolithiasis via attenuating oxidative stress and inflammatory parameters in adult male Wistar rats. *Life Sciences*, 119641.
- Bhowmik, A., Biswas, S., Hajra, S., & Saha, P. (2021). In silico validation of potent phytochemical orientin as inhibitor of SARS-CoV-2 spike and host cell receptor GRP78 binding. *Heliyon*, 7(1), e05923.
- Bunge, M. (1973). *La Ciencia, su Método y su Filosofía*.

- Burgos, G., de Haan, S., Salas, E., & Bonierbale, M. (2009). Protein, iron, zinc and calcium concentrations of potatoes following traditional processing as “chuño.” *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 617–619. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.09.001>
- Busch, J., Sangketkit, C., Savage, G., Martin, R., Halloy, S., & Deo, B. (2000). Nutritional analysis and sensory evaluation of ulluco (*Ullucus tuberosus* Loz) grown in New Zealand. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(15), 2232–2240. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0034523209&origin=inward>
- Cai, Y.-Z., & Corke, H. (2000). Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, 65(7), 1248–1252.
- Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (1998). Colorant properties and stability of *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4491–4495.
- Cai, Y., Sun, M., Schliemann, W., & Corke, H. (2001). Chemical stability and colorant properties of betaxanthin pigments from *Celosia argentea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4429–4435.
- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., & Pedreschi, R. (2018). Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 84, pp. 287–343). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.12.005>
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481–1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182.

<https://pdfs.semanticscholar.org/b3de/c5e57477b0489135bd5b43a27f9b7cee7d31.pdf>

- Chirinos, R., Betalleluz-Pallardel, I., Huamán, A., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Campos, D. (2009). HPLC-DAD characterisation of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, *113*(4), 1243–1251. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.015>
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, *47*, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.025>
- Choi, E. M., Suh, K. S., Park, S. Y., Yun, S., Chin, S. O., Rhee, S. Y., & Chon, S. (2020). Orientin reduces the inhibitory effects of 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin on adipogenic differentiation and insulin signaling pathway in murine 3T3-L1 adipocytes. *Chemico-Biological Interactions*, *318*, 108978.
- Chung, M. J., Pandey, R. P., Choi, J. W., Sohng, J. K., Choi, D. J., & Park, Y. II. (2015). Inhibitory effects of kaempferol-3-O-rhamnoside on ovalbumin-induced lung inflammation in a mouse model of allergic asthma. *International Immunopharmacology*, *25*(2), 302–310.
- Chuquilín Goicochea, R. C., Martínez Laurente, M. C., & Rodrigo-Chumbes, J. T. (2020). *Propiedades funcionales de productos tradicionales congelados y secados al sol de oca (Oxalis tuberosa Molina) y olluco (Ullucus tuberosus Caldas): Una revisión.*
- Cruz, G., Ribotta, P., Ferrero, C., & Iturriaga, L. (2016). Physicochemical and rheological characterization of Andean tuber starches: Potato (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and Papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Starch - Stärke*, *68*(11–12), 1084–1094. <https://doi.org/10.1002/star.201600103>
- Delcour, J. A., & Varebeke, D. J. de. (1985). A new colourimetric assay for flavanoids in pilsner beers. *Journal of the Institute of Brewing*, *91*(1), 37–40.

- dos Santos, D. M., Sanches, M. P., Poffo, C. M., Parize, A. L., Darelli, G. J. S., & de Lima, V. R. (2020). Syringic and cinnamic acids antiradical/antioxidant activities as *R. ferruginea* extract components and membrane physico-chemical influence. *Journal of Molecular Structure*, *1220*, 128749.
- Fang, J. (2014). Bioavailability of anthocyanins. *Drug Metab Rev*, *46*(4), 508–520. <https://doi.org/10.3109/03602532.2014.978080>
- Fernandes, I., Faria, A., de Freitas, V., Calhau, C., & Mateus, N. (2015). Multiple-approach studies to assess anthocyanin bioavailability. In *Phytochemistry Reviews* (Vol. 14, Issue 6, pp. 899–919). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9415-3>
- Flores, H., Walker, T., Guimarães, R., Bais, H., & Vivanco, J. (2003). Andean root and tuber crops: Underground rainbows. *HortScience*, *38*(2), 161–167. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0038814832&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=8a1fd290ea9dcfc4711963899ecee367& sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%287004945082%29&relpos=1&citeCnt=62&searchTerm=>
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *00*(1), F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, *14*(3), 217–225. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00221-8)
- Gross, R., Koch, F., Malaga, I., de Miranda, A. F., Schoeneberger, H., & Trugo, L. C. (1989). Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources. *Food Chemistry*, *34*(1), 25–34. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(89\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(89)90030-7)
- Guo, D., Hu, X., Zhang, H., Lu, C., Cui, G., & Luo, X. (2018). Orientin and neuropathic pain in rats with spinal nerve ligation. *International Immunopharmacology*, *58*, 72–79.

- Habtemariam, S., & Varghese, G. K. (2015). Extractability of rutin in herbal tea preparations of *Moringa stenopetala* leaves. *Beverages*, 1(3), 169–182.
- Harborne, J. (1989). General procedures and measurement of total phenolics. In P. Dey & J. Harborne (Eds.), *Methods in plants phenolics* (pp. 2–9). Academic Press.
[https://books.google.com.br/books?hl=es&lr=&id=6UbRS4p56coC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Harborne,+J.+B.+\(1989\).+M.+Dey+%26+J.+B.+Harborne+Academic+Press.&ots=qKKUvfPEKi&sig=O57IbkOrQss9I0_TqrZE62lu75c#v=onepage&q=Harborne%2C%20J.+B.+\(1989\).+M.+Dey+%26+J.+B.+Harborne](https://books.google.com.br/books?hl=es&lr=&id=6UbRS4p56coC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Harborne,+J.+B.+(1989).+M.+Dey+%26+J.+B.+Harborne+Academic+Press.&ots=qKKUvfPEKi&sig=O57IbkOrQss9I0_TqrZE62lu75c#v=onepage&q=Harborne%2C%20J.+B.+(1989).+M.+Dey+%26+J.+B.+Harborne)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hong, S., Dia, V. P., Baek, S. J., & Zhong, Q. (2021). Nanoencapsulation of apigenin with whey protein isolate: Physicochemical properties, in vitro activity against colorectal cancer cells, and bioavailability. *LWT*, 112751.
- Hong, S., Dia, V. P., & Zhong, Q. (2021). Synergistic anti-inflammatory activity of apigenin and curcumin co-encapsulated in caseins assessed with lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Huang, X., Xi, Y., Mao, Z., Chu, X., Zhang, R., Ma, X., Ni, B., Cheng, H., & You, H. (2019). Vanillic acid attenuates cartilage degeneration by regulating the MAPK and PI3K/AKT/NF- κ B pathways. *European Journal of Pharmacology*, 859, 172481.
- Jiang, Z.-B., Wang, W.-J., Xu, C., Xie, Y.-J., Wang, X.-R., Zhang, Y.-Z., Huang, J.-M., Huang, M., Xie, C., & Liu, P. (2021). Luteolin and its derivative apigenin suppress the inducible PD-L1 expression to improve anti-tumor immunity in KRAS-mutant lung cancer. *Cancer Letters*.
- Jomova, K., Hudecova, L., Lauro, P., Simunková, M., Barbierikova, Z., Malcek, M., Alwasel, S. H., Alhazza, I. M., Rhodes, C. J., & Valko, M. (2021). The effect of Luteolin on DNA damage mediated by a copper catalyzed Fenton reaction. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 111635.

- Kim, S.-J., Pham, T.-H., Bak, Y., Ryu, H.-W., Oh, S.-R., & Yoon, D.-Y. (2018). Orientin inhibits invasion by suppressing MMP-9 and IL-8 expression via the PKC α /ERK/AP-1/STAT3-mediated signaling pathways in TPA-treated MCF-7 breast cancer cells. *Phytomedicine*, *50*, 35–42.
- King, S., & Gershoff, S. (1987). Nutritional evaluation of three underexploited andean tubers: *Oxalis tuberosa* (Oxalidaceae), *Ullucus tuberosus* (Basellaceae), and *Tropaeolum tuberosum* (Tropaeolaceae). *Economic Botany*, *41*(4), 503–511. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0001984837&origin=inward>
- Lazarte, C. E., Carlsson, N. G., Almgren, A., Sandberg, A. S., & Granfeldt, Y. (2015). Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food, and implications for mineral bioavailability. *Journal of Food Composition and Analysis*, *39*, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.11.015>
- Li, B., Hu, Y., Wu, T., Feng, Y., Jiang, C., Du, H., & Lu, S. (2021). Apigenin-oxymatine binary co-amorphous mixture: Enhanced solubility, bioavailability, and anti-inflammatory effect. *Food Chemistry*, 131485.
- Li, X., Zhang, X., Xing, R., Qi, F., Dong, J., Li, D., Tian, X., Yu, B., Huang, M., & Zhang, L. (2021). Syringic acid demonstrates promising protective effect against tau fibrillization and cytotoxicity through regulation of endoplasmic reticulum stress-mediated pathway as a prelude to Alzheimer's disease. *International Journal of Biological Macromolecules*, *192*, 491–497.
- Liu, G., Zhang, B., Hu, Q., Liu, X., & Chen, J. (2020). Syringic acid mitigates myocardial ischemia reperfusion injury by activating the PI3K/Akt/GSK-3 β signaling pathway. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, *531*(2), 242–249.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. In *American Journal of Clinical Nutrition* (Vol. 79, Issue 5, pp. 727–747). <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Mellor, J. D., & Bell, G. A. (2003). Freeze-Drying: The Basic Process. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00519-8>

- Mihanfar, A., Darband, S. G., Sadighparvar, S., Kaviani, M., Mirza-Aghazadeh-Attari, M., Yousefi, B., & Majidinia, M. (2021). In vitro and in vivo anticancer effects of syringic acid on colorectal cancer: Possible mechanistic view. *Chemico-Biological Interactions*, 337, 109337.
- Pacheco, M. T., Escribano-Bailón, M. T., Moreno, F. J., Villamiel, M., & Dueñas, M. (2019). Determination by HPLC-DAD-ESI/MSn of phenolic compounds in Andean tubers grown in Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84, 103258. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103258>
- Paliwal, C., Ghosh, T., George, B., Pancha, I., Maurya, R., Chokshi, K., Ghosh, A., & Mishra, S. (2016). Microalgal carotenoids: Potential nutraceutical compounds with chemotaxonomic importance. *Algal Research*, 15, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.01.017>
- Patel, R. V, Mistry, B. M., Shinde, S. K., Syed, R., Singh, V., & Shin, H.-S. (2018). Therapeutic potential of quercetin as a cardiovascular agent. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 155, 889–904.
- Peñarrieta, J. M., Salluca, T., Tejada, L., Alvarado, J. A., & Bergenståhl, B. (2011). Changes in phenolic antioxidants during chuño production (traditional Andean freeze and sun-dried potato). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4–5), 580–587. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.10.006>
- Peñarrieta, M., Alvarado, A., Åkessonb, B., & Bergenståhlc, B. (2005). Total antioxidant capacity in andean food species from Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 22(1), 89–93. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602005000100014&script=sci_arttext&tlng=es
- Peñarrieta, M., Salluca, T., Tejada, L., Alvarado, A., & Bergenståhl, B. (2011). Changes in phenolic antioxidants during chuño production (traditional Andean freeze and sun-dried potato). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4–5), 580–587. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.10.006>
- Porrás-Mija, I., Chirinos, R., García-Ríos, D., Aguilar-Gálvez, A., Huaman-Alvino,

- C., Pedreschi, R., & Campos, D. (2020). Physico-chemical characterization, metabolomic profile and in vitro antioxidant, antihypertensive, antiobesity and antidiabetic properties of Andean elderberry (*Sambucus nigra* subsp. *peruviana*). *Journal of Berry Research*, *10*(2), 193–208.
- Reynoso-Camacho, R., Martinez-Samayoa, P., Ramos-Gomez, M., Guzmán, H., & Salgado, L. M. (2015). Antidiabetic and renal protective properties of berrycactus fruit (*Myrtillocactus geometrizans*). *Journal of Medicinal Food*, *18*(5), 565–571.
- Robards, K., Prenzler, P., Ticket, G., Swatsitang, P., & Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruit. *Food Chemistry*, *66*, 401–436.
- Roca, W., Ynouye, C., Manrique, I., Arbizu, C., & Gomez, R. (2007). Indigenous Andean Root and Tuber Crops: New Foods for the New Millennium. *Chronica Horticulturae*, *47*(4), 13–19. [https://thelexicon.org/FLAG/BIODIVERSITY_01_RESOURCES/VALUE_OF_NUCS/Indigenous Andean Root and Tuber Crops.pdf](https://thelexicon.org/FLAG/BIODIVERSITY_01_RESOURCES/VALUE_OF_NUCS/Indigenous_Andean_Root_and_Tuber_Crops.pdf)
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2016). Natural food pigments and colorants. *Current Opinion in Food Science*, *7*, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.08.004>
- Ross, J., & Kasum, C. (2002). Dietary flavanoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Review in Nutrition*, *22*, 19–34.
- Schaefer, S., Baum, M., Eisenbrand, G., Dietrich, H., Will, F., & Janzowski, C. (2006). Polyphenolic apple juice extracts and their major constituents reduce oxidative damage in human colon cell lines. *Molecular Nutrition & Food Research*, *50*(1), 24–33.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, *16*(3), 144–158. <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>
- Smeriglio, A., Bonasera, S., Germanò, M. P., D'Angelo, V., Barreca, D., Denaro, M.,

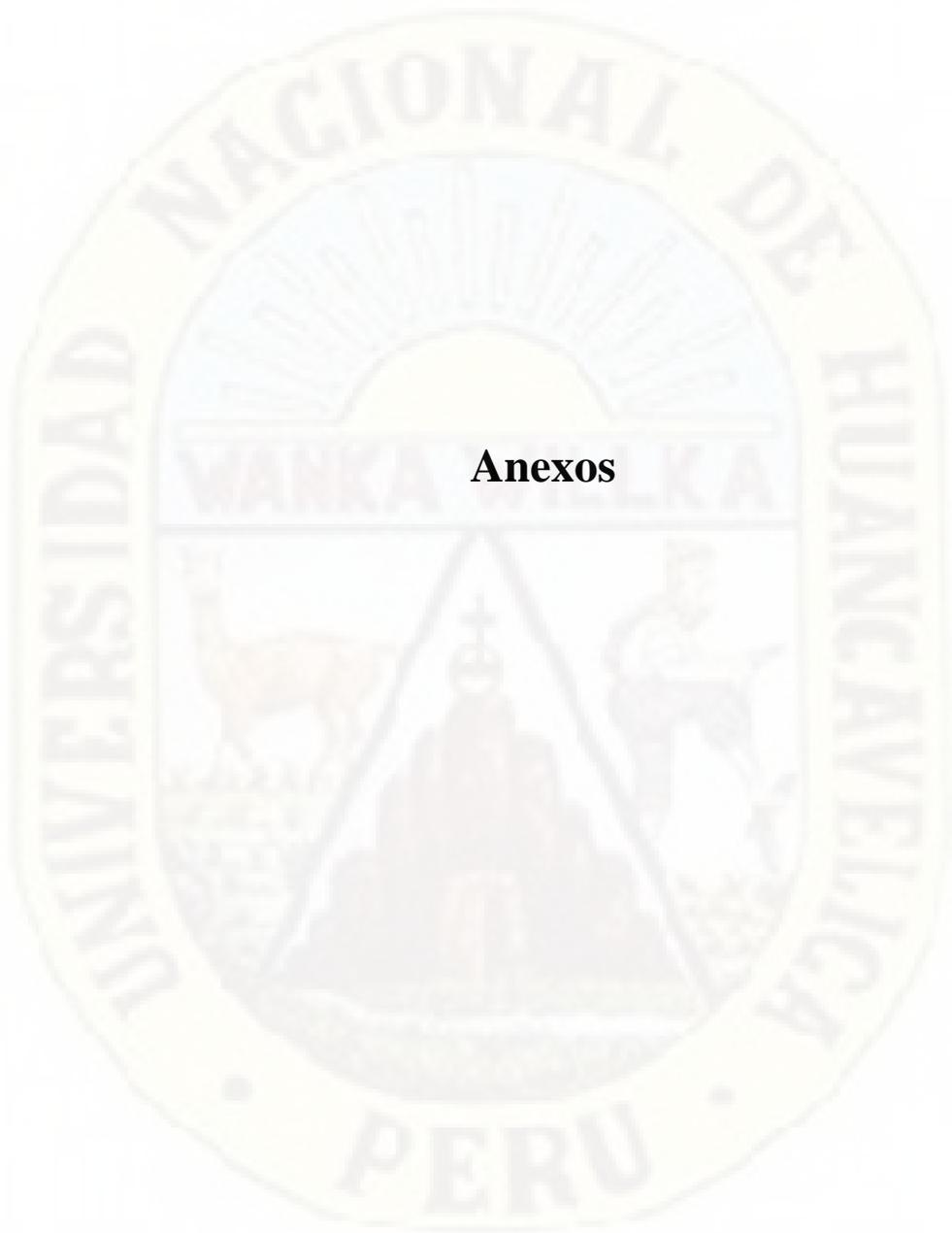
- Monforte, M. T., Galati, E. M., & Trombetta, D. (2019). *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit as source of betalains with antioxidant, cytoprotective, and anti-angiogenic properties. *Phytotherapy Research*, *33*(5), 1526–1537.
- Svenson, J., Smallfield, B. M., Joyce, N. I., Sansom, C. E., & Perry, N. B. (2008). Betalains in red and yellow varieties of the andean tuber crop ulluco (*Ullucus tuberosus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(17), 7730–7737. <https://doi.org/10.1021/jf8012053>
- Taqvi, S., Bhat, E. A., Sajjad, N., Sabir, J. S. M., Qureshi, A., Rather, I. A., & Rehman, S. (2021). Protective effect of vanillic acid in hydrogen peroxide-induced oxidative stress in D. Mel-2 cell line. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(3), 1795–1800.
- Thangaraj, K., Natesan, K., Palani, M., & Vaiyapuri, M. (2018). Orientin, a flavanoid, mitigates 1, 2 dimethylhydrazine-induced colorectal lesions in Wistar rats fed a high-fat diet. *Toxicology Reports*, *5*, 977–987.
- Tsao, R., & Deng, Z. (2004). Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. In *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences* (Vol. 812, Issues 1-2 SPEC. ISS., pp. 85–99). <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2004.09.028>
- Valcárcel-Yamani, B., Rondán-Sanabria, G. G., & Finardi-Filho, F. (2013). The physical, chemical and functional characterization of starches from andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa* molina), olluco (*Ullucus tuberosus* caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* ruiz & pavón). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, *49*(3), 453–464. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502013000300007>
- Xiao, Q., Cui, Y., Zhao, Y., Liu, L., Wang, H., & Yang, L. (2021). Orientin relieves lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice: The involvement of its anti-inflammatory and anti-oxidant properties. *International Immunopharmacology*, *90*, 107189.
- Yang, C., Song, J., Hwang, S., Choi, J., Song, G., & Lim, W. (2021). Apigenin enhances apoptosis induction by 5-fluorouracil through regulation of

thymidylate synthase in colorectal cancer cells. *Redox Biology*, 47, 102144.

Yong, Y. Y., Dykes, G., Lee, S. M., & Choo, W. S. (2017). Comparative study of betacyanin profile and antimicrobial activity of red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and red spinach (*Amaranthus dubius*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 41–47.

Zavaleta, J., Muñoz, A. M., Blanco, T., Alvarado-Ortiz, C., & Loja, B. (2005). Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. *Horizonte Médico*, 5(2).

Zhang, L., La, X., Tian, J., Li, H., Li, A., Liu, Y., Wu, C., & Li, Z. (2021). The phytochemical vitexin and syringic acid derived from foxtail fillet bran inhibit breast cancer cells proliferation via GRP78/SREBP-1/SCD1 signaling axis. *Journal of Functional Foods*, 85, 104620.



Anexos

Anexo 1

Instrumentos de recolección de datos

1. Procedimiento de extracción de muestra

Se tomó una muestra de harina de 0.5 g, y se diluyó en una fiola a 10 mL con el solvente indicado, en esta prueba se usó etanol : agua destilada 50/50 y acidificado con 0.01% de la mezcla con HCl al 37% (la muestra tendrá una dilución de $D1 = 0.05$ (P/V)). Se colocó la muestra en un tubo de centrifugación (falcon) y someter a 80 °C y 30 min de sonicación, en un equipo ultrasonido Branson 1800. Luego centrifugar la muestra a 5000 rpm por 10 min en una centrífuga Thermo Scientific CL10. Se retiró el sobrenadante y el precipitado volver a diluirlo a 10 mL con e solvente. Extraer las veces que sean necesarias hasta agotar el color de la muestra, observando el solvente hasta que salga lo más claro. En este caso, el ayrampo tuvo hasta 4 extracciones. Esto se hace para asegurar que se haya retirado por lo menos el 85% del extracto. Se colocó en unos viales color ámbar, etiquetarlos, forrarlos con papel aluminio y colocar en el freezer (parte superior de la refrigeradora), para su almacenamiento y análisis posteriores.

2. Perfil de compuestos fenólicos

Los perfiles de compuestos fenólicos se determinaron según el procedimiento propuesto por Chirinos *et al.* (2008) adaptado por Porras-Mija *et al.* (2020). Las fracciones Fea y Faq se separaron usando una columna de HPLC de fase inversa en un módulo de separación Waters 2695 (Waters, Milford, MA) equipado con un autoinyector, un detector de matriz de fotodiodos 2996 (PDA) y el software Empower. Los datos espectrales se registraron desde 200 a 700 nm durante toda la ejecución. Una columna X-terra RP18 (5 lm, 250? 4,6 mm) (Waters, Milford, MA) y una columna? Se utilizaron columnas de protección de 2,0 mm para la separación fenólica a 30 ° C. La fase móvil estaba compuesta por disolvente (A) agua: ácido acético (94: 6, v / v, pH 2,27) y disolvente (B) acetonitrilo. El gradiente de disolvente fue el siguiente: 0-15% B en 40 min, 15-45% B en 40 min y 45-100% B en 10 min. Se utilizó un caudal de 0,5 ml / min y se inyectaron 20 µl de muestra. Las muestras y las fases móviles se filtraron a través de un filtro Millipore de 0,22 lm, tipo GV (Millipore, Bedford, MA) antes de la inyección de HPLC. Cada fracción se analizó por duplicado. Los compuestos fenólicos se

identificaron y cuantificaron comparando su tiempo de retención y los datos espectrales UV-Vis con estándares conocidos inyectados previamente.

3. Contenido de fenoles totales (Singleton & Rossi, 1965)

- a. El método que se utilizó fue Folin – Ciocalteu, que por ser un método colorimétrico debe tenerse cuidado de diluir correctamente la muestra, para que la lectura de absorbancia sea óptima.
- b. Se toma el primer extracto y se diluye, en este caso se diluyó a 1/100 puesto que, tenía un color muy intenso.
- c. El reactivo Folin lo venden puro, así que debe diluirse 1/10, para ser usado, y guardarlo en un recipiente forrado con papel aluminio y refrigerado.
- d. El carbonato de sodio al 7.5% P/V (7.5 g de carbonato de sodio aforado a 100 mL) este reactivo debe guardarse igual que el reactivo Folin, cuando es preparado.
- e. Debe tener prendido el bañomaría a 45 °C.
- f. Como se puede ver, son dos reactivos los que participan en esta determinación: reactivo Folin 1/10 y Carbonato de sodio al 7.5%. La mezcla se hace de la siguiente forma: 0.5 mL de muestra se mezcla con 2.5 mL de reactivo de Folin 1/10.
- g. Dejar reposar 5 min. Al cabo de 5 min, se adiciona a la mezcla anterior 2 mL de solución de Carbonato de sodio 7.5%.
- h. Para el blanco de muestra, se debe hacer lo mismo, pero con 0.5 mL de solvente puro (si se usan 2 solventes, deben hacerse 2 blancos).
- i. Se recomienda hacer las muestras por duplicado.
- j. Inmediatamente después calentar los tubos a 45 °C por 15 min (cronometrados) incluido el tubo de blanco. La mezcla antes de entrar a calentamiento tendrá un color verde claro, y al final de la incubación será celeste.
- k. Al cabo del calentamiento de los tubos, se debe medir la absorbancia a 765 nm.
- l. La cantidad de polifenoles totales se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Polifenoles totales } (\mu\text{g/g}) = \frac{\bar{A} \cdot D_2}{m \cdot D_1}$$

Dónde:

\bar{A} = absorbancia promedio (mínimo de dos réplicas).

D2 = segunda dilución de muestra (100 para la primera extracción).

m = pendiente de la curva de calibración (mL/ μ g) diseñada con el solvente usado.

D1 = primera dilución de la harina de pulpa de ayrampo (0.05 g/mL en P/V).

- m. Repetir la misma operación para las demás extracciones, en este caso 4 para la harina. Y sumar los 4 resultados, cuya suma final será el contenido en polifenoles totales en μ g/g. Se puede analizar si es necesario hacer 4 extracciones, o quizá menos, en función de la cantidad de polifenoles acumulados a cada extracción, no es necesario llegar al 100% de extracción. Si se hace una evaluación preliminar y a la primera extracción con etanol se obtiene 71.55% como en este caso, simplemente al resultado de polifenoles correspondiente a la primera extracción se divide entre 71.55%, para referir el 100% de polifenoles totales contenidos en las harinas. Debe especificarse en qué solvente se diluyó las muestras con las que se compare, pues habrá mucha diferencia entre los diferentes solventes.

4. Contenido de flavanoides totales (Delcour & Varebeke, 1985)

Preparación de fenólicos: (+) - Catequina (Fluka AG), procianidina B3, una mezcla de procianidinas trícricas y tctraméricas, y procianidina B4. La procianidina B3 y la mezcla de procianidinas triméricas y tetraméricas (que contienen en peso aproximadamente 75% de procianidina C2) se prepararon haciendo reaccionar dihidroquercetina reducida con (+) - catequina (relación molar I: I) • y se purificaron como se describió anteriormente.5 Procianidina B4 se obtuvo en una reacción de condensación similar usando una relación molar 5: 1 de (-) - epicatequina a dihidroquercetina reducida.

Reactivo cromógeno: 1000 g de p-dimetilaminocinamaldehído (Janssen Chimica) se disuelve en una mezcla previamente enfriada de 250 ml de ácido clorhídrico concentrado y 750 ml de metanol y la solución se diluye hasta un volumen final de 1 litro con metanol. Se prepara reactivo nuevo una vez a la semana y el reactivo se almacena en la oscuridad.

Procedimiento: Se diluye 10 g de harina con agua y se pipetea 1 mL de esta solución. Se añade reactivo cromógeno (5 mL) y se lee la absorbancia a 640 nm después de 10 min frente a un blanco que consta de 5 mL de reactivo de

cromógeno y 10 mL de agua. El contenido de flavanoides en la harina se puede leer en la curva de calibración o en la siguiente ecuación:

$$\text{Flavanoides} \left(\text{Catequina equiv.} \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 335 \times E_{640}$$

5. Contenido de flavonoides totales (Chang *et al.*, 2002)

- Tomar 0.25 mL de extracto o solución estándar de catequina y mezclar con 1.25 mL de agua destilada en un tubo de ensayo.
- Seguido por adición de 75 μL de solución de carbonato de sodio (NaNO_2) al 5%.
- Después de 6 min, se añade 90 μL de solución de cloruro de aluminio AlCl_3 anhidro (150 μL si es hexa hidratado) al 10% y dejar reposar 5 minutos.
- Añadir 0.5 mL de solución de NaOH 1 M.
- La mezcla total anterior, se debe enrasar a 2.5 mL con agua destilada (335 μL de agua destilada).
- La muestra debe ser adecuadamente diluida ya que puede interferir con el color ladrillo que suele formarse en la reacción. En el caso de ayrampo, se determinó por agotamiento, haciendo 4 extracciones sucesivas, a las cuales se les determina la cantidad de flavonoides y se suman, para así obtener la concentración total. En este caso las diluciones se hicieron de la siguiente manera, y con el fin de ahorrar en reactivos:

Extracción	Dilución	Cantidad de muestra (μL)	Cantidad de disolvente (μL)
I	1/200	5	995
II	1/100	10	990
III	1/50	20	980
IV	1	1000	0

- Control de adición de reactivos:

Reactivos	Cantidad (μL)	Cantidad (mL)
Muestra	250	0.250
Agua destilada	1250	1.250
Carbonato de sodio	75	0.075
Cloruro de aluminio	90	0.090
Hidróxido de sodio	500	0.500
Agua destilada	335	0.335
Total	2500	2.500

h) La cantidad de flavonoides totales se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Flavonoides totales } (\mu\text{g/g}) = \frac{\bar{A} \cdot D_2}{m \cdot D_1}$$

Dónde:

\bar{A} = absorbancia promedio (mínimo de dos réplicas).

D_2 = segunda dilución de muestra (100 para la primera extracción).

m = pendiente de la curva de calibración (mL/ μ g) diseñada con el solvente usado.

D_1 = primera dilución de la harina de pulpa de ayrampo (0.05 g/mL en P/V).

6. Contenido de antocianinas totales (Giusti & Wrolstad, 2003)

La muestra puesta en viales, se diluyeron 1/50 con soluciones buffer, de pH 4,5 y 1,0 respectivamente (aunque eso depende de la lectura de absorbancia que no pase de 0,7 ni menos de 0). Luego se tomó la muestra con pH 4,5 y se midió la absorbancia a 510 nm. Luego la misma muestra se midió a 700 nm. Se anotó la lectura por triplicado.

Luego se tomó la muestra con pH 1,0 y se midió la absorbancia a 510 nm. Luego la misma muestra se midió a 700 nm. Se anotó la lectura por triplicado.

Con estas lecturas se calculó la absorbancia (A) con la siguiente fórmula:

$$A = (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}=1} - (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}=4,5}$$

Una vez calculada la absorbancia (A), se calculó la cantidad de antocianina monomérica (mg/L) con la siguiente fórmula:

$$\text{Antocianina monomérica } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

Dónde:

MW = 449,2

ϵ = 26900

DF = factor de dilución (100 para este caso)

A = Absorbancia de la muestra calculada.

Nota: Si la muestra es desconocida, calcule el pigmento como Cianidina – 3 – glucósido, con los datos anteriormente dados.

7. Contenido de betalaínas (Cai & Corke, 2000)

Se utilizó el método adaptado de Cai y Corke (2000) para medir las betalaínas. Se homogeneizaron una muestra de 5 gy 20 ml de disolvente (tampón McIlvaine, pH

5,2) durante 2 min como se describe anteriormente. Se añadió disolvente hasta un volumen final de 50 ml antes de la filtración. El espectrofotómetro se puso en blanco con tampón McIllvaine. La absorbancia del extracto se midió a 476 nm para el contenido de betaxantina (pigmento amarillo anaranjado) y 536 nm para el contenido de betacianina (pigmento rojo púrpura). El contenido de betaxantinas y betacianinas totales se calculó utilizando valores de absorptividad, E1% 1cm, de 750 y 1120, respectivamente. Los resultados se expresaron como mg de TBX o TBC g⁻¹ de peso fresco.

8. Actividad Antioxidante (Arnao *et al.*, 2001)

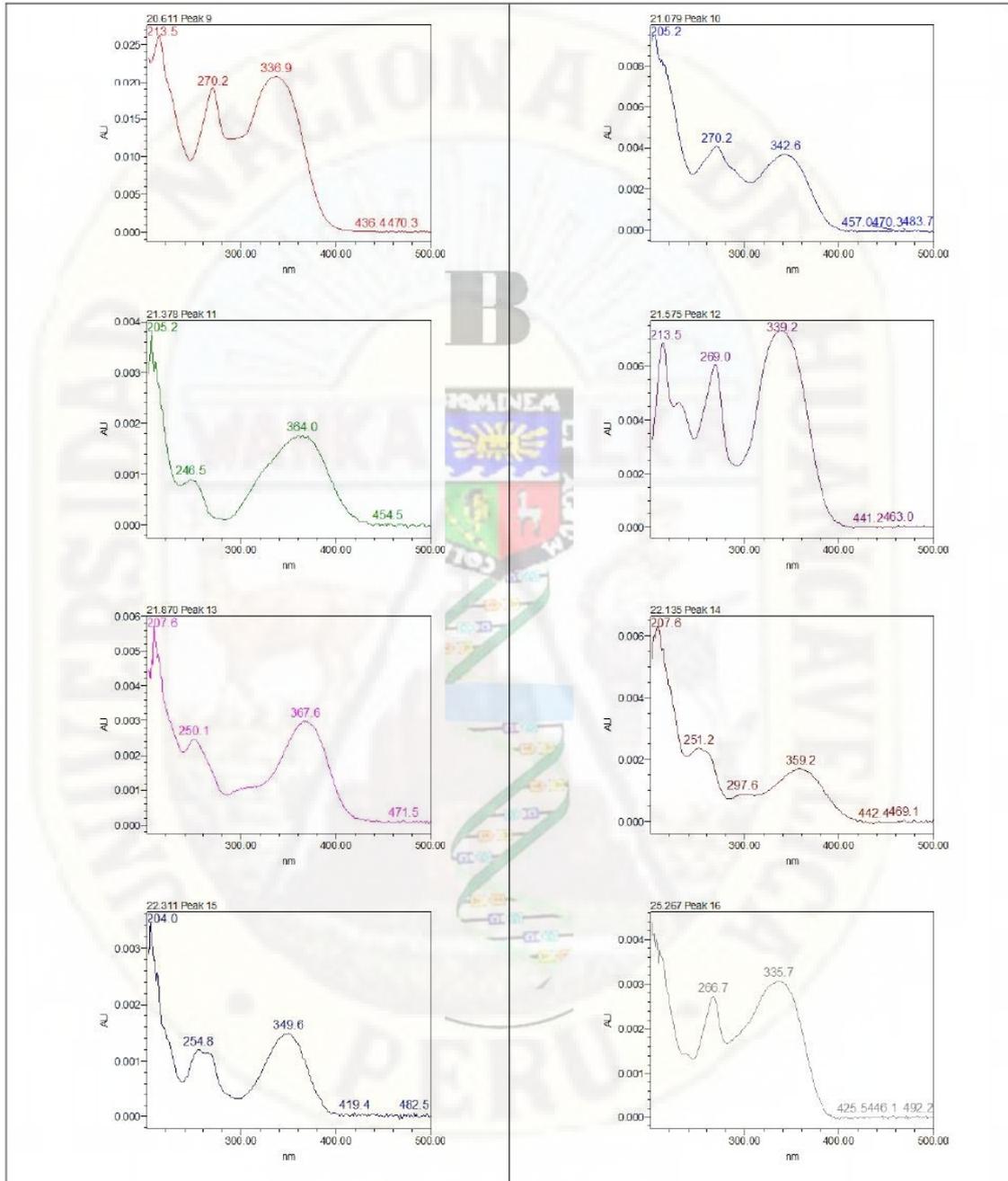
El ensayo ABTS se realizó como se describió previamente por Arnao *et al.* (2001) con ligeras modificaciones. La solución madre incluía una solución de ABTS 7,4 mM y una solución de persulfato de potasio 2,6 mM. La solución de trabajo se preparó mezclando las dos soluciones madre en cantidades iguales y dejándolas reaccionar durante 12 ha temperatura ambiente en la oscuridad. La solución se diluyó mezclando 1 ml de solución ABTS con 60 ml de metanol para obtener una absorbancia de $1,1 \pm 0,02$ unidades a 734 nm. Se preparó solución fresca de ABTS para cada ensayo. Los extractos (150 L) se mezclaron con 2850 L de ABTS y se dejaron reaccionar a 20 °C hasta que se alcanzó una absorbancia estable. Se utilizó metanol como control. El espectrofotómetro Genesys-5 UV / Vis se puso en blanco con metanol y se registró la disminución de la absorbancia debido a los antioxidantes a 734 nm. La actividad antioxidante se calculó como mol de Trolox equivalente (TE) por g de muestra DW a partir de una curva estándar desarrollada con Trolox.

Anexo 2

Universidad Nacional Agraria La Molina



Instituto de Biotecnología
Biotecnología Industrial & Bioprocesos
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056. Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436
<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>
ibtbi@lamolina.edu.pe





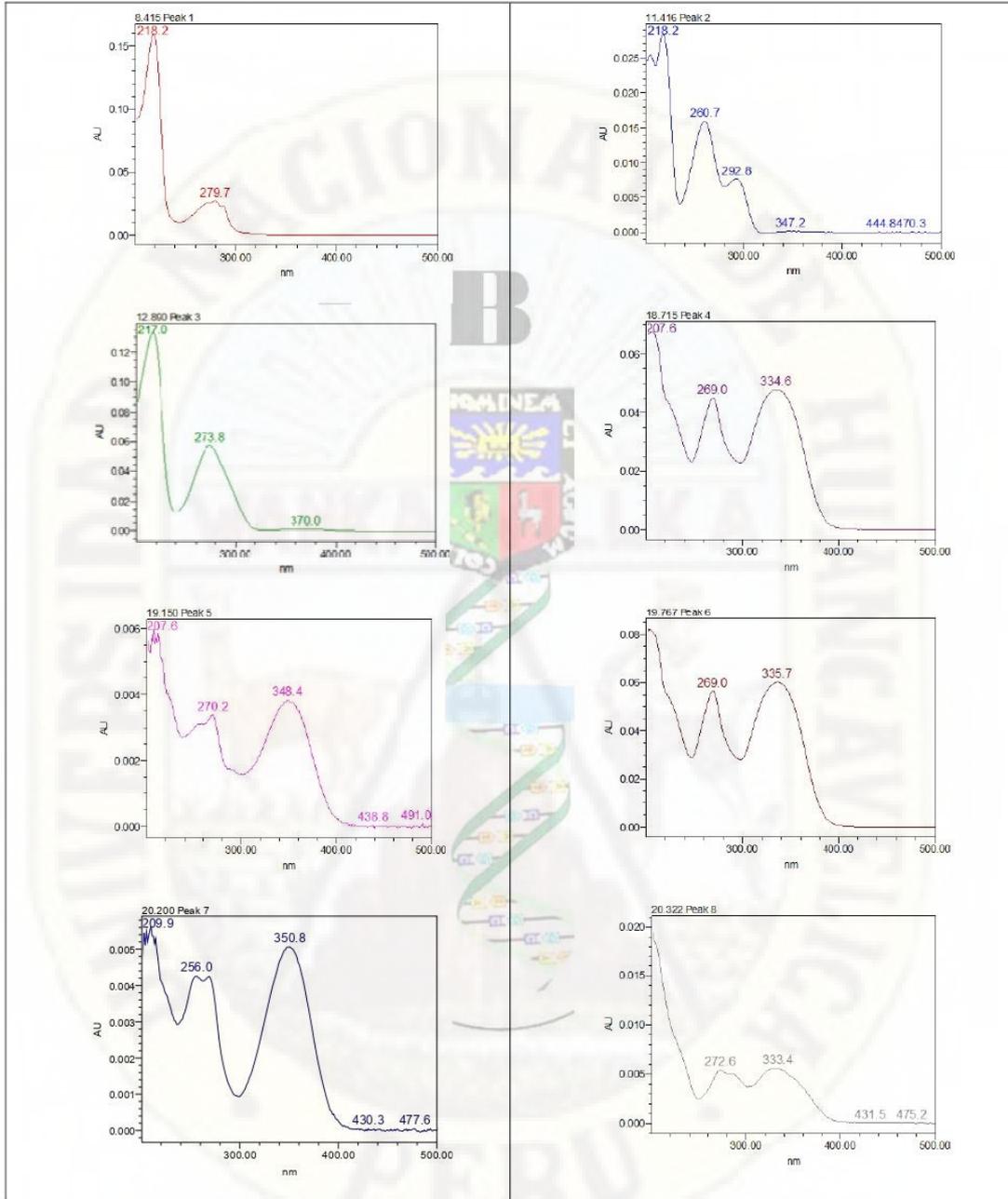
Universidad Nacional Agraria La Molina

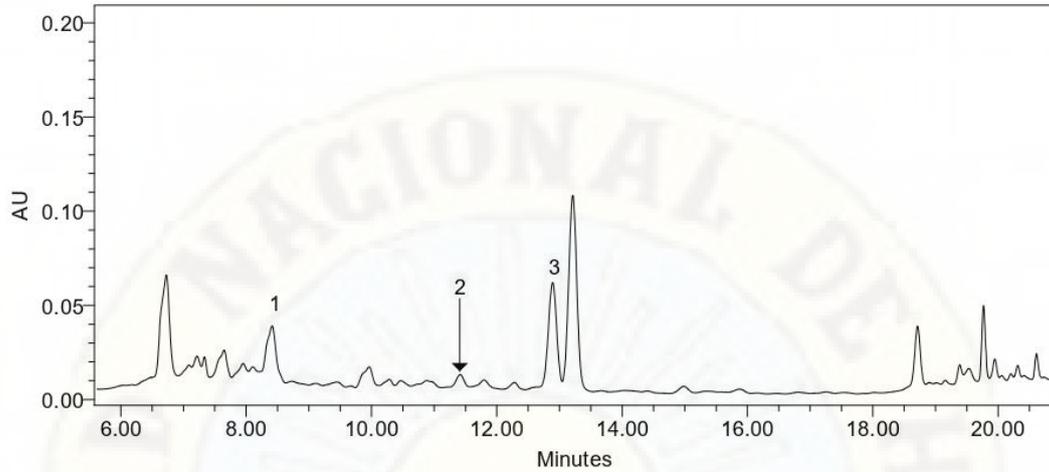
Instituto de Biotecnología

Biología Industrial & Bioprocesos
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056. Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436

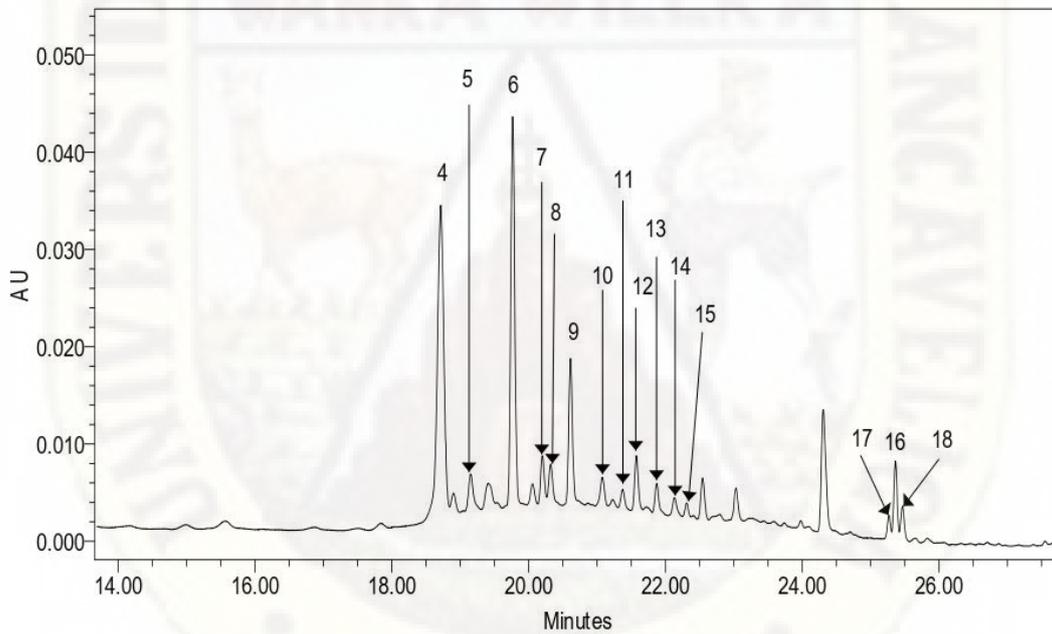
<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>

ibtbi@lamolina.edu.pe



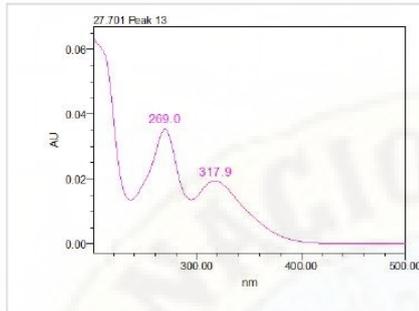


Cromatograma 360 nm:



Espectros de adsorción:

--	--



II. Compuestos fenólicos en Oca (*Oxalis tuberosa*)

Nº	TR	λ (nm)	Compuesto fenolico	Contenido ($\mu\text{g/g}$)
1	8.42	218.2, 279.7	Derivado de flavanol, cuantificado como catequina	121.60
2	11.42	259.5, 292.8	Derivado de ácido hydroxybenzoico, cuantificado como ácido vanílico	7.19
3	12.89	273.8	Ácido síringico	39.12
4	18.72	269, 335.7	Derivado de flavona, cuantificado como apigenina	12.95
5	19.15	269, 348.4	Orientin	1.20
6	19.77	269, 335.7	Derivado de flavona, cuantificado como apigenina	8.75
7	20.20	269, 348.4	Derivado de flavona, cuantificado como luteolina	1.23
8	20.61	270.2, 335.7	Derivado de flavona, cuantificado como apigenina	1.45
9	21.08	270.2, 341.5	Derivado de flavona, cuantificado como luteolina	3.56
10	21.56	269, 336.9	Derivado de flavona, cuantificado como apigenina	1.58
11	21.87	250.1, 367.6	Derivado de flavonol, cuantificado como quecitina	TR
12	22.14	254.8, 359.2	Derivado de flavonol, cuantificado como rutina	0.91
13	22.31	254.8, 347.2	Derivado de flavona, cuantificado como luteolina	TR
14	25.27	266.7, 338.1	Apigenina	TR
15	25.36	352.0	Derivado de flavonol, cuantificado como rutina	1.78

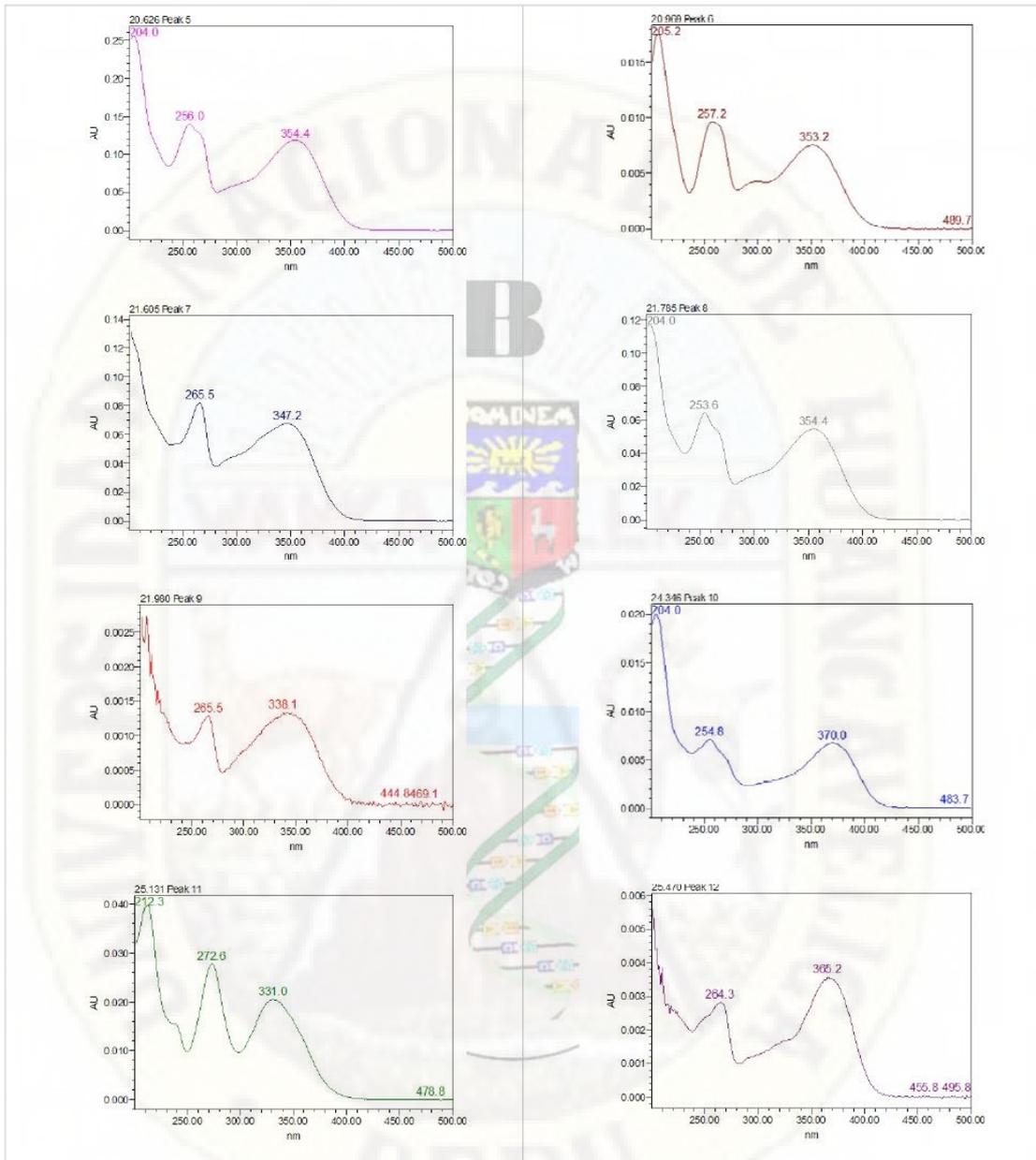
Cromatograma 280 nm:

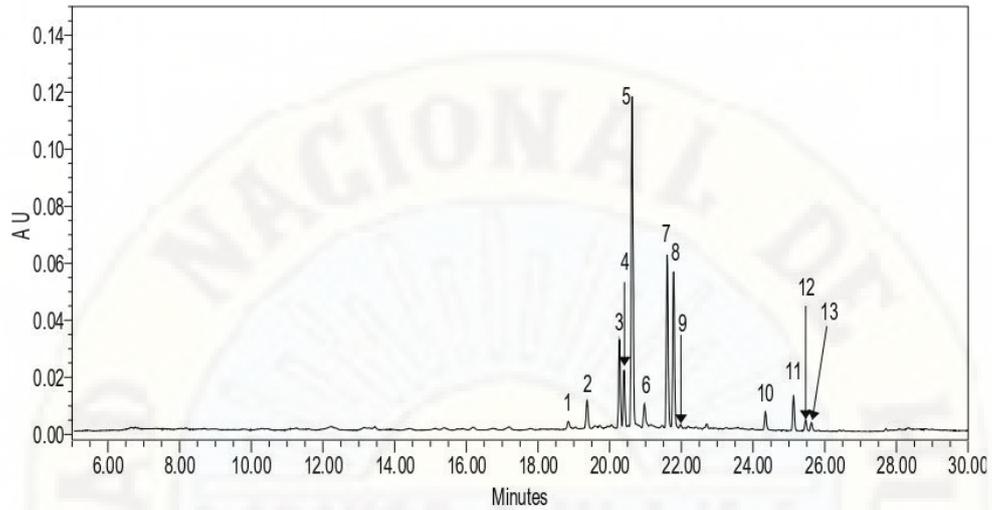


Universidad Nacional Agraria La Molina

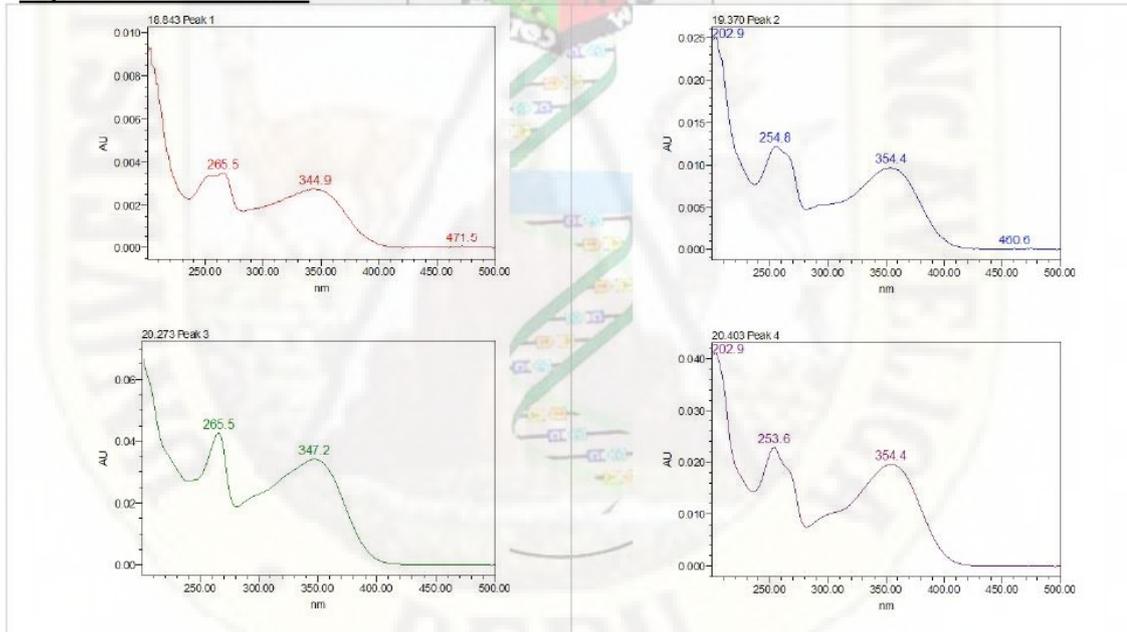
Instituto de Biotecnología

Biotecnología Industrial & Bioprocesos
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056. Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436
<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>
ibtbi@lamolina.edu.pe





Espectros de adsorción:





RESULTADOS DE ANALISIS*

CLIENTE: ROBERTO CARLOS CHUQUILIN GOICOCHEA

R.U.C.:

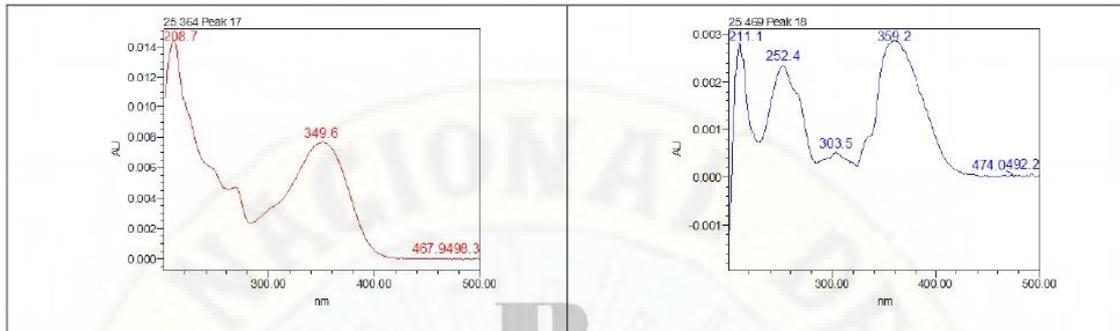
MUESTRA: CHUÑOS DE OCA Y OLLUCO

I. Compuestos fenólicos en olluco (Chuño de olluco, *Ollucus tuberosus*)

Nº	TR	λ (nm)	Compuesto fenolico	Contenido ($\mu\text{g/g}$)
1	18.85	265.5, 344.9	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	0.79
2	19.37	254.8, 353.2	Derivado de Flavonol, cuantificado como rutina	1.08
3	20.27	265.5, 347.2	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	7.93
4	20.4	253.6, 354.4	Derivado de Flavonol, cuantificado como rutina	2.93
5	20.63	256, 354.4	Rutina	56.65
6	20.97	257.2, 344.9	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	TR
7	21.61	265.5, 347.2	Derivado de Flavona, cuantificado luteolina	21.03
8	21.79	253.6, 354.4	Derivado de Flavonol, cuantificado como rutina	19.64
9	21.98	265.5, 341.5	Derivado de Flavona, cuantificado apigenina	TR
10	24.35	254.8, 371.2	Quercitina	4.69
11	25.47	264.3, 365.2	Derivado de Flavonol, cuantificado como kempherol	1.75
12	27.70	269.0, 316.7	Flavona, cuantificado como derivado de crisina	TR
13	27.70	269, 316.7	Flavona, cuantificado como derivado de crisina	TR

TR = Trazas

Cromatograma a 360 nm:



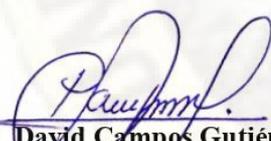
Método adaptado de: Porras-Mija, I., Chirinos, R., García-Río, D., Aguilar-Galvez, A., Huaman-Alvino, C., Pedreschi, R., and Campos, D., (2020). Physico-chemical characterization, metabolomic profile and *in vitro* antioxidant, antihypertensive, antiobesity and antidiabetic properties of Andean elderberry (*Sambucus nigra* subsp. *peruviana*). Journal of Berry Research, 10, 193–208.

Advertencia:

- El muestreo y las condiciones de manejo de las muestras hasta su ingreso a los Laboratorios del IBT -UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para la muestra recibida

Fecha de realización de los ensayos: del 24/11/20 al 26/11/20

La Molina, 30 de noviembre del 2020


Dr. David Campos Gutiérrez
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL & BIOPROCESOS



RESULTADO DE ANALISIS*

CLIENTE: ROBERTO CARLOS CHUQUILIN GOICOCHEA

MUESTRA: Kaya y Chullcce

	Kaya	Chullcce
Compuestos fenólicos totales (mg á. galico equiv./100 g) ¹	222.5	146.4
Capacidad antioxidante-ABTS (μ mol Trolox equiv./100 g) ²	2564.7	2026.3
Flavanoles totales (mg catequina equiv./100 g) ³	9.9	2.1
Falvonoles totales (mg quercetina equiv./100 g) ⁴	3.8	15.8
Antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido equiv./100 g) ⁵	12.5	-----
Betalainas (mg /100 g) ⁶	-----	1.3

*Promedio de tres repeticiones
Método adaptado de:

- ⁽¹⁾Singleton, V. L.; Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16, 144-158.
- ⁽²⁾Arnao, M.B., Cano, A. & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 73, 239-244.
- ^(3,4)Delcour, J. & de Varebeke, J. (1985). A new coulometric assay for flavonoids in pilsner beers. *J. Inst. Brew.* 91, 37-40.
- ⁽⁵⁾Giusti, M. & Wrolstad, R. 2001. Characterization on mesurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. En: *Current Protocols in Analytical Chemistry*. Editorial John Wiley & Sons. USA.
- ⁽⁶⁾Cai, Y.Z. & Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. *J. Food Sci.*, 65, 1248-1252.



Universidad Nacional Agraria La Molina



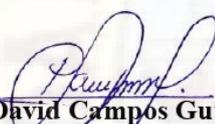
Instituto de Biotecnología
Biotecnología Industrial & Bioprocesos
Av. La Molina s/n. La Molina Apdo. 12056. Lima-Perú. Telf. 614-7800 Anexo 436
<http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/>
ibtbi@lamolina.edu.pe

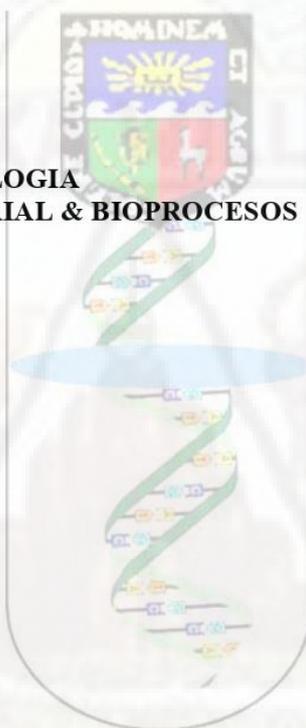
Advertencia:

- El muestreo y las condiciones de manejo de las muestras hasta su ingreso a los Laboratorios del IBT - UNALM son de responsabilidad del solicitante
 - Los resultados son válidos sólo para muestra recibida
-

La Molina, 22 de octubre del 2021

I B T


Dr. David Campos Gutiérrez
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL & BIOPROCESOS



Matriz de consistencia

TÍTULO: “Determinación de compuestos bioactivos de cjaya y chullcce obtenidos de *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus* Caldas y su contribución a la actividad antioxidante

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General ¿Cuáles serán los compuestos bioactivos de cjaya y chullcce obtenidos de <i>Oxalis tuberosa</i> Molina y <i>Ullucus tuberosus</i> Caldas y su contribución a la actividad antioxidante?</p>	<p>General Determinar los compuestos bioactivos de cjaya y chullcce obtenidos de <i>Oxalis tuberosa</i> Molina y <i>Ullucus tuberosus</i> Caldas y su contribución a la actividad antioxidante.</p>	Implícita	<p>Perfil de compuestos fenólicos de cjaya y chullcce. La actividad antioxidante en cjaya y chullcce. El contenido de polifenoles totales en cjaya y chullcce. El contenido de flavanoides totales en cjaya y chullcce. El contenido de flavonoides totales en cjaya y chullcce. El contenido de antocianinas totales en cjaya. El contenido de betalaínas en chullcce.</p>	<p>Tipo: aplicada Nivel: descriptiva Método: no experimental Diseño: no experimental Población, muestra y muestreo: población: producción de cjaya y chullcce de la provincia de Acobamba. Muestra: 5 kg de cjaya y 5 kg de chullcce. Muestreo: no aleatorio.</p>
<p>Específicos ¿Cuál es el contenido de polifenoles totales de cjaya y chullcce? ¿Cuánto es la actividad antioxidante de cjaya y chullcce? ¿Cuál es el contenido de flavanoides totales de cjaya y chullcce? ¿Cuál es el contenido de flavonoides totales de cjaya y chullcce? ¿Cuál es el contenido de antocianinas totales de cjaya? ¿Cuál es el contenido de betalaínas en chullcce?</p>	<p>Específicos Determinar el contenido de polifenoles totales de cjaya y chullcce. Determinar la capacidad antioxidante ABTS de cjaya y chullcce. Determinar el contenido de flavanoides totales de cjaya y chullcce. Determinar el contenido de flavonoides totales de cjaya y chullcce. Determinar el contenido de antocianinas totales de cjaya. Determinar el contenido de betalaínas en chullcce.</p>			<p>Recolección de datos: Método adaptado de Porras-Mija <i>et al.</i> (2020) Método de inhibición del radical ABTS (Arnao <i>et al.</i>, 2001) Método de Singleton y Rossi (1965). Método propuesto por Delcour y Devarebeke (1985) Método colorimétrico de cloruro de aluminio (Chang, Yang, Wen y Chern, 2002). Método de diferencia de pH (Giusti & Wrolstad, 2001) Método de Cai & Corke (2000) Procesamiento y análisis de datos: estadística descriptiva con MS Excel</p>



ARTÍCULO CIENTÍFICO

<https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.100>

Propiedades funcionales de productos tradicionales congelados y secados al sol de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas): Una revisión

Functional properties of traditional frozen and sun-dried products of oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas): A review

Roberto Carlos Chuquilín Goicochea

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

roberto.chuquilin@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-8751-691X>

Mónica Carolim Martínez Laurente

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

monicacarolimm@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9040-5380>

Jesús Teodoro Rodrigo Chumbes

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

jesus_rch7@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8980-646X>

Recibido: 09.07.2020

Aprobado: 07.08.2020

Resumen

El objetivo fue comprender la importancia de dos tubérculos andinos orgánicos como *Oxalis tuberosa* Molina y *Ullucus tuberosus* Caldas, en cuanto a sus

componentes benéficos para la salud humana, así como indagar el valor agregado que tendría mediante una técnica ancestral, llamada comúnmente “chuño”, conocidos como caya y chullce en la región Huancavelica. Se revisaron bases de datos Science direct, Taylor & Francis, Wiley, PubMed, Scielo y Alicia, con una antigüedad de 20 años. Los resultados más relevantes se sistematizaron en tablas y se analizaron para resaltar las cualidades que ambos tubérculos tienen como producto fresco y, las posibilidades que puedan tener al convertirlos en productos agroindustriales que retienen sus propiedades funcionales.

Descriptores: Capacidad antioxidante, antocianinas, betalaininas, ocatina, almidón, kaya, chullce.

Abstract

The objective was to understand the importance of two organic Andean tubers such as *Oxalis tuberosa* Molina and *Ullucus tuberosus* Caldas, in terms of its components beneficial to human health and as well as investigating the added value that it would have through an ancestral technique, commonly called “chuño” known as caya and chullce in the Huancavelica region. Science direct, Taylor & Francis, Wiley, PubMed, Scielo and Alicia databases were reviewed, with an age of 20 years. The most relevant results were systematized in tables and analyzed to highlight the qualities that both tubers have as a fresh product, and the possibilities that they may have when converting them into agro-industrial products that retain their functional properties.

Descriptors: Antioxidant capacity, anthocyanins, betalainins, ocatin, starch, kaya, chullce.

Esta obra está bajo una Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Atribución - NonCommercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)



Introducción

Se puede considerar un alimento como funcional, si es satisfactoriamente demostrado que tiene un efecto benéfico en una o más funciones objetivo del cuerpo humano, adicionalmente de los efectos nutricionales adecuados, de forma que otorgue una importante mejora del estado de salud y bienestar y/o una disminución del riesgo

de enfermedad (Paliwal et al., 2016). La dieta y una variedad de enfermedades y estados de enfermedades crónicas relacionadas con la edad, están estrechamente relacionadas (Manach et al., 2017; Padayachee, Day, Howell, & Gidley, 2017) are considered to be major causal risk factors associated with increased susceptibility to developing certain diseases (Alldrick, 1998; Kiani, 2007, por esta razón, los compuestos relacionados con la salud se han convertido en un foco importante para los investigadores y la industria alimentaria.

La demanda por soluciones holísticas para prevenir enfermedades crónicas y mantener buena salud ha mostrado un aumento en los últimos años, lo que ha llevado a la creación de un nuevo nicho de mercado en alimentos funcionales con una tasa de crecimiento anual del 10%. Para el 2020 se estima que el mercado de alimentos funcionales tendrá un valor de \$ 192 mil millones de dólares (Euromonitor, 2016). Los consumidores primarios de estos productos se caracterizan por ser jóvenes que se preocupan por la salud, lo que puede estar influenciado en parte por los canales de las redes sociales y la “naturalidad” y lo “orgánico” de los alimentos (Bimbo et al., 2017; Kraus, Annunziata, & Vecchio, 2017; Puhakka, Valve, & Sinkkonen, 2018)

La oca y el olluco son cultivos orgánicos que no requieren de agroquímicos, y se ha demostrado en diversos estudios tener propiedades funcionales, sobre todo en morfotipos y variedades pigmentadas, que les permiten ser una gran opción para el desarrollo de productos en este nicho de mercado (Campos, Chirinos, Gálvez Ranilla, & Pedreschi, 2018). Si adicionalmente se le aplica un plus de transformación usando “técnicas ancestrales”, tal como es una especie de proceso de liofilizado en épocas de “helada” (junio – agosto), que consiste en congelar el producto durante la noche y luego secar al sol durante el día, el valor agregado de estos derivados sería mucho mayor, y además que estos pueden mantener su vida útil por más tiempo que cualquier otro producto procesado.

Este trabajo de revisión analiza la mayor cantidad de investigaciones publicadas en los últimos años sobre las propiedades funcionales de dos tubérculos andinos: Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y Olluco (*Ullucus tuberosum* L.) con énfasis en su transformación en un producto tradicional cuyo proceso implica dos etapas principales: congelación y secado a sol. La popularidad de los productos andinos sigue

creciendo a escala mundial, pero se debe adaptar al estilo de vida de los consumidores con productos de alto valor agregado, basados en sus propiedades funcionales, que mejoran el sistema inmunológico y la salud pública. Finalmente, la revisión planteará preguntas de investigación que deben abordarse para mantener un futuro prometedor para los productos tradicionales andinos con excelentes propiedades funcionales.

Metodología

Se hizo una revisión sistemática de literatura científica mediante búsqueda en las bases de datos internacionales relevantes como: Science direct, Taylor & Francis, Wiley, PubMed y Scielo; así como también a nivel nacional en Alicia. Los descriptores utilizados fueron: Oxalis tuberosa, Ullucus tuberosum, caya, kaya, chullce, chuño, ccaya, kaya, lingli, q'aya, k'aya, kawi. Se revisaron documentos principalmente artículos de investigación original, tesis, libros y vídeo. Los trabajos que se han dirigido al estudio de propiedades funcionales de la oca y el olluco, tuvieron prioridad de revisión y algunos tópicos referidos al chuño de papa.

La oca

La oca (*Oxalis tuberosa* Molina) comúnmente conocida con nombres como: oqa, apilla, uncha, ibia y cuiba, es un tubérculo actualmente domesticado a lo largo de los Andes sudamericanos, capaz de crecer hasta los 3000 metros de altitud sobre el nivel del mar (Zhu & Cui, 2019). Se han realizado análisis de caracterización morfológica y molecular en la oca, que han permitido formar dos grupos de acuerdo principalmente a características relacionadas con el color y la forma de las hojas, tallos y tubérculos. A pesar de ello, existe variación a nivel fenotípico y genotípico que deber conservada (Morillo, Morillo, & Leguizamo, 2019). En general se tiene tubérculos de oca agrupados por color, en dos grupos, uno cuyo color varía del blanco al anaranjado, y otro del rosado a negro; cuya pigmentación es un buen indicador de riqueza en compuesto bioactivos. El tubérculo de oca debe exponerse al sol con días de anticipación a su consumo, debido al sabor amargo que le confieren los oxalatos solubles, que posee y que son antinutrientes (Albihn & Savage, 2001). Existe un producto derivado del tubérculo de oca, congelado en las noches y deshidratado al

sol, similar al chuño de papa llamado caya o cavi o kaya o kahya (Campos et al., 2018). La congelación, remojo y secado también se utilizan para convertir la oca, en un producto conocido como caya (Werge, 1979). La alta perecebilidad de la oca, demanda que una mayor parte se transforme en caya, y los tubérculos frescos sólo se almacenen como semilla.

La caya es el producto obtenido por un proceso similar a la “liofilización” (Keleman Saxena, Cadima Fuentes, Gonzales Herbas, & Humphries, 2016), mediante el cual se congela el agua del producto, para luego ser sublimado a presión de vacío. Es justamente, ese proceso el que conserva mejor las características propias del tubérculo como son su sabor, color y sobretodo sus nutrientes y compuestos funcionales.

El olluco

El olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) se cultiva normalmente por encima de 2800 m sobre el nivel del mar). Es la única especie del género *Ullucus* perteneciente a la familia Basellaceae. El olluco es el segundo tubérculo más cultivados y económicamente importante solo superado por la papa, en los andes sudamericanos, probablemente por su agradable sabor y su versatilidad para ser preparado con diferentes tipos de carne. Su nombre común varía de acuerdo a la región, por ejemplo: melloco (Ecuador), olluco (Perú), chugua (Colombia) o ruba (Venezuela), entre otros como papa lisa (Cejudo-Bastante, Hurtado, Mosquera, & Heredia, 2014). La piel difiere claramente de la pulpa en color, la piel puede tener una gran cantidad de colores como amarillo, naranja, rojo, magenta y púrpura, con o sin pecas de color; cuya pigmentación es debida a colorantes naturales y funcionales llamados betalainas (Mejía Lotero et al., 2018; Pacheco, Escribano-Bailón, Moreno, Villamiel, & Dueñas, 2019; Pacheco, Hernández-Hernández, Moreno, & Villamiel, 2020). Del olluco también se puede obtener un producto similar al chuño de papa, llamado en la sierra sur del Perú como lingli y en la sierra central como chullcce, que conserva todas la propiedades de la materia prima (Márquez Mendoza, 2019).

Proceso de chuño

Este proceso será tratado a efectos de explicar su similitud con el proceso de

obtención de los derivados similares de oca y olluco.

Se ha tratado de encontrar información al respecto de la obtención de los tipos de chuño de cada uno de los cuatro tubérculos andinos, y se ha logrado encontrar tres que corresponden a: la papa (chuño), la oca (caya o kaya) y el olluco (chullcce o lingli), la mashua no tiene un derivado similar conocido. Las prácticas ancestrales que conllevan a la obtención de estos tres productos, como se señaló líneas arriba, son muy similares a un proceso de liofilización y dado que este proceso de secado es el que proporciona mayor retención de compuestos bioactivos, nutrientes y características sensoriales, es que se ha diseñado este trabajo de revisión para resaltar su importancia como fuente de ingredientes funcionales para el mundo.

El procesamiento del chuño es muy anterior a la llegada de los españoles. Los cronistas españoles escribieron que los indios usaban las papas recolectadas, para secarlas al sol, luego golpearlas y prepararse un alimento llamado chuño que se usa como pan (Christiansen, 1977; de Haan et al., 2010).

La producción de chuños está limitada a zonas altas del Perú, durante los periodos de junio a julio, cuando se dan fuertes heladas nocturnas. Las papas son seleccionadas por tamaño y variedad, ya que de esto depende el tiempo requerido para su congelación, luego se esparcen en el suelo de manera uniforme, a veces sobre paja (*Stipa ichu* R. y P.), para aumentar el flujo de aire frío alrededor de las papas. Si las papas se han congelado, son apiladas y luego pisoteadas, para quitarles la epidermis y eliminar agua residual que no haya congelado. A veces se remojan para eliminar por lixiviación los glicoalcaloides que poseen ciertas variedades amargas. Luego se secan al sol durante un promedio de 7,5 días exponiéndolas en una superficie plana y mejorando la ventilación y la velocidad de secado colocándolas sobre camas de paja. En los andes peruanos este producto llamado chuño blanco es llamado también como moray o tunta. Existe una variación de color oscuro llamado chuño negro. El chuño es preparado principalmente como complemento de sopa, guiso, guarnición de chicharrón de carne de cerdo, y algunos dulces resultado de la mezcla con frutas o simplemente el famoso postre peruano denominado mazamorra (Christiansen, 1977; de Haan et al., 2010; Werge, 1979).

Proceso de kaya

Según Cecasem (2010) el proceso de obtención de kaya empieza con la sumersión de la oca en pozos de agua, diseñados artificialmente con muros de piedra y tierra, donde se deja remojar por un periodo de treinta días para eliminar los oxalatos y se logre una consistencia suave. Al cabo de este tiempo, se frotran los tubérculos para eliminar la piel, se disponen en una alfombra de paja que permita una mejor ventilación y velocidad de congelación durante la noche de helada, y luego se deja secar por una semana en promedio por exposición al sol. Finalmente, se obtiene un producto deshidratado y dulce, con el sabor típico de la oca que se puede combinar con diferentes platillos. Por lo general, se consumen con leche y azúcar, y como mazamorra, constituyéndose un manjar para el paladar del poblador andino.

Proceso de chullcce

En una entrevista con los pobladores de Puca Cruz, distrito de Rosario, provincia de Acobamba, Huancavelica, se obtuvo información sobre el procesamiento del chullcce (chuño de olluco), y se identificaron tres operaciones básicas: escaldado, congelado y secado. El proceso fue muy similar al chuño de papa y al de kaya, salvo por el escaldado. El producto final se prepara de diferentes maneras, pero principalmente en guiso, cuyo sabor es exquisito y lo resaltante, es que una pequeña porción de chullcce guisado, tiene la capacidad causar una sensación de hastío, que reduce el consumo calórico durante el almuerzo y, por ende, el control del peso del consumidor.

Composición química proximal en fresco y procesado

En la tabla 1 se puede observar que la composición química proximal de la oca varía al ser procesada como kaya. Se puede verificar que, la reducción de la humedad durante este proceso es de 81,81 %; y en los demás componentes se incrementa de 290 % a 466,92 %.

Tabla 1

Variación de la composición química proximal de oca

Parámetro	Oca		
	Fresco	Kaya	Variación
	(%)	(%)	(%)

Humedad	84,1	15,3	-81,81
Proteína	1	4,3	330,00
Ceniza	1	3,9	290,00
Carbohidratos	13,3	75,4	466,92
Energía (kcal/100 g)	61	325	432,79

Fuente: Tapia (1990).

Tabla 2

Variación de la composición química proximal de dos morfotipos de olluco: Puka Lisa y Papa Lisa

Parámetro	Puka Lisa			Papa Lisa		
	Fresco (%)	Chullcce (%)	Variación (%)	Fresco (%)	Chullcce (%)	Variación (%)
Humedad	85,95	7,67	-91,08	85,63	7,55	-91,18
Proteína	1,17	7,01	499,15	1,04	6,09	485,58
Grasa	0,15	0,96	540,00	0,12	0,79	558,33
Ceniza	0,86	3,92	355,81	0,79	3,35	324,05
Fibra	0,9	6,3	600,00	0,85	5,95	600,00
Carbohidratos	11,87	80,46	577,84	12,42	82,22	562,00
Energía (kcal/100 g)	49,91	333,32	567,84	51,52	336,55	553,24

Fuente: Márquez Mendoza (2019).

En la tabla 2 se puede observar que al transformar el olluco en su derivado chullcce principalmente se pierde humedad. En los demás componentes se puede observar que hubo un incremento en su valor.

Por lo tanto, se puede afirmar que el proceso de elaboración de kaya y chullcce, a partir de la oca y el olluco, respectivamente; no solo conserva, sino que incrementa su composición química proximal.

Contenido de aminoácidos en oca y olluco fresco

Los tubérculos (oca, olluco e isaño) no son una buena fuente de proteínas, la oca es deficiente en triptófano y valina; todos los aminoácidos son limitantes. El olluco es deficiente en la leucina, triptófano y treonina pero muestra un alto contenido de carbohidratos como los azúcares reductores y la fibra alimenticia que juegan un

rol muy importante en la alimentación humana (King, 1988). La composición de aminoácidos de oca y olluco frescos se muestra en la Tabla 3, en comparación con el patrón de referencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. De acuerdo con este patrón, los tubérculos de olluco presentan el mejor perfil de aminoácidos que los de oca, ya que no hay deficiencia de ningún aminoácido esencial.

Tabla 3

Aminoácidos en oca y olluco

Aminoácidos	Oca	Olluco	Patrón de referencia de la FAO
	(g/16 g N)		
Isoleucina	2,6	3,9	4,0
Leucina	3,7	5,5	7,0
Lisina	4,1	3,7	5,5
Metionina	1,1	1,7	-
Cistina	1,0	1,4	-
Metionina + Cisteína	2,2	3,1	3,5
Fenilalanina	3,2	4,0	-
Tirosina	2,2	3,0	-
Fenilalanina + Tirosina	5,4	7,0	6,0
Treonina	3,1	3,7	4,0
Triptófano	1,0	1,0	1,0
Valina	4,0	5,0	5,0

Fuente: Gross et al. (1989)

Los tubérculos de oca también muestran un excelente patrón de aminoácidos, aunque algunos de ellos están presentes en cantidades ligeramente inferiores a las recomendadas. Los aminoácidos esenciales limitantes de olluco son leucina, lisina y metionina más cisteína, y en el caso de oca a este grupo se suma la isoleucina. Los tubérculos muestran la característica común de un considerable porcentaje de aminoácidos sulfurados y lisina, que a menudo carecen de fuentes de alimentos vegetales para el consumo humano (Gross et al., 1989).

Contenido de sacáridos y almidón en oca y olluco fresco

La Tabla 4 muestra la composición de monosacáridos y oligosacáridos encontrados en los tubérculos estudiados. El principal azúcar libre de la oca fue

sacarosa con un 20,92 % de peso seco, mientras que en olluco fue la glucosa (13,18 %) seguida de la fructuosa (11,13 %). El contenido indigerible de α -galactósido no excedió del 1%. En ambos casos, se observó un contenido muy alto de azúcares libres digestibles. Ambos tubérculos contienen altos niveles de carbohidratos, niveles moderados de proteínas y niveles extremadamente bajos de grasas, por lo que podría considerarse como una adición potencialmente nutritiva a la dieta (Busch et al., 2000).

Tabla 4

Sacáridos en oca y olluco

Sacáridos	Oca	Olluco
	g/100 g materia seca	
Fructuosa	0	11,13
Glucosa	3,63	13,18
Sacarosa	20,92	6,08
Rafinosa	0,18	0,74
Estaquiosa	0,68	0
α -Galactósidos	0,86	0,74
Almidóna	42,17	70,50
Amilosa (% del almidón) ^b	30	26
Amilopectina (%del almidón) ^b	70	74

^bEspín et al. (2001).

Fuente: Gross et al. (1989)

La oca y el olluco son una rica fuente de almidón, que tiene una variedad de funciones en la producción de alimentos. Los almidones se utilizan principalmente para absorber agua y formar fluidos viscosos, pastas o geles, proporcionando así las cualidades de textura deseadas (Vera, Espino Manzano, & Hernandez, 2018). Las bajas temperaturas de gelatinización y la alta estabilidad durante el enfriamiento hacen que estos almidones sean una materia prima adecuada para su uso en formulaciones que requieren temperaturas de procesamiento más suaves y dispensan almacenamiento por congelación (Valcárcel-Yamani, Rondán-Sanabria, & Finardi-Filho, 2013) chemical, and functional properties of starches isolated from the Andean tubers oca (*Oxalis tuberosa* M..

La digestibilidad in vitro del almidón de oca y olluco es de 91,78 % y 94,0 %, respectivamente (Susana Espín, Villacrés, & Brito, 2014). En términos de nutrición, el

almidón generalmente se clasifica como almidón de digestión rápida (RDS), almidón de digestión lenta (SDS) o almidón resistente (RS) según la tasa de digestión (Kim, Choi, Choi, Park, & Moon, 2020). Los tubérculos procesados sugieren la formación de almidón de digestión lenta (Chen, Singh, Midgley, & Archer, 2020) two sets of time-temperature cycle processes were studied: cooked potato tubers were stored between (i. Los almidones resistentes son metabolizados por la microbiota intestinal, generando ácidos grasos de cadena corta que, a su vez, al ser absorbidos en el colon tienen efectos benéficos como: aumento de la respuesta inmune, control de la glicemia, control del colesterol, principalmente. Es necesario, que se investigue sobre el efecto del proceso de congelación y secado al sol de estos tubérculos sobre la composición de azúcares y almidón, y su digestibilidad con efectos benéficos para la salud del consumidor.

Compuestos bioactivos de la oca y olluco fresco

Los alimentos de origen vegetal contienen una amplia variedad de actividades biológicas, compuestos no nutritivos conocidos como fitoquímicos, que producen beneficios para la salud (por ejemplo, actividad antioxidante) más allá de la nutrición básica (Sreeramulu & Raghunath, 2010). La oca y el olluco en estado fresco presentan estas características y compuestos bioactivos, y de manera única, cada uno tiene sus compuestos propios, como el caso del olluco que es el único tubérculo que tiene betalainas, betaxantinas y betacianinas (Tabla 5).

De los diferentes fitoquímicos que existen, los compuestos fenólicos han atraído la atención de diferentes áreas de aplicaciones, en los últimos años, como las industrias: alimentaria, farmacéutica, de salud y cosmética. La presencia de estos compuestos está muy extendida en el reino vegetal como parte de nuestra dieta diaria y son atractivos como antioxidantes naturales. La oca posee un contenido de compuestos fenólicos totales ligeramente superior al olluco (Campos et al., 2006; Chirinos, Pedreschi, Rogez, Larondelle, & Campos, 2013) ABTS and ORAC, la mayor cantidad parece concentrarse principalmente en la piel del tubérculo.

Los compuestos fenólicos identificados en olluco incluyen: rutina, narcisina y kaempferol 3-O- (2, 6 -di-O- α -L-rhamnopyranosyl) - β -D-glucopyranoside (Dini, Rastrelli, Saturnino, & Schettino, 1991). Entre los compuestos fenólicos presentes en

olluco (Sellappan, Akoh, & Krewer, 2002) total anthocyanins, total polyphenols, and Trolox-equivalent antioxidant capacity (TEAC se ha informado que el kaempferol flavonoide exhibe una fuerte actividad antioxidante (Cho et al., 2003; Jung, Chung, Choi, & Choi, 2003) e inhibe la hemólisis, la peroxidación lipídica y la generación de radicales superóxido (Ng, Liu, Lu, Cheng, & Wang, 2003). En general, la tendencia observada fue una mayor capacidad antioxidante para genotipos con mayor contenido fenólico (Campos et al., 2006).

Los compuestos fenólicos de la fracción acuosa como los ácidos fenólicos, flavan-3-ols, flavonas y antocianinas (estas últimas presentes en el genotipo púrpura) contribuyen a la capacidad antioxidante de este tubérculo. En general, los compuestos fueron los derivados del ácido cafeico, vanílico y cinámico, así como los compuestos fenólicos que pertenecen a las familias y formas derivadas de flavan-3-ol, flavona y flavanona (Chirinos et al., 2009).

Tabla 5

Compuestos bioactivos de la oca y olluco fresco

Compuesto	Oca	Olluco
Compuestos fenólicos totales (mg GAE/g DW)	1,2 ± 0,0 ¹ 0,71-1,32 ²	0,41 – 0,77 ²
Flavanoides totales (mg CE/g DW)	0,18 ± 0,0 ¹	
Flavonoides totales (mg QE/g DW)	0,08 ± 0,0 ¹	
Otros compuestos fenólicos (mg/g DW)	0,90 ± 0,02 ¹	
DPPH (µmol TE/g DW)	8,4 ± 0,1 ¹	
ABTS (µmol TE/g DW)	13,2 ± 0,8 ¹	0,38 µmol TE/g FW ³
ORAC (µmol TE/g DW)	14,7 ± 0,7 ¹	
Capacidad antioxidante hidrofílica (µg TE/ g FW)	1637 – 4771 ²	483 – 1524 ²
Capacidad antioxidante lipofílica (µg TE/ g FW)	69 – 320 ²	nd ²
Antocianinas (mg/g FW)	0,14 – 1,3 ²	nd ²
Carotenoides (µg b-caroteno/g FW)	2 – 25 ²	nd ²
Betaxantinas (µg / g FW)		22 – 96 ²

Betacianinas ($\mu\text{g} / \text{g FW}$)		64 ²
Betalainas ($\text{mg}/100 \text{ g FW}$)		7 ⁴

¹ Chirinos, Pedreschi, Rogez, Larondelle, & Campos (2013).

² Campos et al. (2006) native potato (*Solanum sp.*

³ Peñarrieta, Alvarado, Åkessonb, & Bergenstählc(2005).

⁴ Svenson, Smallfield, Joyce, Sansom, & Perry (2008).

DW: peso seco; FW: peso húmedo; TE: equivalente Trolox; GAE: equivalente ácido gálico; CE: equivalente catequina; QE: equivalente Quercetina; nd: no detectado.

La evaluación de la capacidad antioxidante en los cuatro tubérculos andinos mostró que la oca ocupa el segundo lugar después de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) seguido de papa (*Solanum tuberosum*) y olluco (Campos et al., 2006; Chirinos et al., 2013; Peñarrieta et al., 2005) ABTS and ORAC. Los valores específicos de capacidad antioxidante hidrofílica obtenidos para oca (1637 – 4771 $\mu\text{g TE}/ \text{g FW}$) y olluco (483 – 1524 $\mu\text{g TE}/ \text{g FW}$) son comparables a los reportados previamente para los arándanos (685–1966 mg de TE/g FW) y mayores que para las moras (532 mg de TE/g FW) (Sellappan et al., 2002)

La capacidad antioxidante lipofílica (ALC) de los tubérculos de oca varió de 69 a 320 $\mu\text{g TE}/\text{g FW}$, probablemente debido a diferentes perfiles de carotenoides presentes en los diferentes genotipos estudiados (Campos et al., 2006) native potato (*Solanum sp.*). La fracción lipofílica contribuye al 1,9 – 10,2 % a los valores de capacidad antioxidante total para tubérculos de oca. Para los tubérculos de olluco, los resultados indican que no presentan este tipo de capacidad antioxidante. En general, los rangos de valores de ALC obtenidos para los tubérculos de papa, mashua y oca fueron similares.

El contenido de antocianinas en tubérculos de oca (Tabla 5), cuenta con la presencia ocho antocianinas diferentes: 3,5-O-diglucósidos de petunidina, peonidina y malvidina, 3-O-glucósidos de delfinidina, petunidina, peonidina y malvidina y el derivado acetilado de la 3,5-O- diglucósido de malvidina (Alcalde-Eon, Saavedra, Pascual-Teresa, & Rivas-Gonzalo, 2004). Por otro lado, los resultados de Campos et al. (2006) native potato (*Solanum sp.*) mostraron que el olluco no contiene antocianinas. En general, el contenido de antocianinas de los tubérculos andinos sigue el orden descendente mashua \geq oca \geq papa nativa. La correlación entre la ingestión de antocianinas y la mejora de la salud se ha demostrado en estudios epidemiológicos;

y son de especial interés no solo por sus beneficios para la salud sino también por su posible utilización como pigmentos alimenticios naturales (Giusti, Polit, Ayvaz, Tay, & Manrique, 2014).

Para los tubérculos de oca, el contenido total de carotenoides varía de 2 a 25 μg de β -caroteno/g FW (Campos et al., 2006) native potato (*Solanum* sp. (Tabla 5). En el caso de olluco, los resultados indican que estos tubérculos no contienen carotenoides, a pesar de tener el tejido amarillo pigmentado. Los valores del rango de contenido de carotenoides para los tubérculos andinos siguen el orden descendente: mashua \approx oca \geq papa nativa. Los carotenos y los carotenoides están presentes en muchas especies botánicas y microbiológicas, siendo responsables de los roles multifuncionales en las funciones antioxidantes, de detección ultravioleta y de reparación del ADN (Montesano, Rocchetti, Putnik, & Lucini, 2018).

El olluco es el único tubérculo que presenta contenidos de betaxantinas, betacianinas y betalaínas (Campos et al., 2006; Svenson et al., 2008) native potato (*Solanum* sp.. Por otro lado, capacidad antioxidante hidrofílica (HAC) y el contenido de betaxantinas (TBX) no estaban correlacionados, lo que sugiere que el TBX no contribuye al HAC en olluco (Campos et al., 2006) native potato (*Solanum* sp.. Las betalaínas son una familia de pigmentos naturales presentes en la mayoría de las plantas del orden Caryophyllales, proporcionan colores que van del amarillo al violeta a estructuras que en otras plantas están coloreadas por antocianinas. La caracterización reciente de diferentes bioactividades en experimentos con extractos que contienen betalaína y pigmentos purificados ha renovado el interés de la comunidad investigadora en estas moléculas utilizadas por la industria alimentaria como colorantes naturales. Los estudios con múltiples líneas celulares de cáncer han demostrado un alto potencial quimiopreventivo que encuentra soporte in vitro en una fuerte actividad antirradical y antioxidante. Las actividades biológicas reivindicadas de las betalaínas, podrían estar respaldadas por la alta capacidad antirradical de su unidad estructural, el ácido betalámico (Gandía-Herrero, Escribano, & García-Carmona, 2016).

Minerales en oca y el olluco frescos

A nivel mundial, los alimentos con almidón, los tubérculos y las frutas

carneosas presentan un patrón similar, presentan bajos niveles de minerales con la excepción de potasio (K), cuya concentración es elevada en ambos tubérculos (Tabla 6). Los tubérculos deben tener una baja biodisponibilidad de Ca porque se encuentra principalmente en forma de oxalato, lo que hace que el elemento no esté disponible (Leterme, Buldgen, Estrada, & Londoño, 2006). Es probable que, durante el remojo (operación que incluye el proceso de chuño) exista una pérdida de minerales que debe ser estudiada, aunque el aporte de los tubérculos en estos micro elementos no sea significativo a la dieta.

Tabla 6*Minerales en oca y olluco*

Minerales	Oca	Olluco
	mg/100 g de porción comestible	
Materia seca (%)	14,2	12,4
Ceniza	523	631
Ca	12	8
P	13	38
K	236	247
Mg	10	11
Na	4	1
Cl	3	2
S	6	13

Fuente: Leterme, Buldgen, Estrada, & Londoño (2006).

Propiedades termo físicas de la oca y el olluco frescos

El proceso de congelación y secado por sublimación, de tubérculos para la obtención de chuño requiere ser estudiado de tal manera, que se pueda estandarizar la tecnología (de Haan et al., 2010).

Este proceso se denomina “liofilización”, es un proceso de secado utilizado en la industria de los alimentos, farmacéutica y biotecnológica, con el fin de estabilizar y conservar los productos, reduciendo las pérdidas de compuestos lábiles y aquellos responsables del sabor y aroma (Cortés, Herrera, & Rodríguez, 2015). El proceso consiste en una previa congelación y la sublimación directa del hielo a presión subatmosférica. Para poder observar el efecto de este proceso en su valor nutricional

y funcional, requiere de valores de sus propiedades termo físicas. Estos parámetros son necesario para diseñar el proceso de congelación y secado (Salas-Valerio, Solano-Cornejo, Zelada-Bazán, & Vidaurre-Ruiz, 2019) La tabla 7 indica que falta estudiar estas propiedades en el olluco, y que las propiedades termo físicas de la oca son superiores entre estos tubérculos.

Tabla 7

Propiedades termo físicas de la oca y olluco frescos

Propiedades	Olluco ¹	Oca ²
Factor de agua ligada	0,18	
Agua no congelable (%)	4,88	
Temperatura de congelación inicial (°C)	-0,67	
ρ descongelado (kg/m ³)	1053,49	
ρ congelado (kg/m ³)	987,70	
k descongelado (W/m.°C)	0,56	0,4571
k congelado (W/m.°C)	2,09	-
Cp descongelado (J/kg.°C)	3770,98	2854,6
Cp congelado (J/kg.°C)	2092,84	1638,2
h pseudo convectivo (W/m ² .°C)	294,9 – 370,7	

¹Salas-Valerio et al. (2019).

²Acurio Arcos & Conrado Mora (2018).

Propiedades antimicrobianas

A partir de *Oxalis tuberosa* Molina se han purificado y caracterizado las ocatinas, que son las principales proteínas de almacenamiento y constituyen el 40 – 60 % del total de proteínas solubles de este tubérculo. La ocatina posee 153 residuos de aminoácidos, una masa molecular de 18 kDa y un punto isoeléctrico de 4,8 (Carvalho & Gomes, 2009). Además, las ocatinas exhiben actividad antimicrobiana, actuando contra diversas especies de bacterias fitopatógenas (*Pseudomonas aureofaciens*, *Serratia marcescens*, *Agrobacterium tumefaciens* y *Agrobacterium radiobacter*) y hongos (*Nectria hematococcus*, *F. oxysporum*, *Phytophthora cinnamomi* y *R. solani*), que atacan muchos cultivos (Flores, Alape-Girón, Flores-Díaz, & Flores, 2002)

Retos futuros

El alto contenido de carbohidratos, compuestos fenólicos, antocianinas, carotenoides, almidón y minerales de actividad beneficiosa conocida para la salud y/o con fuertes propiedades tecnológicas, en los tubérculos estudiados, apuntan a su potencial como fuentes de compuestos bioactivos, y su conservación con técnicas ancestrales sumarían ventajas competitivas a la comercialización de estos productos. Es de esperar que esta información contribuya a la preservación de los antiguos cultivos andinos, mejorando la calidad de vida de los pequeños agricultores peruanos y contribuyendo a la seguridad alimentaria mundial, a través de su producción, comercialización, consumo y aplicación industrial. Sobre las bases científicas mencionadas anteriormente, los desafíos científicos y tecnológicos que deben surgir para un mayor desarrollo a nivel industrial son:

- Desarrollar trabajos que contribuyan a estandarizar el proceso de elaboración de caya y chullece y, a la normalización de parámetros de calidad del producto final, para su escalamiento a nivel industrial y comercialización, y lograr certificaciones importantes como el certificado de origen.
- Investigar a profundidad las propiedades benéficas para la salud de la caya y chullece que demuestren a la comunidad científica, la preservación de sus compuestos bioactivos presentes en su materia prima.
- Para garantizar su producción durante todo el año, debería investigarse la manera de no depender de la época de helada, para la congelación de los tubérculos, modelando únicamente el proceso de congelación.

Conclusiones

La capacidad antioxidante total, los compuestos fenólicos totales, los flavonoides totales y las cantidades de compuestos fenólicos individuales se evaluaron en papa antes, durante y después de la congelación y el secado al sol tradicional conocidas como chuños. Se mostró la presencia de epicatequina, ácido clorogénico, ácido gálico, siringaldehído y ácido protocatecuico en muestras de papa y chuño, aunque los valores fueron más bajos en las muestras de chuño. Los resultados sugieren que la capacidad antioxidante y el contenido de los fenoles individuales disminuye, pero están lejos de eliminarse durante el proceso. El chuño, por lo tanto, todavía

puede considerarse una fuente importante de antioxidantes en la dieta (Peñarrieta, Salluca, Tejada, Alvarado, & Bergenståhl, 2011)total phenolic compounds (TPH. Estos hallazgos en papas, demanda que, la producción de chuños de oca (kaya) y olluco (chullcce) sea estudiada minuciosamente, ya que las propiedades funcionales, composición química y demás expuestas en este trabajo, podrían verse afectadas por el proceso tradicional de congelación y secado al sol. Existen pocos datos en la literatura sobre tubérculos liofilizados con respecto a su composición química, nutricional y funcional. Además, el proceso en sí no está claramente descrito en la literatura científica, y debería ser estandarizado, si es que se desea exportar.

Referencias bibliográficas

- Acurio Arcos, L. P., & Conrado Mora, K. M. (2018). Determinación de propiedades térmicas de oca (*Oxalis tuberosa*), jícama (*Smallanthus sonchifolius*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y camote (*Ipomoea batatas*) (Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29060>
- Albihn, P. B. E., & Savage, G. P. (2001). The bioavailability of oxalate from oca (*Oxalis tuberosa*). *Journal of Urology*, 166(2), 420–422. [https://doi.org/10.1016/S0022-5347\(05\)65956-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5347(05)65956-3)
- Alcalde-Eon, C., Saavedra, G., Pascual-Teresa, S. De, & Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Liquid chromatography-mass spectrometry identification of anthocyanins of isla oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.) tubers. *Journal of Chromatography A*, 1054(1–2), 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.074>
- Bimbo, F., Bonanno, A., Nocella, G., Viscecchia, R., Nardone, G., De Devitiis, B., & Carlucci, D. (2017, June 1). Consumers' acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: A systematic review. *Appetite*, Vol. 113, pp. 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.02.031>
- Busch, J., Sangketkit, C., Savage, G., Martin, R., Halloy, S., & Deo, B. (2000). Nutritional analysis and sensory evaluation of ulluco (*Ullucus tuberosus* Loz) grown in New Zealand. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(15), 2232–2240. Retrieved from <https://www.scopus.com/record/display>.

uri?eid=2-s2.0-0034523209&origin=inward

- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., & Pedreschi, R. (2018). Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 84, pp. 287–343). <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.12.005>
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481–1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Carvalho, A. de O., & Gomes, V. M. (2009, May). Plant defensins-Prospects for the biological functions and biotechnological properties. *Peptides*, Vol. 30, pp. 1007–1020. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2009.01.018>
- Cecasem. (2010). Elaboración de kaya de oca. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=skB83XVm5so>
- Cejudo-Bastante, M. J., Hurtado, N., Mosquera, N., & Heredia, F. J. (2014). Potential use of new Colombian sources of betalains. Color stability of ulluco (*Ullucus tuberosus*) extracts under different pH and thermal conditions. *Food Research International*, 64, 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.036>
- Chen, Y. F., Singh, J., Midgley, J., & Archer, R. (2020). Influence of time-temperature cycles on potato starch retrogradation in tuber and starch digestion in vitro. *Food Hydrocolloids*, 98, 105240. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105240>
- Chirinos, R., Betalleluz-Pallardel, I., Huamán, A., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Campos, D. (2009). HPLC-DAD characterisation of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 113(4), 1243–1251. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.015>
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Pheno-

- lic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.025>
- Cho, E. J., Yokozawa, T., Rhyu, D. Y., Kim, S. C., Shibahara, N., & Park, J. C. (2003). Study on the inhibitory effects of Korean medicinal plants and their main compounds on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Phytomedicine*, 10(6–7), 544–551. <https://doi.org/10.1078/094471103322331520>
- Christiansen, J. (1977). The utilization of bitter potatoes to improve food production in high altitude of the tropics. Cornell University.
- Cortés, M., Herrera, E., & Rodríguez, E. (2015). Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Vitae*, 22(1), 47–56. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169840731006.pdf>
- de Haan, S., Burgos, G., Arcos, J., Ccanto, R., Scurrah, M., Salas, E., & Bonierbale, M. (2010). Traditional Processing of Black and White Chuño in the Peruvian Andes: Regional Variants and Effect on the Mineral Content of Native Potato Cultivars. *Economic Botany*, 64(3), 217–234. <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9128-x>
- Dini, A., Rastrelli, L., Saturnino, P., & Schettino, O. (1991). [Minor components in food plants--II. Triterpenoid saponins from *Ullucus tuberosus*]. *Bollettino della Societa italiana di biologia sperimentale*, 67(12), 1059–1065.
- Espín, S., Brito, B., Villacrés, E., Rubio, A., Nieto, C., & Grijalva, J. (2001). Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. *Acta Científica Ecuatoriana*, 7(1), 49.
- Espín, Susana, Villacrés, E., & Brito, B. (2014). Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In *Raíces y tubérculos andinos* (pp. 13–23). Recuperado de http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/RTAs_Ecuador_04.pdf
- Euromonitor. (2016). New Approaches to Wellness and Global Market Impact. Euromonitor Internacional. Recuperado de <https://www.euromonitor.com/new-approaches-to-wellness-and-global-market-impact/report>

- Flores, T., Alape-Girón, A., Flores-Díaz, M., & Flores, H. E. (2002). Ocatin. A novel tuber storage protein from the Andean tuber crop oca with antibacterial and antifungal activities. *Plant Physiology*, 128(4), 1291–1302. <https://doi.org/10.1104/pp.010541>
- Gandía-Herrero, F., Escribano, J., & García-Carmona, F. (2016). Biological Activities of Plant Pigments Betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(6), 937–945. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.740103>
- Giusti, M., Polit, M. F., Ayvaz, H., Tay, D., & Manrique, I. (2014). Characterization and Quantitation of Anthocyanins and Other Phenolics in Native Andean Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(19), 4408–4416. <https://doi.org/10.1021/jf500655n>
- Gross, R., Koch, F., Malaga, I., de Miranda, A. F., Schoeneberger, H., & Trugo, L. C. (1989). Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources. *Food Chemistry*, 34(1), 25–34. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(89\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(89)90030-7)
- Jung, M. J., Chung, H. Y., Choi, J. H., & Choi, J. S. (2003). Antioxidant Principles from the Needles of Red Pine, *Pinus densiflora*. *Phytotherapy Research*, 17(9), 1064–1068. <https://doi.org/10.1002/ptr.1302>
- Keleman Saxena, A., Cadima Fuentes, X., Gonzales Herbas, R., & Humphries, D. L. (2016). Indigenous Food Systems and Climate Change: Impacts of Climatic Shifts on the Production and Processing of Native and Traditional Crops in the Bolivian Andes. *Frontiers in Public Health*, 4(March), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00020>
- Kim, H. R., Choi, S. J., Choi, H. D., Park, C. S., & Moon, T. W. (2020). Amylosucrase-modified waxy potato starches recrystallized with amylose: The role of amylopectin chain length in formation of low-digestible fractions. *Food Chemistry*, 318, 126490. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126490>
- King, R. (1988). Mejoramiento de cultivos andinos, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Papa.
- Kraus, A., Annunziata, A., & Vecchio, R. (2017). Sociodemographic Factors Differentiating the Consumer and the Motivations for Functional Food Consump-

- tion. *Journal of the American College of Nutrition*, 36(2), 116–126. <https://doi.org/10.1080/07315724.2016.1228489>
- Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F., & Londoño, A. M. (2006). Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95(4), 644–652. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.003>
- Manach, C., Milenkovic, D., Van de Wiele, T., Rodriguez-Mateos, A., de Roos, B., Garcia-Conesa, M. T., ... Morand, C. (2017, June 1). Addressing the inter-individual variation in response to consumption of plant food bioactives: Towards a better understanding of their role in healthy aging and cardio-metabolic risk reduction. *Molecular Nutrition and Food Research*, Vol. 61. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600557>
- Márquez Mendoza, H. C. (2019). Composición nutricional y de mucílago de tres variedades de olluco (*Ullucus tuberosus* Loz.) para la obtención de chuño de olluco en el distrito de Santo Tomás - Cusco. Recuperado de http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/3694/253T20190059_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mejía Lotero, F. M., Salcedo Gil, J. E., Vargas Londoño, S., Serna Jiménez, J. A., Torres Valenzuela, L. S., Mejía Lotero, F. M., ... Torres Valenzuela, L. S. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 449–456. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083>
- Montesano, D., Rocchetti, G., Putnik, P., & Lucini, L. (2018, August 1). Bioactive profile of pumpkin: an overview on terpenoids and their health-promoting properties. *Current Opinion in Food Science*, Vol. 22, pp. 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.02.003>
- Morillo, A. C., Morillo, Y., & Leguizamo, M. F. (2019). Caracterización morfológica y molecular de *Oxalis tuberosa* Mol. en el departamento de Boyacá. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 21(1), 18–28. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.57356>
- Ng, T. B., Liu, F., Lu, Y., Cheng, C. H. K., & Wang, Z. (2003). Antioxidant activity

- of compounds from the medicinal herb *Aster tataricus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 136(2), 109–115. [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(03\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(03)00170-4)
- Pacheco, M. T., Escribano-Bailón, M. T., Moreno, F. J., Villamiel, M., & Dueñas, M. (2019). Determination by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ of phenolic compounds in Andean tubers grown in Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84, 103258. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103258>
- Pacheco, M. T., Hernández-Hernández, O., Moreno, F. J., & Villamiel, M. (2020). Andean tubers grown in Ecuador: New sources of functional ingredients. *Food Bioscience*, 35, 100601. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100601>
- Padayachee, A., Day, L., Howell, K., & Gidley, M. J. (2017). Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1), 59–81. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.850652>
- Paliwal, C., Ghosh, T., George, B., Pancha, I., Maurya, R., Chokshi, K., ... Mishra, S. (2016). Microalgal carotenoids: Potential nutraceutical compounds with chemotaxonomic importance. *Algal Research*, 15, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.01.017>
- Peñarrieta, M., Alvarado, A., Ákessonb, B., & Bergenståhl, B. (2005). Total antioxidant capacity in andean food species from Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 22(1), 89–93. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602005000100014&script=sci_arttext&tlng=es
- Peñarrieta, M., Salluca, T., Tejeda, L., Alvarado, A., & Bergenståhl, B. (2011). Changes in phenolic antioxidants during chuño production (traditional Andean freeze and sun-dried potato). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4–5), 580–587. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.10.006>
- Puhakka, R., Valve, R., & Sinkkonen, A. (2018). Older consumers' perceptions of functional foods and non-edible health-enhancing innovations. *International Journal of Consumer Studies*, 42(1), 111–119. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12400>
- Salas-Valerio, W., Solano-Cornejo, M., Zelada-Bazán, M., & Vidaurre-Ruiz, J. (2019).

- Three-dimensional modeling of heat transfer during freezing of suspended and in-contact-with-a-surface yellow potatoes and ullucus. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13174>
- Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2432–2438. <https://doi.org/10.1021/jf011097r>
- Sreeramulu, D., & Raghunath, M. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. *Food Research International*, 43(4), 1017–1020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.01.009>
- Svenson, J., Smallfield, B. M., Joyce, N. I., Sansom, C. E., & Perry, N. B. (2008). Betalains in red and yellow varieties of the andean tuber crop ulluco (*Ullucus tuberosus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7730–7737. <https://doi.org/10.1021/jf8012053>
- Tapia, M. (1990). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO.
- Valcárcel-Yamani, B., Rondán-Sanabria, G. G., & Finardi-Filho, F. (2013). The physical, chemical and functional characterization of starches from andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa* molina), olluco (*Ullucus tuberosus* caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* ruiz & pavón). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49(3), 453–464. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502013000300007>
- Vera, N. G., Espino Manzano, S. O., & Hernandez, H. M. H. (2018). Use of *Oxalis tuberosa* in Gluten-free Baked Goods Manufacture. In *Alternative and Replacement Foods* (Vol. 17). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811446-9.00006-X>
- Werge, R. W. (1979). Potato processing in the central highlands of peru. *Ecology of Food and Nutrition*, 7(4), 229–234. <https://doi.org/10.1080/03670244.1979.9990534>
- Zhu, F., & Cui, R. (2019). Comparison of molecular structure of oca (*Oxalis tube-*

rosa), potato, and maize starches. Food Chemistry, 296, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.192>

